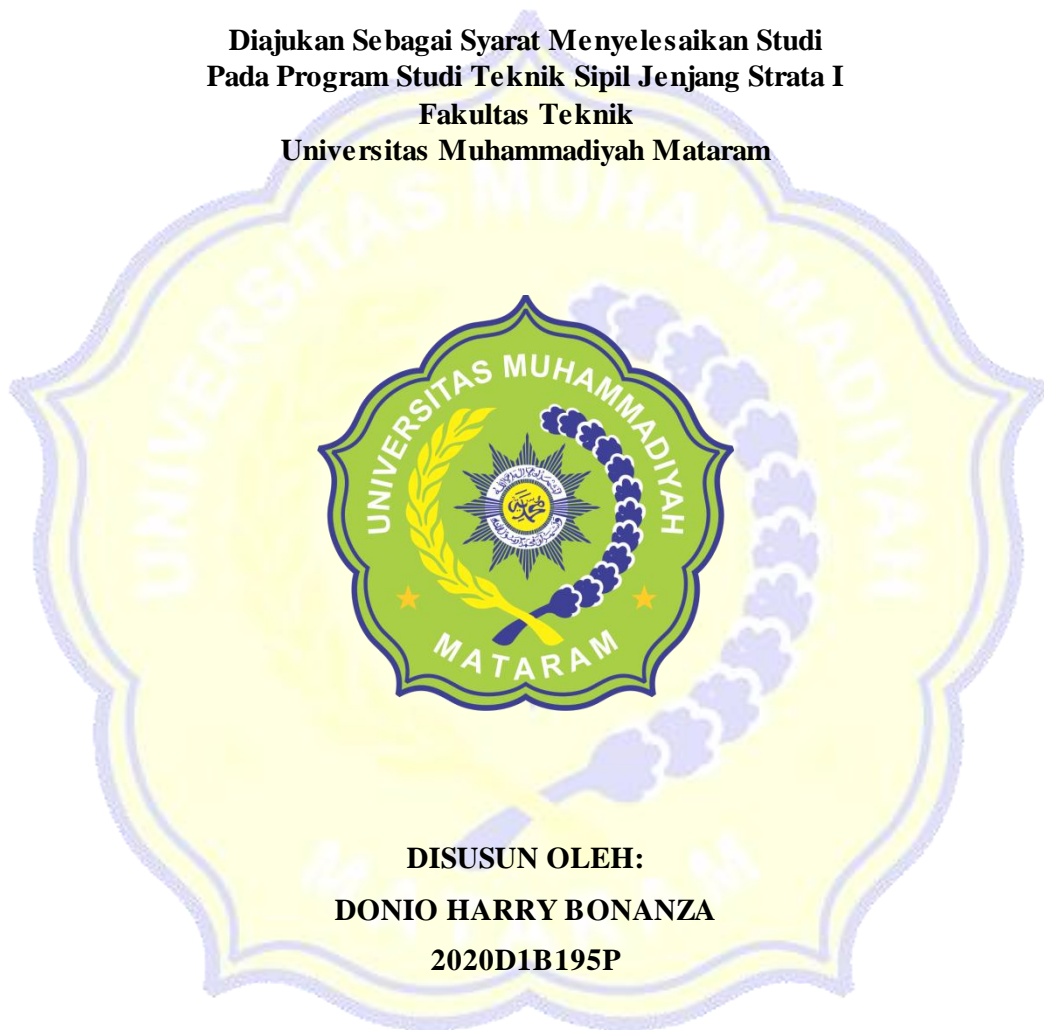


**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN METODE *TRIAL*  
*EMBANKMENT* PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MENINTING  
KABUPATEN LOMBOK BARAT**

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



**DISUSUN OLEH:  
DONIO HARRY BONANZA  
2020D1B195P**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
TAHUN 2023**

**LEMBAR JUDUL**

**KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN METODE *TRIAL*  
*EMBANKMENT* PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MENINTING  
KABUPATEN LOMBOK BARAT**

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



**DISUSUN OLEH:  
DONIO HARRY BONANZA  
2020D1B195P**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
TAHUN 2023**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING**

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN METODE *TRIAL*  
*EMBANKMENT* PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MENINTING  
KABUPATEN LOMBOK BARAT**

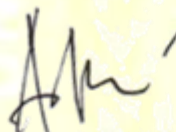
Disusun Oleh:

**DONIO HARRY BONANZA**


**2020D1B195P**

Mataram, 15 Juni 2023

Pembimbing I

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


Pembimbing II

  
Anwar Efendy, ST., MT  
NIDN.0811079502

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan.

  
† Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc  
NIDN. 0806027101

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN METODE *TRIAL*  
*EMBANKMENT* PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MENINTING  
KABUPATEN LOMBOK BARAT**

Disusun Oleh:

**DONIO HARRY BONANZA**

**2020D1B195P**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal 22 Juni 2023

**Susunan Tim Penguji**

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

Penguji II : Anwar Efendy, ST., MT.

Penguji III : Agustini Ernawati, ST., M.Tech.

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,

**Dr. H. Aji Syailendra 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 :

**“KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN METODE *TRIAL EMBANKMENT* PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MENINTING 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. Bila terbukti di kemudian hari bahwa tugas akhir/skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

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

Mataram, 25 Juni 2023  
Yang Membuat Pernyataan

  
**Donio Harry Bonanza**  
2020D1B195P



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](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME

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

Nama : DONIO HARRY BONANZA  
NIM : 2020118195P  
Tempat/Tgl Lahir : Sumbawa, 31 Mei 1999  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp : 087 865 413 279  
Email : doniohb19@gmail.com

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

KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN METODE TRIAL EMBANKMENT PADA  
PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MENMINTING KABUPATEN LOMBOK BARAT

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 45%

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, 13 Juli .....2023

Penulis

DONIO HARRY BONANZA  
NIM. 2020118195P

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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



**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](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : DONIO HARRY BONANZA  
NIM : 2020D1B195P  
Tempat/Tgl Lahir : Sumbawa, 31 Mei 1999  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp/Email : 087869513279 / doniohb19@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:

KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN METODE TRIAL EMBANKMENT PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN MENINTING 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, 13 Juli 2023  
Penulis

  
10HB

DONIO HARRY BONANZA  
NIM. 2020D1B195P

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

## MOTTO

“Jangan pernah takut melakukan hal baru dalam hidup, bebaslah dalam berkarya dan berguna bagi orang sekitar, jatuh sekali kau bangkit dua kali, jatuh dua kali kau bangkit tiga kali, jadikan semua proses itu menjadi cambukkan untuk kau meraih mimpi. Bangkitlah dari kegagalan dan habiskan jatah gagalmu, sampai hanya tersisa jatahmu untuk sukses.”

(Penulis)

Belajarlah mengucap syukur dari hal-hal baik di hidupmu. Belajarlah menjadi kuat dari hal buruk di hidupmu

(Prof. Dr.Ing.Ir H. Bacharuddin Jusuf Habibie, FEng.)

Pengalaman memandu kita belajar dari kesalahan masa lalu  
(Jenderal TNI (purn) Prof. Dr. H. Susilo Bambang Yudhoyono)



## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum, Wr. Wb*

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah- Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Adapun judul tugas akhir saya yang adalah **“Karakteristik Material Timbunan dan Metode *Trial Embankment* Pada Proyek Pembangunan Bendungan Meninting”** Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak masukan yang berguna dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan segala ketulusan serta keikhlasan hati, saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada kepada pihak Akademik Universitas Muhammadiyah Mataram:

1. Bapak Drs. Abdul Wahab, MA, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram
2. Bapak Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Bapak Fariz Primadi Hirsan, ST., MT., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
4. Ibu Titik Wahyuningsih, ST.,MT., selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
5. Bapak Adryan Fitrayudha, ST.,MT., selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram
6. Ibu Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan arahan, meluangkan banyak waktu dan memberikan bimbingan sampai tugas akhir ini selesai.
7. Bapak Anwar Efendy, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan arahan, meluangkan banyak waktu dan memberikan bimbingan sampai tugas akhir ini selesai.

Ucapan terimakasih juga untuk pihak-pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir skripsi, kepada :

1. Orang tua penulis (Alm.) M. Shubhan dan Sri Wahyuni MD, S.Pd yang memberikan dukungan doa dan finansial untuk penulis.
2. Saudara kandung penulis Carissa Viryaal Qonitaa yang telah membantu dan mendukung penulis saat menyusun tugas akhir skripsi.
3. Anggun Pratiwi, S.Kep.,Ners yang mendukung penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi
4. Dr.Nurjannah S, SH.,MH yang memotivasi dan mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian dan tugas akhir skripsi
5. Pihak BWS-NT 1 yang telah membantu dan memberikan penulis kesempatan untuk melaksanakan penelitian di Proyek Pembangunan Bendungan Meninting
6. Semua karyawan laboratorium HK dan pihak Konsultan Supervisi di proyek Pembangunan Bendungan Meninting yang telah banyak memberikan pengetahuan dan bimbingan selama penulis melaksanakan penelitian di sana.
7. Ftr. Dina Ayu Rizki Lestari selaku kekasih penulis terimakasih telah menjadi pendengar yang baik sehingga penulis termotivasi, selalu ada menemani penulis, memberikan dukungan doa dan sabar untuk memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.
8. Sahid Kurniawan,SE selaku kakak sepupu penulis yang membantu penulis dalam membimbing dan memberi arahan saat mengerjakan tugas akhir skripsi.
9. Laili Widiarti,ST selaku kakak sepupu penulis yang memberi motivasi untuk tetap semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Mayor Laut (P) Henky Irawan Yudisthira selaku kakak sepupu penulis yang selalu memberi arahan, semangat untuk penulis agar jangan pernah menyerah di setiap mimpi-mimpi.
11. Siti Faizah, selaku bibi penulis yang selalu mendukung penulis agar tetap semangat dalam meraih cita-cita

12. Muhammad Rizal Fahmi selaku sahabat penulis yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir skripsi.
13. Rekan-rekan laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram Tandur Bintang, Zulva, Ananda Riski, Anggun Bela Saputri, Nanang, Adriansyah, Ayu Nurjannah, Nia Camelia, Rina Juniarti, Adriansyah dan teman-teman lainnya
14. Teman-teman SQUAD Sasambo In Purwanto, Hairul Hadi, Fikri Haikal Hidayat, Lalu Galih Tandayu, Hendrik, Iwan, Arya, dan Ery Pratama.
15. Pihak-pihak terkait yang membantu penulis saat melaksanakan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir skripsi.

Demikian ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dari penulis, semoga kebaikan dari semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini dan di berikan balasan oleh Allah SWT dan semoga tugas akhir ini berguna dan bermanfaat bagi semua orang dalam mengembangkan ilmu di bidang teknik sipil.

***Walaikumsalam, Wr. Wb***

Mataram, 15 Juni 2023

**Donio Harry Bonanza**

## ABSTRAK

Bendungan urugan dibangun dengan cara menimbun berbagai material seperti: batu, kerikil, pasir, dan tanah pada komposisi tertentu dan berfungsi sebagai penahan atau pengangkat permukaan air dalam waduk disebut bendungan tipe urugan. Struktur bendungan urugan terdiri dari zona inti kedap air, zona *random*, zona filter, dan zona rip-rap. Material timbunan dilakukan analisis material sebelum dapat digunakan sebagai material penyusun timbunan bendungan, untuk mengetahui spesifikasi material telah sesuai dengan spesifikasi teknis yang dibutuhkan.

Analisis material dilakukan dengan cara melakukan uji fisik dan mekanis material terlebih dahulu atau uji laboratorium sebelum melakukan pengujian langsung di lapangan dan dilakukan uji coba timbunan atau dalam bahasa teknis yaitu *Trial Embankment*. *Trial Embankment* bertujuan untuk mengetahui uji kepadatan relatif di lapangan yang disesuaikan dengan hasil pengujian pemadatan di laboratorium. Material bendungan yang akan digunakan sebagai bahan timbunan tubuh bendungan harus memenuhi persyaratan spesifikasi teknis.

Hasil uji pengujian material seperti pengujian fisik material yang mencakup yaitu kadar air, berat volume, berat jenis, kadar lumpur, analisa saringan, gradasi material, pemadatan laboratorium dan *opname boulder* hasil yang keseluruhan hasil harus memenuhi spesifikasi dalam pembangunan bendungan urugan. Adapun nilai *density* yang sebagai syarat dalam pengujian *Trial Embankment* tanah nilai kepadatan relatif rata-rata harus  $> 95\%$  sesuai dengan SNI 03-2828-1992.

Kata kunci : Bendungan, *Trial Embankment*, Kepadatan

## ABSTRACT

*Embankment dams are constructed by compacting various materials into specific compositions, such as stones, gravel, sand, and soil. They are known as embankment dams and serve as barriers or lifts for reservoir water surfaces. A berm dam's structure consists of an impermeable core zone, a random zone, a filter zone, and a riprap zone.*

*The materials used to construct the berm are analyzed to satisfy the necessary technical specifications. In the laboratory or the field, physical and mechanical experiments are conducted on the materials to determine their composition. The trial embankment, a technical term for field testing, is performed to ascertain the relative density in the field, which is then compared to the results of the laboratory compaction test.*

*The materials used to construct the dam's berm must satisfy the technical specifications. Physical tests such as water content, volume weight, specific weight, sediment content, sieve analysis, material gradation, laboratory compaction, and boulder survey are included in the test outcomes. All results must satisfy the specifications for the construction of a berm dam. According to SNI 03-2828-1992, the required density value for the Trial Embankment test must have an average relative density of greater than 95%.*

**Keywords:** *Embankment dam, Trial Embankment, Density.*

MENGESAHKAN  
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA  
MATARAM



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iii
<b>LEMBAR ORISINALITAS</b> .....	iv
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME</b> .....	v
<b>SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	vi
<b>MOTTO</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Batasan Masalah .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	7
2.1. Tinjauan Pustaka .....	7
2.1.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2. Landasan Teori .....	11
2.2.1. Klasifikasi Tanah .....	11
2.2.2. Definisi Tanah Timbunan Bendungan Urugan .....	14
2.2.2.1. Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	15
2.2.2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO .....	18
2.2.3. Jenis Tanah .....	20
2.2.4. Sifat Fisik Tanah .....	20
2.2.4.1. Kadar air .....	20

2.2.4.2. Berat volume .....	21
2.2.4.3. Berat jenis .....	22
2.2.4.5. Analisa saringan dan hidrometer .....	23
2.2.4.6. Batasan <i>atterberg</i> .....	23
2.2.5. Sifat Fisik Agregat Halus dan Kasar .....	25
2.2.5.1. Kadar Lumpur .....	25
2.2.5.2. Berat Jenis Agregat .....	25
2.2.5.3. Gradasi Agregat .....	26
2.2.6. Sifat mekanik tanah .....	27
2.2.6.1. Pemadatan .....	27
2.2.7. Uji Proctor <i>Standard</i> .....	28
2.2.8. Material Timbunan ( <i>Embankment</i> ) .....	29
2.2.8.1. Timbunan Inti Kedap (Zona 1) .....	29
2.2.8.2. Timbunan filter halus (zona 2a) dan filter kasar (zona 2b)....	31
2.2.8.3. Timbunan <i>Random</i> Tanah (Zona 3) .....	33
2.2.8.4. Timbunan Batu (Zona 4) .....	34
2.2.8.5. Timbunan Rip-rap (Zona 5) .....	36
2.2.9. Metode <i>Trial Embankment</i> .....	37
2.2.9.1. Pengetahuan Dasar Timbunan ( <i>Embankment</i> ) .....	37
2.2.9.2. Alat yang Digunakan Pada Proses Timbunan .....	38
2.2.9.3. Metode Pelaksanaan Timbunan Inti .....	39
2.2.9.4. Tahapan Persiapan <i>Trial Embankment</i> .....	40
2.2.9.5. Pengujian Pemadatan <i>Embankment</i> .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>43</b>
3.1. Lokasi Penelitian .....	43
3.2. Bahan dan Alat Penelitian .....	43
3.2.1. Bahan Penelitian .....	43
3.2.2. Alat Penelitian .....	45
3.3. Bagan Alir Penelitian .....	56
3.4. Metode Analisa Data .....	57
3.4.1. Studi Pustaka .....	57

3.4.2. Metode Pengumpulan Data .....	58
3.4.3. Metode Pengambilan Sampel .....	58
3.4.4. Analisis Data .....	58
3.4.5. Rancangan Penelitian .....	59
3.4.6. Jenis Pengujian .....	59
3.4.7. Metode Pengujian.....	61
3.4.7.1. Uji kadar air .....	61
3.4.7.2. Uji berat volume .....	61
3.4.7.3. Uji berat jenis.....	62
3.4.7.4. Uji batas <i>atterberg</i> .....	63
3.4.7.5. Analisa Saringan dan Hidrometer .....	64
3.4.7.6. Pemadatan <i>standard Proctor</i> .....	65
3.4.7.7. Uji <i>sandcone</i> .....	67
3.4.7.8. Gradasi .....	68
3.4.7.9. Kadar Lumpur .....	68
3.4.7.10. Berat Jenis Agregat .....	69
3.4.7.11. <i>Opname Boulder</i> batu .....	70
3.4.7.12. <i>Trial Embankment</i> .....	71
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>73</b>
4.1. Hasil Pengujian Material .....	73
4.1.1. Hasil Pengujian Tanah Inti Kedap .....	73
4.1.1.1. Kadar air awal .....	73
4.1.1.2. Berat volume tanah.....	74
4.1.1.3. Berat jenis tanah.....	74
4.1.1.4. Batas <i>atterberg</i> .....	74
4.1.1.5. Analisa saringan butiran halus dan hidrometer .....	75
4.1.1.6. Uji pemadatan <i>standard Proctor</i> .....	77
4.1.2. Hasil Pengujian Tanah <i>Random</i> .....	79
4.1.2.1. Kadar air awal .....	79
4.1.2.2. Berat volume tanah.....	80
4.1.2.3. Berat jenis tanah.....	80



4.1.2.4. Batas <i>atterberg</i> .....	80
4.1.2.5. Analisa saringan butiran halus dan hidrometer .....	81
4.1.2.6. Uji Analisa Ayakan Butiran Kasar .....	84
4.1.2.7. Uji Pemadatan <i>standar</i> Proctor .....	85
4.1.3. Hasil Pengujian Filter .....	87
4.1.3.1. Hasil Pengujian Filter Halus .....	87
4.1.3.1.1. Berat Jenis dan Penyerapan .....	87
4.1.3.1.2. Kadar Lumpur .....	87
4.1.3.1.3. Gradasi .....	88
4.1.3.2. Hasil Pengujian Filter Kasar .....	90
4.1.3.2.1. Berat Jenis Agregat Halus .....	90
4.1.3.2.2. Berat Jenis Agregat Kasar .....	90
4.1.3.2.3. Kadar Lumpur .....	90
4.1.3.2.4. Gradasi Agregat .....	91
4.1.4. <i>Opname Boulder</i> Material Rip-rap .....	93
4.1.5. Hasil <i>Trial Embankment</i> .....	93
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	122
5.1. Kesimpulan .....	122
5.2. Saran .....	123
<b>Daftar Pustaka</b> .....	125

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Penyusun Tanah .....	29
Gambar 2.2 Grafik Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air .....	29
Gambar 2.3 Timbunan Inti (Zona 1) .....	30
Gambar 2.4 Timbunan Filter Halus (Zona 2a) dan Timbunan Filter Kasar (Zona 2b).....	31
Gambar 2.5 Timbunan <i>Random</i> Tanah (Zona 3) .....	34
Gambar 2.6 Timbunan Batu.....	35
Gambar 2.7 Timbunan Rip-Rap .....	37
Gambar 3.1 Material Inti Kedap .....	44
Gambar 3.2 Material Filter (Halus dan Kasar).....	44
Gambar 3.3 Material <i>Random</i> Tanah .....	44
Gambar 3.4 Material Rip-Rap .....	45
Gambar 3.5 Cawan .....	45
Gambar 3.6 Oven Laboratorium .....	46
Gambar 3.7 Ayakan Besi .....	46
Gambar 3.8 Ayakan kayu.....	47
Gambar 3.9 <i>Sieve shaker</i> .....	47
Gambar 3.10 Jangka sorong.....	48
Gambar 3.11 Piknometer 100 ml .....	48
Gambar 3.12 Piknometer 500 ml .....	48
Gambar 3.13 Timbangan ketelitian 0,01 gram.....	49
Gambar 3.14 Cawan/mangkuk porselen .....	49
Gambar 3.15 Pisau Perata/Spatula .....	49
Gambar 3.16 Alat pengaduk.....	50
Gambar 3.17 Hidrometer.....	50
Gambar 3.18 Alat penumbuk .....	51
Gambar 3.19 <i>Mould</i> /Cetakan .....	51
Gambar 3.20 Tabung ukur .....	52
Gambar 3.21 Pan.....	52

Gambar 3.22 Alat penghitung berat jenis batu .....	53
Gambar 3.23 Meteran.....	53
Gambar 3.24 <i>Excavator</i> .....	54
Gambar 3.25 <i>Dump Truck</i> .....	54
Gambar 3.25 <i>Bulldozer</i> .....	54
Gambar 3.26 <i>Sheep foot Roller</i> .....	55
Gambar 3.27 <i>Sand Cone</i> .....	55
Gambar 3.28 Bagan Alir Penelitian .....	56
Gambar 4.1 Grafik Distribusi Ukuran Saringan dan Hidrometer inti kedap .....	76
Gambar 4.2 Grafik pemadatan <i>Standard Proctor</i> inti kedap .....	78
Gambar 4.3 Grafik Distribusi Ukuran Saringan dan Hidrometer <i>Random</i> Tanah.....	82
Gambar 4.4 Grafik Gradasi material <i>random</i> tanah.....	85
Gambar 4.5 Grafik pemadatan <i>Standard Proctor random</i> tanah.....	86
Gambar 4.6 Grafik Gradasi material filter halus .....	89
Gambar 4.7 Grafik Gradasi material filter kasar .....	92
Gambar 4.8 Grafik penurunan rata-rata tanah.....	94
Gambar 4.9 Grafik persentase penurunan rata-rata.....	94
Gambar 4.10 Grafik kepadatan relatif rata-rata .....	120

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	17
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO .....	19
Tabel 2.3 Nilai Indeks plastisitas dan macam tanah .....	25
Tabel 2.4 Cara pengujian kepadatan ringan untuk tanah (Standar Proctor) .....	28
Tabel 4.1 Kadar air awal material inti kedap .....	73
Tabel 4.2 Berat volume Tanah material inti kedap .....	74
Tabel 4.3 Batas <i>Atterberg</i> material inti kedap.....	75
Tabel 4.4 Analisa Saringan dan Hidrometer material inti kedap .....	75
Tabel 4.5 Klasifikasi tanah material inti kedap menurut USCS .....	76
Tabel 4.6 Klasifikasi tanah material inti kedap menurut AASHTO .....	77
Tabel 4.7 Kadar air awal material inti kedap .....	79
Tabel 4.8 Berat volume Tanah material <i>random</i> tanah.....	80
Tabel 4.9 Batas <i>Atterberg</i> material <i>random</i> tanah .....	80
Tabel 4.10 Analisa Saringan dan Hidrometer material <i>random</i> tanah.....	81
Tabel 4.11 Klasifikasi tanah material <i>random</i> tanah menurut USCS .....	82
Tabel 4.12 Klasifikasi tanah material <i>random</i> tanah menurut AASHTO .....	83
Tabel 4.13 Gradasi material <i>random</i> tanah.....	84
Tabel 4.14 Gradasi material filter halus .....	88
Tabel 4.15 Spesifikasi material filter halus .....	89
Tabel 4.16 Gradasi material filter kasar .....	91
Tabel 4.17 Spesifikasi material filter kasar .....	92
Tabel 4.18 Penurunan <i>Trial Embankment</i> .....	93
Tabel 4.19 Persentase penurunan <i>Trial Embankment</i> .....	94
Tabel 4.20 Nilai kepadatan relatif <i>Trial Embankment</i> .....	119
Tabel 4.20 Hasil Penelitian <i>Trial Embankment</i> .....	120

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Tanah merupakan kumpulan partikel-partikel yang tersemen maupun yang lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara atau air. Akibat pengaruh cuaca dan pengaruh lainya yang akan bersifat mengalami pelapukan sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butiranya. Pelapukan batuan dapat disebabkan oleh pelapukan mekanis, kimia, dan organis (Sosrodarsono 1981).

Dari pandangan keilmuan teknik sipil, tanah adalah lapisan atas permukaan bumi yang terbentuk melalui proses geologi, seperti pelapukan batuan dan akumulasi bahan organik. Tanah terdiri dari campuran mineral, partikel organik, air, udara, dan makhluk hidup, seperti mikroorganisme. Tanah memainkan peran penting dalam menyediakan nutrisi, tempat tumbuh, dan penyaringan air bagi tanaman, serta menyimpan air dan karbon. Pembentukan tanah dari batuan induk dapat berupa proses fisik maupun kimiawi. Proses ini merupakan pembentukan fisik tanah dimana batuan pecah menjadi partikel yang lebih kecil yang di sebabkan oleh erosi, angin, air, es, manusia, atau penghancuran partikel tanah oleh perubahan suhu atau cuaca. Partikel bisa berbentuk bulat, bergerigi atau berbentuk di antaranya. Secara umum, pelapukan kimia dapat disebabkan oleh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau basa) dan proses kimia lainnya.

Pemadatan tanah merupakan salah satu usaha melihat kondisi mekanik tanah agar butir-butir tanah merapat satu sama lain sebagai akibat berkurangnya rongga udara. Energi pemadatan yaitu proses pemadatan dengan mendapatkan hasil peningkatan energi yang tidak dipengaruhi secara linear melainkan nilai optimum energi pemadatan yang diperlukan. Besarnya energi pemadatan tergantung pada berat alat pemadat, tekanan, dan alat pemadat yang digunakan.

Ketersediaan air di Wilayah Sungai Lombok yang tidak merata merupakan sebab dibangunnya Bendungan Meninting, dimana bagian barat Pulau Lombok termasuk daerah wilayah sungai Meninting (DAS) mempunyai potensi air yang relatif cukup untuk memenuhi kebutuhan air di wilayahnya sendiri. Namun di sisi lain perkembangan wilayah barat pulau Lombok (DAS Meninting, DAS Jangkok dan DAS Babak) menyebabkan kebutuhan air di wilayah ini menjadi meningkat.

Pulau Lombok bagian selatan memiliki potensi areal perkebunan yang cukup besar, namun ketersediaan air sangat terbatas. Untuk menyeimbangkan potensi air dan potensi areal pertanian di pulau Lombok maka Bendungan Meninting perlu dikembangkan.

Konsep dasar Bendungan Meninting untuk pengembangan irigasi adalah:

- a. Sistem Meninting (454 ha) yaitu D.I Penimbung dan DI. Ketapang Orong yang berada di hilir Bendungan Meninting.
- b. Suplai Sistem Jangkok (1.065 Ha) yang akan mengganti debit irigasi di sebagian areal BS.2 (604,43 Ha) dan areal BS.3 (460,86 Ha). Dengan adanya suplesi Bendungan Meninting menuju areal irigasi Sesaot maka alokasi air untuk D.I Sesaot melalui bendung Sesaot dapat dialihkan ke saluran suplesi HLD (*High Level Diversion*). (sumber : data proyek,2022 )

Konsep dasar Bendungan Meninting untuk pengembangan air baku adalah:

- a. Berdasarkan Studi *Masterplan* Air Minum Kota Mataram, SPL Penimbung melayani kebutuhan air minum di Zona 3 yaitu wilayah Kabupaten Lombok Barat Bagian Utara yang meliputi Kecamatan Batu Layar dan Kecamatan Gunung Sari dengan kapasitas 139 lt/dt.
- b. Namun berdasarkan kondisi eksisting, kapasitas SPL Penimbung hanya sebesar 16 l/dt, sehingga kurang 123 lt/dt. Kekurangan tersebut akan disuplai dari Bendungan Meninting sebesar 150 lt/dt.(Sumber : data proyek, 2022)

Proyek Pembangunan Bendungan Meninting terletak di Sungai Meninting, DAS Meninting WS Lombok. Secara posisi geografis 8031'11" LS ; 11609'10" BT, kapasitas tampungan maksimum bendungan miniting adalah 12.18 juta m<sup>3</sup>

(Sumber: data proyek, 2022).

Bendungan Meninting juga termasuk dalam pembangunan proyek strategis nasional untuk mendukung ketahanan pangan dan air, khususnya di Kawasan Timur Indonesia. Bendungan Meninting berlokasi diantara dua desa yaitu Desa Bukit Tinggi Kecamatan Gunung Sari dan Desa Dasan Gerya Kecamatan Lingsar, Kabupaten Lombok Barat.

Bendungan Meninting adalah bendungan yang dibangun dengan penimbunan material seperti batu, kerikil, pasir, dan tanah yang memiliki fungsi menopang dan menjadi tirai kedap air pada bendungan. Bendungan urugan dapat dibangun di semua kondisi geologi dan geografi. Bendungan urugan memiliki keuntungan dalam pembangunan tubuh bendungan yaitu dapat menggunakan batuan di sekitar lokasi bendungan (Sosrodarsono, 1981).

Tahapan pembangunan bendungan secara umum terdiri atas tahapan studi, penyelidikan, perencanaan, pelaksanaan konstruksi, serta operasi dan pemeliharaan (Soedibyo,2003). Tahapan perencanaan bendungan urugan merupakan salah satu proses penting dalam tahapan pembangunan bendungan karena tahapan ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan kapasitas kemampuan bendungan yang direncanakan sebagai konstruksi penampung air, untuk mendapatkan konstruksi bendungan urugan yang efektif menampung kebutuhan air rencana dan memenuhi syarat keamanan bendungan, maka perlu diketahui bagaimana analisis dimensi dan analisis stabilitas tubuh bendungan urugan agar tujuan perencanaan bendungan dapat terpenuhi.

Berdasarkan *United States Bureau of Reclamation* (USBR 1987), pembangunan bendungan dilihat berdasarkan tiga aspek utama yaitu: aspek perencanaan awal *project* atau proyek, aspek ekologi dan lingkungan, serta aspek teknis dan rekayasa. Aspek perencanaan proyek yaitu tujuan

pembangunan bendungan dan studi proyek pembangunan bendungan yang berisi tentang uji kelayakan, tahapan studi dan investigasi, pengembangan rencana umum, desain struktur dan persiapan perkiraan biaya. Adapun aspek ekologi dan lingkungan menguraikan tentang isu-isu lingkungan, pertimbangan perikanan dan margasatwa, kualitas air, pertimbangan bangunan-bangunan bersejarah, dan pertimbangan rekreasi terhadap pembangunan bendungan di Indonesia. Dalam USBR 1987, diuraikan aspek teknis dan rekayasa pembangunan bendungan yang meliputi: studi banjir, pemilihan jenis bendungan, pondasi dan bahan konstruksi, pengisian inti bendungan, batuan pengisi bendungan, bendungan beton gravitasi, spillway, pekerjaan outlet, pengalihan aliran air sungai selama pembangunan, dan perawatan serta operasional bendungan. Oleh sebab itu Selama pelaksanaan pekerjaan bendungan, pemeriksaan kualitas tanah dan harus digunakan pada pembangunan bendungan untuk memastikan bahwa hasil kekuatan struktur bendungan sesuai dengan persyaratan yang direncanakan baik secara visual maupun struktural. Berdasarkan analisis spesifikasi tanah laboratorium dan lapangan, pengujian tanah untuk material bendungan terdiri dari uji karakteristik dan uji mekanik.

Berlatarbelakang dengan hal tersebut, penulis atau peneliti tertarik untuk mencari tahu dan menggali lebih dalam pengetahuan dengan melakukan penelitian terkait judul skripsi yang telah di usulkan mengenai “Karakteristik Material Timbunan dan Metode Trial Embankment pada proyek pembangunan Bendungan Meninting” guna memberikan pengetahuan ilmu mekanika tanah terkait dengan karkteristik-karakteristik material yang ada pada Proyek Pembanguna Bendungan Meninting dan material akan digunakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Meninting dan nilai kepadatan tanah pada pembangunan bendungan dengan melakukan penelitian langsung pada lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Meninting maupun pada laboratorium.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latarbelakang masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana karakteristik material timbunan yang ada di Bendungan Meninting ?
2. Apa saja pembagian klasifikasi tanah di Bendungan Meninting?
3. Bagaimana hasil metode “*Trial Embankment*” pada proyek pembangunan Bendungan Meninting ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui karakteristik material timbunan yang ada di Bendungan Meninting dengan proses penelitian mekanika tanah di Laboratorium dan di Lokasi proyek pembangunan bendungan meninting
2. Untuk mengetahui pembagian klasifikasi tanah yang ada di Bendungan Meninting
3. Untuk mengetahui hasil metode “*Trial Embankment*”.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan topik/masalah ini digunakan sebagai berikut untuk mempersempit ruang lingkup penelitian agar tidak terlalu luas, Adapun Batasan masalah yaitu:

1. Sampel material yang digunakan merupakan material yang diperoleh dari lokasi Bendungan Meninting.
2. Tidak melakukan pengujian mineral pada tanah.
3. Metode pengujian yang dilakukan yaitu uji kadar air, berat volume, berat jenis tanah, agregat halus dan kasar, batas *atterberg* (batas cair dan batas plastis), analisa saringan, hidrometer, pemadatan standar,,gradasi material tanah agregat, uji kadar lumpur agregat, uji *sandcone*. *Opname boulder*.
4. *Trial Embankment* dilakukan pada material inti kedap

5. Menggunakan langkah dan metode yang baik dan benar serta peralatan alat ukur yang memadai.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan mengenai spesifikasi tanah pada tubuh bendungan dan kepadatan tanah dengan melakukan penelitian tanah guna memenuhi kebutuhan sebagai referensi dan apabila hasil yang diteliti atau di uji sesuai dengan syarat yang ditetapkan dalam penggunaan material timbunan pada suatu perencanaan pembangunan bendungan dan menjadi referensi untuk mahasiswa Teknik sipil.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Kajian pustaka adalah informasi yang berkaitan dengan masalah studi kasus, yang diambil dari hasil penelitian sebelumnya atau karya orang lain, dan digunakan sebagai acuan dan pedoman dalam menyusun kajian.

##### **2.1.1 Penelitian terdahulu**

###### **2.1.1.1 Fathurrozi, dkk 2016**

Sifat-Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Timbunan Badan Jalan Kuala Kapuas (Studi Kasus Badan Jalan Kuala Kapuas). Fathurrozi Dan Rezki, melakukan penelitian analisa sifat-sifat fisis dan mekanis tanah timbunan guna untuk mengetahui jenis tanah serta sifat fisis maupun mekanis tanah timbunan pada jalan Kuala Kapuas berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*) dan berdasarkan AASHTO (*American Association of state Highway and Transportation Officials*). Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan untuk alternatif bahan timbunan tanah, yang akan digunakan untuk pembuatan tanah dasar badan jalan Kuala Kapuas. Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui apakah tanah dari sumber material Sei Ulin ini dapat dijadikan sebagai bahan tanah timbunan untuk pembuatan tanah dasar badan jalan. Hasil penelitian didapatkan bahwa jenis tanah adalah lanau dengan sifat properties fisis dan mekanis sangat baik dengan klasifikasi tanah berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS) adalah ML dan berdasarkan *American Association of state Highway and Transportation Officials* (AASHTO) adalah A-4. Tanah yang diteliti ini mempunyai sifatsifat mekanis yakni, nilai CBR, 23.9%. angka ini lebih besar dari syarat spesifikasi Bina Marga yaitu  $\geq 6\%$ . Sedangkan Sifat

mekanis lainnya yang dimiliki adalah: berat volume kering,  $\gamma_d$ .1.649kg/cm<sup>3</sup> , kuat dukung,  $q_u$ , 0.68 kg/cm<sup>2</sup> , sudut geser dalam,  $\phi$ , 15<sup>0</sup> , dan nilai kohesi,  $c$ , 0.24 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 2.1.1.2 Brilyan Adam Miranata, 2017

Spesifikasi Tanah dan Metode Trial Embankment Pada Proyek Pembangunan Logung Kudus ( Studi kasus tanah random Bendungan Logung Kudus). Berdasarkan hasil analisis dan pengujian, bahan timbunan zona air (acak) yang digunakan untuk timbunan rata-rata sesuai dengan persyaratan spesifikasi teknis. Hasil uji sifat tanah meliputi kadar air, berat jenis, analisis butir dan batas Atteberg. Hasil uji kemiringan mekanik terdiri dari uji pemadatan tanah dan uji kepadatan. Syarat tanah timbunan zona lolos air, perbandingan kepadatan  $\gamma_d > 95 \%$ , dan nilai rembesan  $K = 1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4}$  . Dari hasil pemadatan tanah tersebut ditentukan pelaksanaan penimbunan dengan roller vibrator berdasarkan uji kemiringan selama 10 kali lintasan.

#### 2.1.1.3 Kusuma, dkk 2016

Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah (Studi Kasus Jalan Carenang, Kabupaten Serang). Kusuma dkk, melakukan penelitian untuk meninjau sifat fisis dan mekanis tanah timbunan *subgrade* jalan. Beberapa pengujian dilakukan dalam penelitian ini, terutama pemeriksaan sifat fisik dan mekanik tanah. Pengujian sifat fisik tanah meliputi analisis saringan, berat jenis tanah, kadar air, batas cair dan batas plastis. Saat menguji sifat mekanik tanah, kekuatan geser tanah dan penetrometer kerucut dinamis (DCP) digunakan, antara lain. Pada pengujian yang dilakukan oleh Kusuma dkk, menggunakan 3 sampel tanah. Hasil pengujian sifat fisik tanah menurut sistem klasifikasi terpadu menunjukkan bahwa contoh tanah A termasuk dalam golongan

pasir terpilah baik – pasir lanauan dengan plastisitas sedang dan kenampakan terawetkan saringan No. 200 sebesar 92,3%, spesifik . gravitasi = 2,696, ditambah kadar air asli = 17,744%, Batas Cair (LL) = 35,75%, Batas Plastis (PL) = 26,984%, Indeks Plastis (PI) = 8,766%, sedangkan pada Sampel B dan Sampel C tanah termasuk dalam kelompok agak berpasir, cukup plastis dan sedang. . tanah berpasir. filter presentasi tersimpan no. 200 81,6% dan 85,7%, berat jenis = 2,688 dan 2,682, kadar air awal = 23,803% dan 22,203%, batas cair (LL) = 43,5% dan 40,5%, batas plastis (PL) = 26,786 % Indeks (PI) dan 2,203 % . ) = 16,711% dan 13%. dan hasil pengujian sifat mekanik tanah pada uji kuat geser tanah dengan Sampel A, B dan C diperoleh nilai  $c_A = 0,013 \text{ kg/cm}^2$ ,  $c_B = 0,031 \text{ kg/cm}^2$ ,  $c_C = 0,008 \text{ kg/cm}^2$  dan  $\phi_A = 26^\circ$ ,  $\phi_B = 16^\circ$  dan  $\phi_C = 15^\circ$ , dan pengujian DCP pada sampel A, B dan C di dapat nilai CBR = 27.833%, 15% dan 7.167%.

#### 2.1.1.4 Karim, dkk 2015

“Uji Pemadatan Tanah Samaya Sebagai Bahan Timbunan Pada Bendungan Urugan”, dari hasil penelitian tersebut didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a) Hasil pengujian sifat tiga sampel tanah Samaya menggunakan sistem klasifikasi tanah USCS. Jenis tanah yang diuji meliputi jenis tanah liat-lumpur anorganik (MH). Tekstur tanah samaya dapat dimanfaatkan sebagai bahan timbunan pada timbunan.
- b) Kepadatan kering optimum dicapai dengan pengadukan sebanyak 25 kali per lapis, persentase kerapatan 97,29% dari kerapatan kering maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kerapatan kering lantai tipe MH tidak mencapai nilai maksimum pada pengujian standar. Namun, jika lahan

tersebut digunakan untuk retensi inti bendungan, dianggap cukup ( $MDD \geq 95\%$ ).

- c) Energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan suatu jenis tanah MH hingga kepadatan kering maksimum adalah  $8.220 \text{ kg/cm}^2$  dan jika jenis tanah tersebut akan digunakan untuk kandungan inti timbunan, energi pemadatannya adalah  $5.708 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 2.1.1.5 Andriani, dkk (2012)

Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwasannya Tanah merupakan material yang sangat berpengaruh dalam pekerjaan konstruksi karena daerah tersebut tidak memiliki karakteristik tanah yang sama dengan daerah lainnya. Sebagian besar wilayah Indonesia, khususnya kota Padang, berada di tanah lunak. Dua masalah utama pada tanah lunak adalah pemukiman yang besar dan daya dukung tanah yang rendah. Salah satu upaya perbaikan yang dikaji adalah stabilisasi tanah dengan bahan tambahan yaitu semen portland tipe I. Stabilisasi berarti memperbaiki sifat fisik dan mekanik lantai sehingga memenuhi persyaratan teknis tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan CBR tanah lempung sebelum dan sesudah distabilisasi dengan penambahan semen Portland Tipe I. Tanah yang akan distabilisasi adalah lempung dari daerah Lambung Bukik, Padang, dengan CBR  $< 10\%$  Penyelidikan meliputi sifat fisik dan mekanik tanah, yaitu H. parameter pemadatan dan uji CBR. Tes ini diverifikasi di setiap tes oleh ASTM. Variasi penambahan semen adalah 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat kering tanah. Curing dilakukan sebelum melakukan uji CBR dan waktu curing adalah 3 hari

pada kadar air optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CBR tanah lempung tertinggi terdapat pada kadar aditif semen 20%,  $\gamma$  kering maksimum 1,351 g/cm<sup>3</sup>, kadar air optimum 32,9% dan nilai CBR 64,138. Waktu penyembuhan 3 hari.

## **2.2 Landasan Teori**

Landasan teori adalah garis besar yang diartikulasikan dengan lebih jelas yang dapat berfungsi sebagai panduan untuk memecahkan masalah yang diidentifikasi dalam studi kasus atau penelitian yang sedang berlangsung.

### **2.2.1 Klasifikasi tanah**

Pada umumnya klasifikasi tanah menggunakan indeks uji yang sangat sederhana untuk menentukan sifat-sifat tanah. Berdasarkan karakteristik tersebut, kelompok klasifikasi ditentukan berdasarkan ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan dan plastisitasnya. (Hardiyatmo, 2012). Klasifikasi tanah adalah usaha untuk membedakan tanah berdasarkan atas sifat-sifat yang dimilikinya. Dengan cara ini maka tanah-tanah dengan sifat yang sama dimasukkan kedalam satu kelas yang sama. Hal ini penting karena tanah-tanah dengan sifat yang berbeda memerlukan perlakuan (pengelolaan) yang berbeda pula (Hardjowigeno 2010). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Adha 2014). Adapun beberapa pembagian klasifikasi tanah berdasarkan jenis tanah diuraikan sebagai berikut :

#### **1. Tanah lempung**

Menurut (Das,1985) Lempung (clay) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan

submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (clay minerals), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air dan memiliki sifat elastis yang kuat. Lempung juga menyusut saat kering dan memuai saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutan atau "pecah-pecah" bila kering. Berbeda dengan Chen, 1975 mineral lempung terdiri dari tiga komponen penting yaitu montmorillonite, illite, dan kaolinite. Mineral montmorillonite mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral yang lainnya, Sehingga tanah yang mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air ini sangat mudah mengembang. Struktur kaolinite terdiri dari unit lapisan silica dan aluminium yang diikat oleh ion hydrogen, kaolinite membentuk tanah yang stabil karena strukturnya yang terikat teguh mampu menahan molekul-molekul air sehingga tidak masuk ke dalamnya. Struktur illite terdiri dari lapisan-lapisan unit silica-aluminium-silica yang dipisahkan oleh ion  $K^+$  yang mempunyai sifat mengembang (Chen, 1975). Sedangkan menurut Terzaghi (1987), Lempung adalah tanah berukuran mikroskopis hingga submikroskopik yang terbentuk akibat proses pelapukan unsur-unsur kimia pembentuk batuan. Tanah liat sangat keras saat kering dan tidak mudah hancur. Permeabilitas lempung sangat rendah dan berubah bentuk pada kadar air sedang. Sedangkan bila kadar air lebih tinggi, tanah liat bersifat lengket dan sangat lembek. Untuk menentukan jenis tanah liat tidak cukup hanya dengan melihat ukuran partikelnya saja, Anda juga perlu mengetahui mineral yang dikandungnya. Secara fisik, ukuran partikel tanah lempung



bervariasi dari 0,002 mm sampai 0,005 mm, partikel ini terdiri dari bahan tanah kohesif.

## 2. Tanah lanau

Lanau adalah peralihan tanah antara lempung dengan pasir halus. Kurang plastis dan juga lebih mudah ditembus air daripada tanah lempung dan memperlihatkan memiliki sifat dilatasi yang tidak terdapat pada tanah lempung. Dilatasi adalah sifat yang menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu berubah bentuknya yang akan menunjukkan gejala untuk menjadi quick (hidup) apabila diguncang ataupun digetarkan (Norhadi, 2017). Lanau merupakan material yang butirannya lolos saringan dengan no.200. Tanah jenis lanau di kelompokkan menjadi 2 jenis, antara lain lanau yang memiliki karakteristik seperti tepung batu yang tidak berkohesi dan tidak bersifat plastis, dan lanau yang memiliki sifat plastis. Sifat-sifat teknis lanau tepung batu lebih mendekati sifat pasir halus. Tanah lanau biasanya mengandung banyak air dan memiliki konsistensi yang lembut. Tanah ini sulit untuk digali, karena akan mudah terjadi longsoran. Jika digunakan sebagai tumpuan pondasi, lanau juga merupakan tanah penopang lemah dengan kapasitas kapiler yang tinggi. Tanah ini umumnya bersifat plastis dan memiliki kekuatan geser yang rendah saat kering.

## 3. Tanah pasir

Menurut Bowles (1986) Tanah berpasir terdiri dari partikel batuan dengan ukuran mulai dari 0,074 sampai 5 mm, mulai dari bahan kasar berukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus berukuran kurang dari 1 mm. Tanah berpasir memiliki tekstur yang kasar dan bukan yang besar sehingga dapat menyebabkan tanah menjadi gembur. Sifat tanah berpasir menunjukkan bahwa daya simpan air tanah berpasir sangat rendah.

### 2.2.2 Definisi Tanah Timbunan Bendungan Urugan

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan dari lapisan-lapisan bumi. Tanah memiliki sifat dan ciri khas yang memiliki perbedaan antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi di tempat berbeda. Secara struktural, tanah adalah akumulasi mineral, bahan organik, dan puing-puing yang relatif longgar (Hardiyatmo, 2006). Luasnya perubahan tercermin dalam komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan. Menurut para ahli teknik sipil, tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, dan endapan lepas yang terletak di antara batuan dasar. Ikatan yang relatif lemah antar butiran dapat disebabkan oleh endapan karbonat, organik atau oksida di antara partikel. Ruang antar partikel dapat berisi air, udara atau keduanya.

Menurut (Schoeder), menngartikan bahwa tanah memiliki sistem tiga fase yang dimana terkandung air, udara, dan bahan-bahan mineral dan organik serta jasad-jasad hidup, yang karena pengaruh berbagai faktor lingkungan pada permukaan bumi dan kurun waktu, membentuk berbagai hasil perubahan yang memiliki ciri-ciri morfologi yang khas sehingga berperansebagai tempat tumbuh bermacam-macam tanaman.

Menurut (Bowles), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis

pantai pada muara sungai.

- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002mm.

Selama bendungan itu di bangun, perhatian besar diberikan pada pemilihan material dan pelaksanaan pekerjaan bendungan. Pada saat pemilihan material, dilakukan analisis material terhadap material yang diambil dari area *Borrow* untuk menentukan apakah kebutuhan material sesuai dengan spesifikasi teknis yang dibutuhkan. Analisis material dilakukan dengan menggunakan uji laboratorium, uji embankment dan uji lapangan. Setelah analisis material selesai, beberapa pekerjaan dilakukan antara lain pengalihan aliran sungai, pekerjaan galian, pekerjaan dewatering, pekerjaan perbaikan pondasi dan pekerjaan penimbunan. Dari hasil analisis tersebut, uji laboratorium material di area *Borrow* dapat digunakan untuk analisis, karena memenuhi persyaratan teknis. Hasil uji bendungan dan uji lapangan menunjukkan bahwa efisiensi material untuk pemadatan adalah 12 lintasan. Selama pelaksanaan pekerjaan bendungan, perkiraan dibuat untuk setiap pesanan. Hasil penilaian menyimpulkan bahwa pelaksanaan pekerjaan bendungan memenuhi persyaratan teknis

Ada dua sistem klasifikasi tanah yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tanah menurut jenisnya, antara lain Unified Soil Classification System (USCS) dan American Association of Highways and Transportation Officials (AASHTO). Sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah sederhana seperti distribusi ukuran partikel, batas cair dan indeks plastisitas.

#### 2.2.2.1 Sistem klasifikasi *Unified*

Sistem klasifikasi tanah terpadu pertama kali ditemukan oleh Casagrande pada tahun 1942 dan kemudian dikaji ulang oleh tim insinyur dari United State Bureau of Reclamation (USBR). Pada

sistem kalsifikasi tanah *unified* (USCS), tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) diklasifikasikan jika lolos kurang dari 50% saringan no. 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung), jika lolos lebih dari 50% saringan no. 200. Dikalsifikasikan dalam beberapa kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Berikut ini diterangkan cara penggunaan Tabel 2.1. Misalnya, dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh data: batas plastis (PL) = 27.50% batas cair (LL) = 34.10% sedangkan dari analisa saringan diperoleh data nomor saringan 200 (0,075 mm) adalah 43.80% butiran lolos, karena lolos saringan 200 = 43,80% kurang dari 50%, maka Tabel 2.1 digunakan kolom bawah yaitu kerikil banyak kandungan butiran halus karena nilai LL= 34.10 % (kurang dari 50%), maka termasuk SM. Selanjutnya, ditentukan nilai indeks plastisitasnya,  $PI = LL - PL$  atau  $PI = 34.10\% - 27.50\% = 6,6 \%$ . Nilai- nilai PI dan LL, kemudian diplot dalam diagram plastisitas, sehingga akan ditemukan letak titik di atas garis A, yang menempati zona SM. Jadi, tanah tersebut dapat diklasifikasikan SM (Pasir berlanau, campuran pasir-lanau).

Tabel 2.1 Sistem klasifikasi tanah *Unified*

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Laboratorium		
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Cu = D40/D10 > 4, Cc = ((D30) <sup>2</sup> )/(D10)	
		Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kriteria untuk GW
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir - lempung	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsis dari diagram
		Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7	plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Cu = D60/D10 > 6, Cc = ((D30) <sup>2</sup> )/(D10)	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kriteria untuk SW
		Kerikil berlanau, campuran pasir - lanau	SM	Pasir berlanau, campuran pasir - lanau	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsis dari diagram
		Pasir berlempung, campuran pasir - lempung	SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7	plastisitas, maka dipakai dobel simbol
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang tergantung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol</p>
			Lanau dan Lempung batas cair 50% atau kurang	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (*lean clays*)	
Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	OL		Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	MH		Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis			
Lanau dan lempung batas cair > 50%	CH		Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*)			
Tanah dengan kadar organik tinggi	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		
	Gambut (*peat*) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	P1	Gambut (*peat*) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi			

Sumber: Hardiyatmo, 2012

### 2.2.2.2 Sistem klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transport Offices Classification*) digunakan untuk menentukan kualitas tanah saat memilih tanah timbunan, timbunan digunakan pada tanggul, dan tanah dasar jalan raya. Sistem klasifikasi AASHTO mengklasifikasikan tanah menjadi 8 kelompok mulai dari A-1 sampai A-8, termasuk subkelompoknya, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis Sieb dan juga analisis Atterberg. Pengelompokan dilakukan dengan menentukan indeks kelompok yang dihitung dengan persamaan (2-1).

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10) \dots (2-1)$$

Dengan:

*GI* : Indeks kelompok (group indeks)

*F* : Persen butiran lolos saringan No. 200 (0.075mm)

*LL* : Batas cair

*PI* : Indeks plastisitas

Beberapa aturan yang digunakan untuk menentukan nilai *GI*, antara lain:

1. Bila  $GI < 0$ , maka dapat dianggap nilai  $GI = 0$
2. Nilai *GI* yang dihitung dibulatkan ke angka terdekat.
3. Nilai *GI* untuk kelompok tanah *A-1a*, *A-1b*, *A-2-4*, *A-2-5*, dan *A-3* nilainya selalu sebesar nol.
4. Untuk kelompok tanah *A-2-6* dan *A-2-7*, hanya pada bagian dari persamaan indeks kelompok yang dapat digunakan:  $GI = 0,01 (F - 15) (PI - 10)$

Tabel 2.2 Sistem klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan no. 200)						Tanah-tanah lanau-lempung (< 35% lolos saringan no.200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1.a	A-1.b		A-2.4	A-1.5	A-2.4	A-1.5				
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 maks	40 maks	41 maks	40 maks	41 maks	40 maks	41 maks
Indeks plastis (PL)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 maks	11 maks	10 maks	10 maks	11 maks	11 maks
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

Sumber: Hardiyatmo, 2012

### 2.2.3 Jenis tanah

Sebagian besar jenis tanah terdiri dari beberapa campuran dengan lebih dari satu ukuran partikel. Tanah liat (lempung) tidak harus terdiri dari partikel tanah liat (lempung). Namun, itu dapat bercampur dengan butiran seukuran lanau atau pasir dan mungkin juga mengandung bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi ada yang lebih besar dari 100 mm hingga kurang dari 0,001 mm. (Hardiyatmo,. 1992).

1. Kerikil, yaitu plester relief kadang juga tersusun dari partikel mineral quartz dan feldspar.
2. Pasir, terdiri dari mineral feldspar quartz.
3. Lanau sebagian besar bagian fraksi dari tanah (yang sangat kecil) terdiri dari butiran kuarsa yang sangat halus dan serpihan mika.
4. Tanah liat sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (sangat kecil) dan submikroskopik (tidak terlihat, hanya terlihat di bawah mikroskop) dengan ukuran kurang dari 0,002 mm (2 mikron).

### 2.2.4 Sifat fisik tanah

Sifat fisik tanah merupakan ciri-ciri yang berkaitan dengan unsur-unsur penyusun massa tanah yang ada. Pengujian sifat fisik tanah terdiri dari beberapa pengujian meliputi pengujian kadar air tanah, berat isi, berat jenis, batas cair, batas plastis, batas susut dan analisis saringan.

#### 2.2.4.1 Kadar air

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai kadar air tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah, yang kemudian dinyatakan dalam persentase. Dalam peraturan SNI 1965-2008, jumlah air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-2):

$$\text{Kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\% \dots \dots \dots (2-2)$$

Dengan:

$W_1$  : Berat cawan + tanah basah (gram)

$W_2$  : Berat cawan + tanah kering (gram)



$W_3$  : Berat cawan kosong (gram)

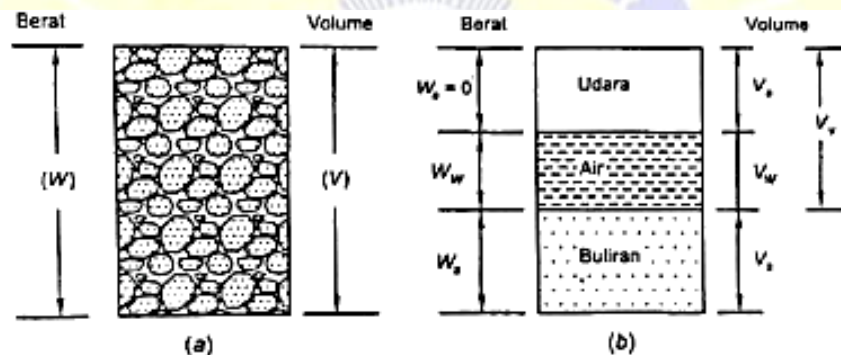
$W_1-W_2$  : Berat air (gram)

$W_2-W_3$  : Berat bahan kering (gram)

Besarnya kadar air dinyatakan dalam persen dengan ketelitian satu angka dibelakang koma.

#### 2.2.4.2 Berat volume

Uji berat satuan bertujuan untuk mengetahui berat jenis atau volume tanah, yaitu perbandingan antara berat tanah basah dengan volume dalam satuan g/cm. Pengujian dilakukan dengan alat berupa silinder atau tabung yang dipasang di dalam tanah. Tanah biasanya terdiri dari tiga bagian yang mengandung butiran, rongga air dan udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Diagram penyusun tanah

Sumber: Hardiyatmo, 2012

Dari Gambar 2.1 di atas, Persamaan (2-3) sampai Persamaan (2-5) dapat dibentuk sebagai berikut:

$$W = W_s + W_w \dots \dots \dots (2-3)$$

$$V = V_s + V_w + V_u \dots \dots \dots (2-4)$$

$$V_v = V_w + V_u \dots \dots \dots (2-5)$$

Dengan:

$W_s$  : Berat butiran padat

$W_w$  : Berat air

$V_s$  : Volume butiran padat

$V_w$  : Volume air

$V_a$  : Volume udara

Berat udara ( $W_a$ ) dianggap sama dengan nol.

Kemudian untuk menghitung berat volume tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-6) dan Persamaan (2-7) sebagai berikut.

$$\text{Berat isi tanah basah : } \gamma_{wet} = \frac{W_2 - W_1}{v} \dots \dots \dots (2-6)$$

$$\text{Berat isi tanah kering : } \gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1+W} \dots \dots \dots (2-7)$$

Dengan:

$W$  : Kadar air (%)

$W_1$  : Berat cincin (gram)

$W_2$  : Berat cincin + tanah (gram)

$V$  : Volume tanah = volume dalam cincin ( $\text{cm}^3$ )

#### 2.2.4.3 Berat jenis tanah

Dalam SNI 1964: 2008 Tujuan pemeriksaan adalah menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No. 10 (2,00 mm) dengan memakai piknometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat tanah kering dan berat air suling pada suhu dan volume tanah yang sama. Berat jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-8) dan data dari Persamaan (2-9).

$$G_s = \frac{\text{Berat butir}}{\text{Berat air dan volume yang sama}} = \frac{W}{W_w} \dots \dots \dots (2-8)$$

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots \dots \dots (2-9)$$

Dengan:

$G_s$  : Berat jenis tanah

$W_1$  : Berat piknometer kosong (gram)

$W_2$  : Berat piknometer + tanah kering (gram)

$W_3$  : Berat piknometer + tanah + air (gram)

$W_4$  : Berat piknometer + air (gram)

#### 2.2.3.4 Analisa saringan dan hidrometer

Untuk pengujian analisa saringan dan analisis hidrometer, pada SNI 3423-2008 yaitu cara pengujian analisis ukuran butir tanah. Analisis hidrometer dilakukan untuk mengetahui pembagian besar ukuran butir tanah berbutir halus. Prinsip analisis hidrometri adalah sampel tanah uji dilarutkan dalam air dan partikel tanah mengendap jatuh bebas di dalam tabung yang ditambahkan larutan tanah dan air. Dalam hal ini, dibutuhkan sekitar 100 gram tanah, atau 50 gram untuk melewati ayakan No.10 (2,00 mm). Kecepatan pengendapan partikel tanah bervariasi tergantung pada ukuran partikel tanah. Partikel yang lebih besar dan lebih berat pada awalnya mengalami sedimentasi yang lebih tinggi daripada partikel yang lebih kecil dan lebih ringan. Bahan *disperse* (gelas air) digunakan untuk penguraian lebih cepat. Analisis ayakan dasar dimaksudkan untuk mengetahui fraksi massa partikel dalam satuan ayakan (Hardyatmo, 2012). Dalam analisis ayakan, beberapa ayakan dengan ukuran berbeda disusun berdasarkan urutan ukuran dari yang terbesar ke yang terkecil.

#### 2.2.3.5 Batas *atterberg*

*Atterberg* (1911), menjelaskan cara untuk menggambarkan batas konsistensi pada tanah berbutir halus, dengan mempertimbangkan kelembaban tanah. Batas tersebut meliputi batas cair, batas plastic dan indeks plastisitas:

##### a. Batas cair (*Liquid Limit*)

Batas cair dilihat pada SNI 1967: 2008 hasil dari jumlah pukulan dengan *water content* (kadar air) dan diplot secara grafis. Jumlah total garis pada sumbu skala sumbu horizontal sesuai dengan kadar air pada sumbu skala sumbu vertikal. Kemudian tarik garis melalui titik tersebut. Jika garis yang diperoleh dari diagram tidak terletak pada garis yang melewati titik berat titik vertikal. Untuk

menentukan batas cair dasar (*Liquid Limit*), diperlukan grafik sebanyak 25 pukulan.

b. Batas plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis menurut SNI 1966: 2008. Batas plastis adalah batas dimana sifat tanah telah berubah dari plastis menjadi setengah padat. Tujuan dari uji batas plastis ini adalah untuk menentukan batas plastis tanah, berdasarkan jenis, komposisi dan klasifikasi tanah ditentukan.

c. Indeks plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair tanah dengan batas plastis tanah. Indeks plastisitas tanah dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-10).

$$PI=LL-PL\dots\dots\dots(2-10)$$

Dengan:

*PI* : Indeks plastisitas (*Plasticity Index*)

*LL* : Batas cair (*Liquid Limit*)

*PL* : Batas plastis (*Plastic Limit*)

Ada pengecualian untuk perhitungan indeks plastisitas tanah jika kondisi berikut dipenuhi:

- a. Jika batas cair atau batas plastis tidak dapat ditentukan, indeks plastis dapat dinyatakan sebagai NP (non plastis).
- b. Jika hasil perhitungan batas plastis sama dengan atau lebih besar dari batas cair, maka indeks plastisitas tanah juga dinyatakan dengan NP (non plastis).

Batas nilai PI yang diberikan oleh Atterberg dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

<i>PI</i>	Sifat	Macam Tanah
0	Non plastis	Pasir
<7	Plastisitas rendah	Lanau
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau
>17	Plastisitas tinggi	Lempung

Sumber: Jumikis, 1962

## 2.2.5 Sifat Fisik Agregat Halus dan Kasar

### 2.2.5.1 Kadar Lumpur

Persentase kadar lumpur filter halus maupun filter kasar, nilai persentase di dapat dari berat material awal dan berat material setelah di cuci. Perhitungan persentase dapat di lihat dari persamaan (2-12) sebagai berikut :

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \frac{A-B}{B} \times 100 \% \dots\dots\dots(2-12)$$

12)

A : Berat awal material sebelum di cuci

B : Berat material setelah di cuci

### 2.2.5.2 Berat Jenis Agregat

#### a) Berat Jenis Agregat halus

Standar pengujian : SNI 1970:2016 Cara uji berat jenis SNI 03-1970-1990 Persyaratan penyerapan Maks 3% , SK- SNI T-15- 1990-03 Berat Jenis Kondisi Kering : 1,6 gr/cm<sup>3</sup>- 3,2 gr/cm<sup>3</sup>. SK-SNI- T-15-1990-03 Berat jenis kondisi SSD : 1,6 gr/cm<sup>3</sup>-3,2 gr/cm<sup>3</sup>. Adapun dalam mencari berat jenis agregat halus sebagai berikut.

- Berat Jenis Kering Permukaan (SSD) =  $\frac{A}{A-(B-C)}$ .....(2-13)
- Berat Jenis Kering =  $\frac{D}{A-(B-C)}$  .....(2-14)
- Penyerapan (%) =  $\frac{100 \times (A-D)}{D}$  .....(2-15)

Dengan :

- A : Berat Pasir Kondisi SSD (gram)
- B : Berat Sample + Piknometer + air (gram)
- C : Berat piknometer + air + pasir (gram)
- D : Berat kering oven (gram)

b). Berat Jenis Agregat kasar

Standar Pengujian agregat kasar yaitu berpedoman pada SNI 03-1969-1990 untuk penyerapan maksimal 3% , SK SNI-T-15-1990-03 untuk berat jenis agregat kasar minimal 2,5 gr/cm<sup>3</sup> Adapun dalam mencari berat jenis agregat kasar sebagai berikut.

- Berat Jenis Kering Permukaan (SSD) =  $\frac{B}{(B-C)}$ .....(2-16)
- Berat Jenis Kering =  $\frac{A}{(B-C)}$  .....(2-17)
- Berat Jenis Semu =  $\frac{D}{A-(B-C)}$  .....(2-18)
- Penyerapan =  $\frac{(B-A)}{A} \times 100$  .....(2-19)

Dengan :

- A : Berat material kondisi kering (oven) (gram)
- B : Berat material kondisi di dalam air (gram)
- C : Berat material kondisi SSD (gram)

2.2.5.3 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah perbandingan dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya

rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran.

$$\text{Persentase tertahan (\%)} = \frac{BT}{BM} \times 100 \dots\dots\dots(2-16)$$

$$\text{Persentase Lolos (\%)} = 100 - \text{Persentase tertahan} \dots\dots\dots(2-17)$$

### 2.2.6 Sifat mekanik tanah

Sifat mekanik tanah adalah sifat komposisi massa tanah yang kemudian mengalami tekanan atau gaya yang dijelaskan secara teknis atau mekanis.

#### 2.2.6.1 Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah (*earthwoks compaction*) adalah kumpulan partikel tanah yang terdiri dari partikel padat (*solid particles*), air dan udara direduksi volumenya dengan menggunakan beban. Beban tersebut dapat berupa beban yang bergerak (*rolling*), beban yang dipukulkan (*tamping*) maupun beban yang digetarkan (*vibrating*). Kepadatan didapat dengan keluarnya udara dari antara butiran tanah dimana proses ini merupakan kebalikan dari proses konsolidasi yang merupakan keluarnya air dari antara butir-butir tanah. Besarnya kepadatan yang diperoleh tergantung dari usaha alat pemadat yang digunakan, jenis material tanah, kadar air (*moisture content*) dan persentase rongga udara (*air voids*) yang ada pada tanah. Besarnya kepadatan tersebut diukur dalam berat jenis kering tanah (*dry unit weight of soil*) atau kepadatan kering tanah (*dry density*). Penentuan karakteristik kerapatan tanah dapat dievaluasi dengan menggunakan uji laboratorium standar yang selanjutnya disebut uji Proctor (Hardiyatmo, 2012). Berdasarkan SNI 1742-2008 dan SNI 1743-2008, pemadatan ditentukan dengan menggunakan rumus energi pemadatan dan Tabel 2.4 sebagai berikut:

$$E = \frac{NbN_1WH}{V} \dots\dots\dots(2-18)$$

Dengan :

$E$  : Energi dalam joule/m<sup>3</sup>

$Nb$  : Jumlah pukulan per-lapisan

$Nl$  : Jumlah lapisan

$W$  : Berat penumbukan dalam satuan  $Ib$  atau  $Kgf$

$H$  : Tinggi jatuh penumbuk dalam satuan  $ff$  atau  $m$

$V$  : Volume mould dalam satuan  $ff^3$  m<sup>3</sup>.

Tabel 2.4 Cara pengujian kepadatan ringan untuk tanah (Standar Proctor)

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan (mm)	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan (mm)	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan (cm <sup>3</sup> )	943	2124	943	2124
Massa penumbuk (kg)	2,5	2,5	2,5	2,5
Tinggi jatuh penumbuk (mm)	305	305	305	305
Jumlah lapis	3	3	3	3
Jumlah tumbukan per lapis	25	56	25	56
Bahan lolos saringan	No.4 (4,75 mm)	No.4 (4,75 mm)	19,00 mm (3/4")	19,00 mm (3/4")

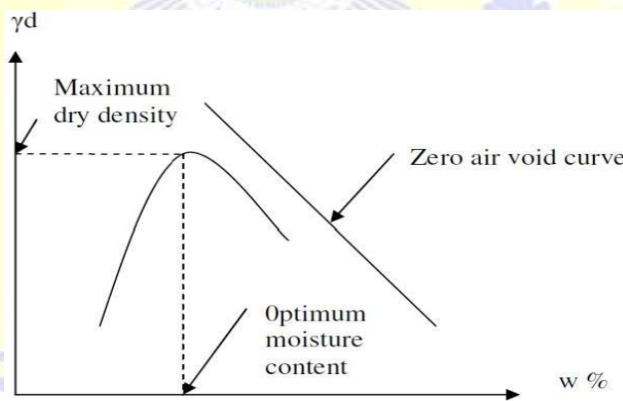
Sumber SNI 1742-2008

### 2.2.7 Uji Proctor Standar

Standar Proctor adalah metode laboratorium untuk menentukan secara hasil penelitian nilai kadar air optimum di mana tanah didapatkan tanah terpadat dan mencapai kepadatan kering maksimum. Teori kompresi



pertama kali dikemukakan oleh R.R. terdiri Empat variabel pemadatan tanah yang didefinisikan oleh Proctor adalah gaya pemadatan atau energi pemadatan, jenis tanah (gradasi, kohesif atau nonkohesif, ukuran partikel, dll.), kadar air, dan berat kering satuan. Pemadatan standar adalah upaya memadatkan menggunakan peralatan pemadatan standar. Prinsip uji Proctor standar adalah tanah dipadatkan menjadi bentuk silinder dengan diameter 101,6 mm dan volume 943,3 cm<sup>3</sup>. Tanah yang dalam cetakan dipadatkan dengan stempel seberat 2,5 kg dengan ketinggian jatuh 30,5 cm. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan, total 25 kali per lapisan. Hasil pengujian menunjukkan kurva kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) untuk mencapai berat kering atau berat jenis maksimum. Nilai kadar air rendah pada sebagian besar tanah, tanah sebagian besar kaku dan sulit dipadatkan. Setelah kadar air meningkat, tanah menjadi lebih lunak. Dengan kadar air yang tinggi, berat volume air berkurang. Ketika semua udara di dalam tanah dipindahkan selama pemadatan, tanah menjadi jenuh dan nilai berat keringnya menjadi maksimum. Berikut ini adalah contoh grafik hasil uji Proctor standar, ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air

## 2.2.8 Material Timbunan (*Embankment*)

### 2.2.8.1. Timbunan Inti Kedap (Zona 1)

Timbunan adalah suatu pekerjaan yang dilakukan di tubuh

bendungan yang lingkup pekerjaannya meliputi pekerjaan penghamparan, penyebaran, dan pemadatan material. Pekerjaan timbunan dilokasi bendungan akan dilaksanakan lapis demi lapis. Sumber material untuk pelaksanaan timbunan di dapat dari *Borrow Area* (tempat pengambilan tanah), *Quarry* (tempat pengambilan batu) dan *Disposal Area* (tempat pembuangan material). Semua material yang akan digunakan sebelumnya dilakukan pengujian terlebih dahulu apakah material tersebut layak digunakan atau tidak. Uji coba timbunan (*trial embankment*) perlu di lakukan guna mencoba untuk pelaksanaan pekerjaan bendungan, pemeriksaan kualitas tanah dan bendungan uji harus digunakan untuk memastikan bahwa hasil kekuatan struktur bendungan sesuai dengan persyaratan yang direncanakan baik secara visual maupun struktural. Timbunan inti dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3. Timbunan Inti (Zona 1) Tanah Lempung  
(Sumber : data proyek,2023)

Gradasi material dalam kasus timbunan Zona 1, ini harus dihamparkan secara horizontal dengan ketebalan lapisan kurang dari 30 cm per lapisan sebelum pemadatan. Lapisan dari setiap layer harus dihamparkan melebar dan memanjang zona, sesuai dengan kapasitas alat. Kontrol kadar air bahan bendungan inti Kecuali ditentukan oleh perencana, kadar air selama dan setelah pemadatan adalah -3% sampai +1% dari kadar air optimal, yang

ditentukan oleh hasil uji pemadatan standar yang dilakukan di laboratorium. Kandungan air harus ada di setiap lapisan timbunan yang dipadatkan harus seragam maksimum 6,35 cm sesuai dengan hasil uji tanah.

Untuk meninjau nilai kadar air tidak menjadi terlalu tinggi seperti yang direncanakan, karena disebabkan turunnya hujan, maka penutup tahan hujan dapat dipasang di atas area penyimpanan, dimana penutup pelindung dapat digunakan yang dipasang di area yang dipadatkan. Jika jumlah air yang terkandung dalam material timbunan terlalu banyak, sebaiknya didiamkan terlebih dahulu sebelum dipadatkan, agar terlebih dahulu mengering dan terkena panas matahari yang dibantu dengan membalik lapisan beberapa kali lagi. Namun, jika terlalu kering, kadar air lapisan dapat ditingkatkan dengan menyemprotkan air secara merata ke permukaan.

#### 2.2.8.2. Timbunan Filter Halus (zona 2a) dan Filter Kasar (zona 2b)

Material zona 2 diambil dari *Borrow Area*. Material yang dipergunakan harus bersih, tidak mengandung lumpur dan tidak berkohesi, material filter terdiri dari pasir dan kerikil dengan ukuran butir maksimum 20 mm dan harus mengandung lebih kecil dari fraksi ayakan No.4 (ukuran 4.76 mm) dalam jumlah kurang dari 35 %. lokasi penyimpanan filter/drainase harus cukup jauh dari material lain dan alat berat tidak boleh melintas di atas *stock pile*. Material pada zona 3 harus bersih, material tidak berkohesi terdiri dari andesit dengan ukuran butiran maksimum 30 mm dan harus mengandung lebih kecil dari fraksi ayakan No.200 dalam jumlah kurang dari 2% dan lebih kecil dari fraksi ayakan No.4 (ukuran 4.76 mm) dalam jumlah kurang dari 30%. Timbunan filter dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Timbunan Filter Halus (Zona 2a), Timbunan Filter Kasar (Zona 2b)

(Sumber : data proyek,2023)

Diameter batuan yang memiliki ukuran lebih besar dari 5 cm untuk timbunan Zona 2a dan batuan yang lebih besar dari 10 cm untuk timbunan Zona 2b yang terangkut ke lokasi timbunan harus tidak diikutsertakan sebagai material timbunan. Apabila batuan-batuan tersebut terbawa ke lokasi penimbunan maka harus dipisahkan oleh pekerja menggunakan tangan atau *Rake Dozer*. Hal ini dilakukan untuk mencegah kemungkinan terjadinya kebocoran. Penghamparan material filter harus dilakukan secara hati-hati, uji gradasi harus dilakukan di tempat *stock pile* dan tempat timbunan agar tidak menyimpang dari spesifikasi. Untuk menghindari segregasi (pemisahan batuan) penghamparan material filter dan drainase dari alat pengangkut harus serendah mungkin. Apabila terdapat fragmen batuan pada material yang dihampar lebih besar dari ukuran yang ditentukan (untuk filter halus <1 cm dan filter kasar < 3 cm), maka harus dibuang sebelum material tersebut dipadatkan. Material Zona 2a dan Zona 2b harus disebar dan dipadatkan dengan ketebalan lebih dari 30 cm sebelum penempatan bahan Zona 1 yang dipilih pada semua permukaan pondasi.

Bahan-bahan zona 2 dihampar dan dipadatkan maksimal 40 cm per lapisan sebelum pemadatan. Timbunan material harus diisi secara berurutan untuk mencapai distribusi material terbaik. Lapisan

dari setiap layer harus didistribusikan ke arah lebar dan panjang zona sesuai dengan kapasitas alat. Sebelum dan selama pemadatan, setiap lapisan material di Zona 2 harus basah.

Pemadatan yang dilakukan yaitu dengan (*Vibratory Roller*) yang beratnya lebih dari 110 kN. Jumlah jalan padat di lapangan yang digunakan empat kali lebih banyak. Hasil ini ditentukan sedemikian rupa sehingga pelaksana berhak menentukan variasi jumlah lintasan alat pemadat sesuai dengan kondisi lapangan. Setelah pemadatan selesai dilakukan uji tes kepadatan (alat sandcone) dan uji permeabilitas (falling head). Bahan material zona 2 harus dipadatkan hingga *density* minimum 70%, rata-rata pemadatan lapangan adalah 80%, dan kepadatan relatif kurang dari 75% tidak boleh melebihi 20% berdasarkan pembangunan umum. Tumpukan filter yang digali dari borrow area dan diangkut dengan ekskavator ke dump truck, yang kemudian dibawa ke lokasi penimbunan.

Tipe spesifik *roller* getar yang digunakan untuk pemadatan material zona 2 harus disetujui dan minimum harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Berat statis *roller* dalam keadaan beroperasi dan dipindahkan ke tanah melalui permukaan drum-nya harus tidak boleh lebih kecil dari 110 kN.
2. Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh bagian penggetar saat *Roller* harus tidak boleh lebih kecil dari 200 kN pada frekuensi maksimum yang diizinkan oleh pabrik pembuatnya untuk pengoperasian *Roller* secara terus menerus.
3. Tiap drum *Roller* harus mempunyai diameter luar paling sedikit 1.5 m dan panjang harus tidak boleh lebih kecil dari 2.1 m.

#### 2.2.8.3. Timbunan *Random* Tanah (Zona 3)

Material random yang ada disekitar lokasi bendungan yaitu

material endapan kolovial, material *breksi tuf*, *breksi tuf* lapuk, dan material hasil galian terowong pengelak, galian *spillway*, dan galian pondasi bendungan. Material *random* dapat digunakan sebagai timbunan bendungan utama dan timbunan *cofferdam*. Pondasi di bawah isian *random* tanah ditimbunan harus disiapkan sedemikian sehingga permukaan pondasi akan terpadatkan dan mempunyai ikatan yang baik dengan lapisan pertama material isian *random* batu yang dihamparkan di atasnya. Material untuk *random* tanah tidak boleh dihamparkan ditimbunan sampai pondasinya disiapkan dengan baik. Gradasi material *random* tanah akan ditentukan secara pasti sebelum digunakan ditimbunan bendungan dan harus diperiksa ditempat setelah dipadatkan. *Random* tanah dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Random* Tanah  
(Sumber : data proyek,2023)

Material untuk Zona *random* tanah harus dihampar secara menerus, yang kurang lebih lapisan horizontal untuk mencegah pemisahan butiran dan pembentukan rongga. Ketebalan setiap lapisan sebelum pemadatan tidak boleh melebihi 50 cm. Pada saat menghampar material, pastikan material yang banyak mengandung tanah diletakkan dibagian dalam dan dilindungi oleh batu yang besar. Tiap lapis material harus terus menerus dibasahi dan dipadatkan hingga kepadatan yang dibutuhkan menggunakan pemadatan roller getar dengan berat lebih dari 100 kN. Hal ini dapat

dilakukan dengan lintasan roller 4 kali lipat untuk lapisan hingga ukuran batu 50 cm dan 6 kali lintasan untuk lapisan hingga ukuran batu 100 cm di setiap bagian lapisan zona hingga semua lapisan dipadatkan hingga berhenti dipadatkan sampai mencapai kepadatan yang diinginkan.

#### 2.2.8.4. Timbunan Batu (Zona 4)

Timbunan batu diambil dari lokasi quarry batching plant di hilir calon tubuh bendungan tepatnya di sebelah kanan jalan existing menuju kantor proyek. Material yang dipergunakan harus berupa campuran batu yang cukup keras, awet, bergradasi baik, pada gambar di bawah ini merupakan timbunan material untuk Zona urugan batu pada timbunan bendungan yang diperoleh dari tempat *Quarry* andesit atau daerah lain harus berupa campuran batu yang cukup keras, awet, batu bergradasi baik, bongkahan, dan kerikil dengan ukuran partikel maksimum lebih kecil dari 100 cm. Material Zona 5 harus berupa campuran pilihan yang mempunyai ukuran partikel maksimum 100 cm, lebih besar fraksi ayakan No.4 (ukuran 4.76 mm) diatas 80 % dan lebih kecil fraksi ayakan No.200 (ukuran 0.074 mm) lebih kecil dari 1 %. Timbunan Batu bisa dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Timbunan Batu (Zona 4)  
(Sumber : data proyek, 2022)

Timbunan batu (Zona 4) dihampar dan dipadatkan dengan ketebalan lapisan maksimal 100 cm untuk ukuran batu maksimal 50 cm dan 150 cm untuk ukuran batu maksimal 100 cm. Lapisan dari setiap layer

harus dihampar membentang penuh ke area lebar dan panjang layer sesuai dengan kapasitas alat. Sebelum dan selama pemadatan, setiap lapisan material harus terus menerus dibasahi di area yang ditentukan oleh pengguna dan dipadatkan sampai memenuhi kepadatan yang dibutuhkan.

Pemadatan dilakukan dengan vibration roller. Jumlah lintasan diperkirakan menggunakan vibration roller dengan lintasan roller atau 4 lintasan untuk lapisan yang mengandung ukuran batu maksimal 50cm dan 6x lintasan untuk lapisan yang mempunyai ukuran batu max 100 cm pada setiap jalur lapisan material zona 4 hingga seluruh lapisan selesai dipadatkan. Penggalian batuan diawali dengan melonggarkan formasi batuan dengan ripper, kemudian material batuan yang telah longgar tersebut dipotong dan dikumpulkan dengan bulldozer. Hasil ripping berupa batuan lepas kemudian diangkut ke dalam dump truck menggunakan excavator untuk kemudian dibawa ke lokasi penimbunan batuan atau jika tidak segera digunakan akan dibawa ke stockpile. Selama pengangkutan material dari lokasi penggalian atau penyimpanan ke tempat penimbunan, kandungan air tanah yang diangkut dijaga agar sesuai dengan rencana. Untuk melindungi tanah dari hujan, dump truck dapat ditutup dengan Tarpal atau bahan penutup lain yang sesuai. Bak pengangkut dump truck harus bersih dari material lain, agar barang yang diangkut tidak terkontaminasi. Setelah hujan lebat, hal itu tentu merubah properties tanah, termasuk kepadatan tanah dan kandungan air dalam tanah. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengeringkan air di permukaan tanah pada zona timbunan (*dewatering*).
- Melakukan tes tanah untuk memeriksa kepadatan tanah.

#### 2.2.8.5. Timbunan Rip-rap (Zona 5)

Material zona 5 diambil dari lokasi hilir bendungan Material Zona 5 di sebelah kiri pada tebing sandaran calon tubuh bendungan di bagian hilir tepatnya di dekat jalan menuju ke kantor HK dan gardu pandang,



material zona 5 yang ditaruh di stockpile, Material untuk Zona 5 sebagai pelindung urugan batu (*Rip-rap*) ditimbunan bendungan harus diperoleh dari *Quarry* atau tempat lain dan harus berupa batu yang cukup keras dan tahan lejang / awet. Material batu yang digunakan untuk rip-rap harus memiliki durabilitas yang tinggi Pada awal pelaksanaan konstruksi hendaknya di lakukan *Slake Durability Test* di laboratorium, Setiap partikel batuan yang melebihi ukuran maksimum harus dibuang. Berikut ini gambar zona 6 dapat di lihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Timbunan Rip-Rap (Zona 6)  
(Sumber : data proyek, 2022)

Penghamparan timbunan *Rip-rap* dan penimbunan pada kemiringan permukaan harus menghasilkan fragmen batuan besar yang menyebar secara merata pada sisi tubuh bendungan dengan ukuran maksimum membesar ke arah luar kemiringan dan fragmen yang lebih kecil mengisi ruang di antara fragmen yang lebih besar untuk memberikan ikatan yang baik serta menghasilkan permukaan yang cukup kasar.

## **2.2.9. Metode *Trial Embankment***

### **2.2.9.1. Pengetahuan Dasar Timbunan (*Embankment*)**

Timbunan adalah suatu pekerjaan yang dilakukan di tubuh bendungan yang lingkup pekerjaannya meliputi pekerjaan penghamparan, penyebaran, dan pemadatan material. Pekerjaan timbunan dilokasi bendungan akan dilaksanakan lapis demi lapis. Sumber material untuk pelaksanaan timbunan di dapat dari *Borrow Area* (tempat pengambilan tanah), *Quarry* (tempat

pengambilan batu) dan *Disposal Area* (tempat pembuangan material). Semua material yang akan digunakan sebelumnya dilakukan pengujian terlebih dahulu apakah material tersebut layak digunakan atau tidak.

Bendungan adalah bangunan yang berfungsi sebagai peninggi muka air dan penyimpanan dimusim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar yang melebihi kebutuhan baik untuk keperluan irigasi, air minum industri, dan lain sebagainya (Sani, 2008).

Berdasarkan type konstruksinya pada Bendungan Meninting ini adalah bendungan urugan yang dibangun dari hasil penggalian material dari lokasi proyek tanpa tambahan bahan lain. Bendungan Urugan adalah bendungan yang dibangun dengan menimbun bahan-bahan seperti batu, kerikil, pasir, dan tanah yang memiliki fungsi menopang dan menjadi tirai kedap air pada bendungan. Bendungan urugan dapat dibangun di semua kondisi geologi dan geografi. Bendungan urugan memiliki keuntungan dalam pembangunan tubuh bendungan yaitu dapat menggunakan batuan di sekitar lokasi bendungan (Sosrodarsono, 1981).

#### 2.2.9.2. Alat yang Digunakan Pada Proses Timbunan

Perlitan mekanik merupakan alat bantu yang memudahkan dan sebagai penunjang kelancaran pelaksanaan pekerjaan dengan tujuan hasil yang maksimal dan tercapainya tujuan pekerjaan, misalnya sesuai jadwal, serta lebih ekonomis dibandingkan dengan tenaga fisik manusia secara langsung.

Beberapa faktor menjadi pertimbangan dalam memutuskan untuk menggunakan alat bantu atau alat berat, antara lain.

- Kondisi lokasi atau ciri tanah pada lokasi
- Karakteristik pekerjaan
- Teknik Pelaksanaan Pekerjaan
- Daya tampung pekerjaan

Adapun Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Alat Penggali (*Excavator*)
- b. Alat Pengangkut Material (*Dump truck*)
- c. Alat Pemuat Hasil Galian (*Wheel Loader*)
- d. Alat Pemadatan Material (*Vibro Sheep Foot*)
- e. Alat Untuk Mendorong, Menarik, Meratakan dan Menggali Material (*Bulldozer*).

#### 2.2.9.3. Metode Pelaksanaan Timbunan Inti (Zona 1)

Pada umumnya, bendungan di bangun secara serempak mencakup seluruh lebar dan panjang bendungan. Bagian atas timbunan harus dibentuk cembung miring kedua arah tepi agar selama musim hujan dapat terdrainase dengan baik. Kemiringan arah melintang permukaan timbunan dibuat antara 1-5 %. Selama musim kering, tinggi urugan timbunan inti (kedap air) boleh melebihi tinggi zona lulus air dibagian kiri dan kanannya sampai setinggi 1.50 m. Bila cara ini dilaksanakan, maka masing-masing ditepi kiri dan kanan diberi tambahan timbunan ekstra selebar 1 m sampai menutup Zona filter. Setelah timbunan Zona inti mencapai 1,5 m diatas Zona filter, timbunan ekstra dikiri dan kanan dipotong dan dirapikan, filter dan urugan batu dibersihkan dari kotoran dan tanah, kemudian dilanjutkan dengan timbunan filter dan batu. Pada cara ini, kemiringan zona inti harus lebih landai dari kemiringan Zona filter. Lapisan-lapisan tiap Zona harus dihampar membentang penuh kearah lebar dan panjang zona sesuai dengan kapasitas alat pemadatan. Dasar atau standar dalam pelaksanaan pekerjaan timbunan yaitu sesuai dengan yang tertera dalam spesifikasi teknis yang ditentukan. Untuk meminimalisir kontaminasi material filter dengan material yang lebih halus selama pekerjaan timbunan, maka perbedaan timbunan Zona-zona yang berdekatan harus dijaga dalam batas-batas sebagai berikut :

1. Zona 2 ke Zona 1 : 30 – 60 cm lebih tinggi dari Zona 1
2. Zona 2 ke Zona 3 : 40 cm lebih tinggi dari Zona 3

Ada beberapa material yang digunakan diantaranya:

1. Material inti kedap (Zona 1)
2. Material filter halus (Zona 2a)
3. Material transisi/filter kasar (Zona 2b)
4. Material timbunan random (Zona 3)
5. Material timbunan batu (Zona 4)
6. Material rip-rap (Zona 5 )

#### 2.2.9.4. Tahapan Persiapan Trial Embankment

Pada tahapan ini, segala sesuatu yang berhubungan dengan pekerjaan timbunan akan disiapkan. Mulai dari penyediaan material, persiapan alat dan persiapan pekerja. Dengan kegiatan *trial* atau uji coba timbunan ini, dilakukan uji pemadatan di lapangan untuk menentukan kadar air tanah optimum dari material timbunan bendungan dan jumlah lintasan yang akan digunakan. Secara umum, pekerjaan untuk percobaan pemadatan *trial Embankment* harus di perhatikan beberapa hal:

1. *Setting Out* (Pengukuran dan Pematokan)

*Setting Out* (Pengukuran dan Pematokan) yaitu menentukan batas dan patok untuk percobaan penghamparan yang dilakukan oleh *surveyor*.

2. Persiapan Area Percobaan

Permukaan lapisan *subgrade* dibersihkan dari material yang tidak seharusnya.

3. Penghamparan Lapisan 1 layer, 2 layer dan 3 layer

- Material Akan dihampar dan dipadatkan dengan ketebalan 25 cm dengan alat yang akan di pakai *Vibrator Roller* dan *Sheep Foot Roller*.
- Penghamparan layer 2 dan pemadatan pada lapisan timbunan, material akan dihampar dengan ketebalan 30 cm

gembur. alat pemadatan terdiri dari 3 item. Layer ke-2 akan dihampar setelah hasil kepadatan pada layer sebelumnya memenuhi spesifikasi.

2.2.9.5. Pengujian Pemadatan *embankment*

Nilai kepadatan pada timbunan harus mencapai 95%  $\gamma_d$  (Lapisan yang berada lebih dari 30 cm di bawah *subgrade*) dan harus mencapai 100%  $\gamma_d$  (Lapisan yang kurang dari 30 cm di bawah *subgrade*) sesuai dengan Standar SNI untuk pengujian kepadatan tanah dengan *sand cone* adalah : SNI 03-2828-1992 (Metode Pengujian Kepadatan Lapangan dengan Alat Konus Pasir). Adapun persamaan yang di gunakan untuk mencari nilai kepadatan (*Density*) menggunakan metode *Sandcone* :

Persamaan :

- Volume isi botol :  $V_1 = W_1 - W_2$  .....(2-19)

Dengan :

$V_1$  : Volume botol ( $\text{cm}^3$ )

$W_1$  : Berat botol + corong (gram)

$W_2$  : Berat Botol + corong + air (gram)

- Berat isi pasir:  $\gamma_s = \frac{W_3 - W_1}{v_1}$  .....(2-20)

Dengan :

$\gamma_s$  : Berat isi pasir ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

$W_3$  : Berat botol + corong + Pasir (gram)

$W_1$  : Berat botol + corong (gram)

$V_1$  : Isi/ Volume botol( $\text{cm}^3$ )

- Penentuan berat pasir dalam corong :

$W_c = W_4 - W_5$  .....(2-21)

Dengan :

$W_c$  : Berat pasir dalam corong

$W_4$  : Berat botol + corong + pasir secukupnya

$W_5$  : Berat botol + corong + sisa pasir

- Perhitungan volume lubang :

$$W_{10} = W_6 - W_7 - W_c \dots \dots \dots (2-22)$$

Dengan

$W_{10}$  : Berat pasir dalam lubang

$W_6$  : Berat botol + corong + pasir secukupnya

$W_7$  : Berat botol + corong + sisa pasir

$W_c$  : Berat pasir dalam corong

$$V_e = \frac{W_{10}}{\gamma_s} \dots \dots \dots (2-23)$$

Dengan :

$V_e$  : Volume lubang ( $\text{cm}^3$ )

$\gamma_s$  : Berat isi pasir ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

$W_{10}$  : Berat pasir dalam lubang (gram)

- Perhitungan berat isi kering (kepadatan lapangan) tanah :

$$\gamma_w = \frac{W_9 - W_8}{V_e} \dots \dots \dots (2-24)$$

Dengan :

$\gamma_w$  : Berat isi tanah basah ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

$V_e$  : Volume lubang ( $\text{cm}^3$ )

$W_8$  : Berat wadah + tanah (gram)

$W_9$  : Berat wadah (gram)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{100 + W_c} \times 100 \dots \dots \dots (2-25)$$

Dengan :

$\gamma_d$  : Berat isi tanah kering ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

$\gamma_w$  : Berat isi tanah basah ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

$W_c$  : Kadar air tanah

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi *sampling* atau pengambilan sampel yaitu pada Proyek Pembangunan Bendungan Meninting di Desa Bukit Tinggi Kecamatan Gunungsari dan Desa Dasan Geriya Kecamatan Lingsar Kabupaten Lombok Barat. Dan lokasi penelitiannya yaitu di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram dan Laboratorium Utama Karya, Proyek Pembangunan Bendungan Meninting. Selain meneliti di dalam Laboratorium peneliti juga melakukan penelitian di Lapangan. Dimana kegiatan yang dilakukan oleh peneliti di Lapangan tersebut yaitu melakukan pengujian *Trial Embankment* terhadap material timbunan inti.

#### **3.2 Bahan dan Alat Penelitian**

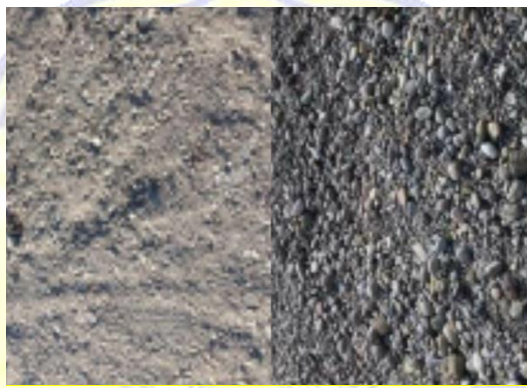
##### **3.2.1. Bahan Penelitian**

###### **1. Tanah, Pasir dan batuan**

Dalam pengujian ini menggunakan 4 material tanah inti, filter, dan rip- rap dari 4 zona Pada Proyek Pembangunan Bendungan Meninting Di Desa Bukit Tinggi Kecamatan Gunungsari Kabupaten Lombok Barat. Untuk material pengujian laboratorium di gunakan 3 material yaitu material inti kedap, random tanah, dan filter. Sementara untuk pengujian material batuan yang diameter  $\geq 1 \text{ m}^3$  di lakukan di lapangan atau pada proyek pembangunan bendungan meninting. Adapun material inti kedap tersebut dapat di lihat pada Gambar 3.1 , Material Filter Kasar/ Halus bisa dilihat pada Gambar 3.2, Material Random Tanah dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Material Rip- Rap dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.1 Material Inti Kedap  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)



Gambar 3.2 Material Filter (Halus dan Kasar)  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)



Gambar 3.3 Material Random Tanah  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)





Gambar 3.4 Material Rip-Rap  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

### 3.2.2. Alat Penelitian

#### 1. Cawan

Cawan berfungsi sebagai wadah uji untuk setiap pengujian, ditempatkan pada oven pengering untuk memeriksa kadar air benda uji. Cawan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Cawan  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

#### 2. Oven laboratorium

Oven Laboratorium adalah alat untuk mengeringkan benda uji untuk menghitung dan menentukan kadar air dalam tanah. Oven yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Oven laboratorium  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

### 3. Ayakan

Ayakan dibuat berdasarkan nilai ukuran standar bahan atau partikel. Digunakan untuk memfilter/menyaring tanah berdasarkan ukuran ayakan yang akan tertahan. Ayakan yang digunakan untuk menguji analisis saringan butiran ditunjukkan pada Gambar 3.7. Sedangkan untuk gradasi material yang ukuran material dengan diameter 152,4 mm dapat di gunakan ayakkan kayu. Ayakkan kayu bisa dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.7 Ayakan Besi  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)



Gambar 3.8 Ayakkan kayu  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)

#### 4. *Sieve shaker*

*Sieve shaker* adalah Alat yang memisahkan butir-butir tanah padat dengan menggunakan rangkaian alat penyaring, setiap lapisan memiliki nilai ukuran penyaring yang berbeda dari yang terbesar hingga yang terkecil. Saringan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Sieve Shaker*  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

#### 5. Jangka sorong

Jangka Sorong adalah alat ukur yang memiliki tingkat ketepatan dan ketelitian yang sangat baik/akurat. Berfungsi sebagai alat ukur untuk mengukur panjang benda kecil, kedalaman benda dan diameter

benda luar dan dalam. Alat ukur yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.10.



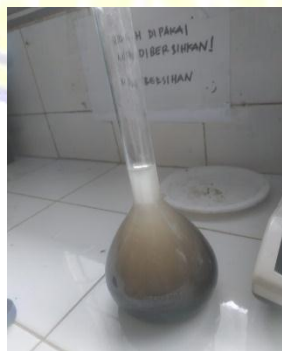
Gambar 3.10 Jangka Sorong  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

#### 6. Pikonometer

Pikonometer yaitu Botol ukur dengan volume 100 ml digunakan untuk menentukan berat jenis tanah dan tahanan terhadap suhu panas. Pikonometer yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.11. Sedangkan piknometer 500 ml digunakan untuk mencari berat jenis pasir dapat dilihat pada Gambar 3.12



Gambar 3.11 Pikonometer 100 ml  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)



Gambar 3.12 Pikonometer 500 ml  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

## 7. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram seperti pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Timbangan ketelitian 0.01 gram  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

## 8. Cawan/mangkuk porselen

Cawan/mangkuk porselen terbuat dari porselen dan digunakan untuk mencampur sampel tanah atau sampel dengan air penambah yang akan digunakan. Cawan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.14 .



Gambar 3.14 Cawan/mangkuk porselen  
(Sumber: Dokumentasi,2023)

## 9. Pisau perata/Spatula

Spatula atau pisau serbaguna yang digunakan memiliki mata pisau dengan panjang 75 mm dan lebar 20 mm. Pisau perata yang digunakan dalam pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Pisau perata/Spatula  
(Sumber: Dokumentasi 2023)

#### 10. Alat pengaduk

Alat Pengaduk yang digunakan adalah alat yang dijalankan secara mekanis yang terdiri dari dinamo atau motor listrik yang dapat berputar tanpa beban dengan kecepatan minimal 10.000 revolusi per menit. Alat pengaduk yang digunakan selama pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Alat pengaduk  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

#### 11. Hidrometer

Hidrometer digunakan untuk perhitungan hidrometer saat menentukan ukuran butiran halus dan tes penyaringan. Hidrometer yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Hidrometer  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

## 12. Alat penumbuk

Uji pemadatan menggunakan alat penumbuk seberat 2,5 kg ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Alat penumbuk  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

## 13. *Mould*/Cetakan

Seperti yang digunakan pada uji pemadatan standar Proctor, alat ini terdiri dari tiga bagian, yaitu alas mould, leher mould, dan mould itu sendiri (lihat Gambar 3.19).



Gambar 3.19 *Mould*/Cetakan  
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

#### 14. Tabung ukur

Fungsi Tabung ukur yaitu untuk mengukur volume cairan atau larutan yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi, selain itu gelas ukur juga berfungsi untuk mempermudah analisis untuk mengetahui volume cairan dan zat dengan tepat sehingga pekerjaan analisis menjadi cepat dan efisien. Tabung ukur dapat dilihat pada Gambar 3.20



Gambar 3.20 Tabung ukur  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)

#### 15. Pan

Berfungsi untuk sebagai wadah penampung material tanah, pasir maupun batuan yang akan di uji. Pan dapat dilihat pada Gambar 3.21



Gambar 3.21 Pan  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)



#### 16. Alat penghitung berat jenis batu

Berfungsi untuk menghitung berat jenis agregat kasar. Adapun alat penghitung berat jenis agregat kasar dapat di lihat pada gambar 3.22



Gambar 3.22 Alat Perhingan berat jenis batu  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)

#### 17. Meteran

Meteran berfungsi untuk menghitung lebar diameter lubang saat pengujian sandcone dan pengukuran opname bolder batu. Meteran bisa di lihat pada gambar 3.23



Gambar 3.23 Meteran  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)

#### 18. Alat Berat

Alat berat berfungsi untuk membantu atau menunjang kegiatan pemadatan tanah embankment pada Proyek Pembangunan Bendungan Meninting Adapun alat berat tersebut seperti Excavator yang berfungsi

untuk memuat material ke dalam dump truck dapat di lihat pada Gambar 3.24 , dump truck berfungsi untuk mengangkut material bisa di lihat pada Gambar 3.25, Bulldozer berfungsi untuk meratakan material bisa pada Gambar 3.26 , dan Sheep Foot Roller berfungsi untuk memadatkan material bisa di lihat pada Gambar 3.27.



Gambar 3.24 *Excavator*  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)



Gambar 3.25 *Dump truck*  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)



Gambar 3.26 *Bulldozer*  
(Sumber : Dokumentasi, 2023)



Gambar 3.27 *Sheep Foot Roller*

(Sumber : Dokumentasi, 2023)

#### 19. Sand Cone

Sand Cone berfungsi untuk mengecek nilai kepadatan relatif di lapangan dapat di lihat pada Gambar 3.28

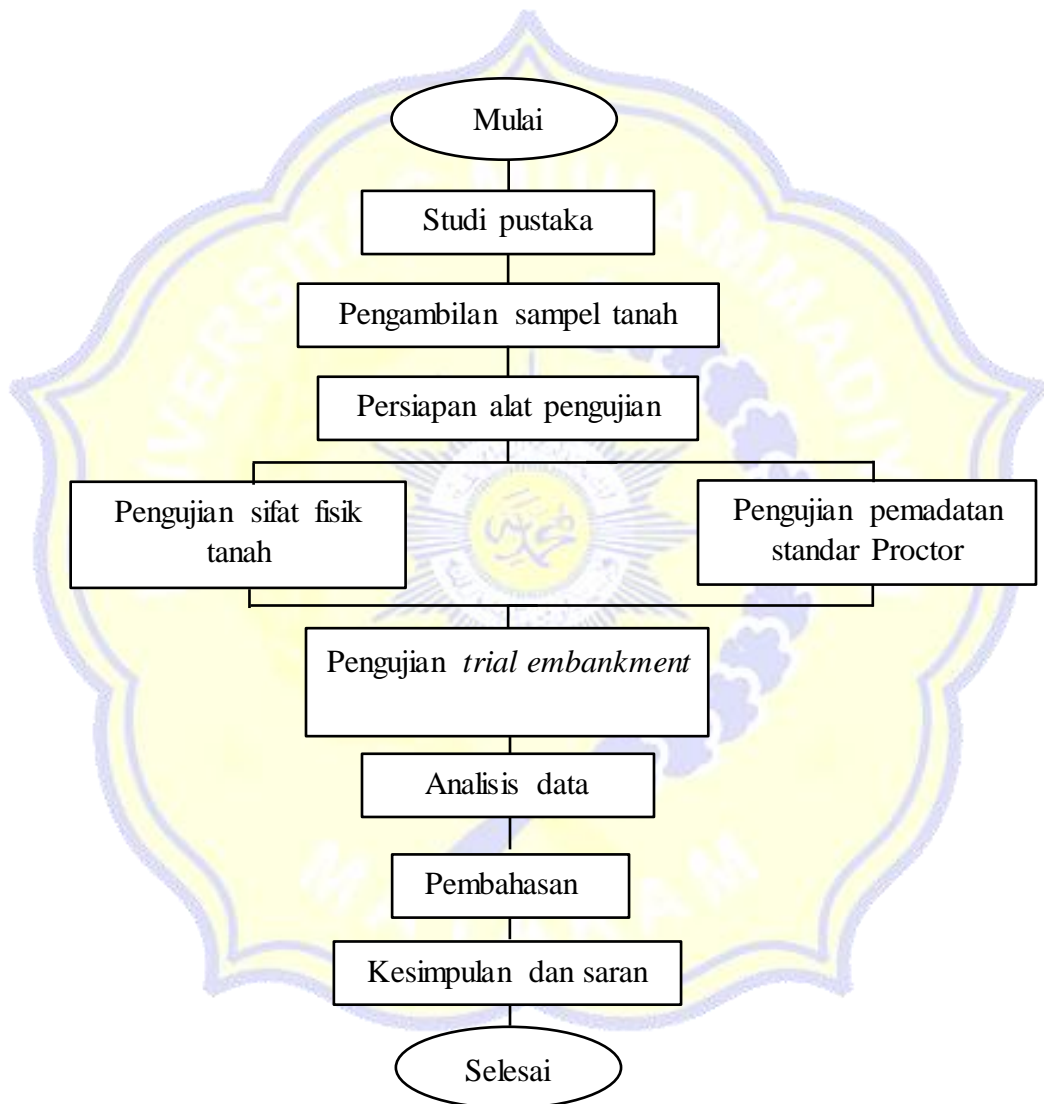


Gambar 3.28 Sandcone

(Sumber : Dokumentasi, 2023)

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan langkah-langkah penelitian yang lengkap untuk membantu penulis memahami setiap langkah dalam melakukan penelitian saat ini. Berikut adalah bagan alir yang digunakan dalam tahapan penelitian (lihat Gambar 3.20).



Gambar 3.29  
Bagan Alir Penelitian

### 3.4 Metode Analisa Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kegiatan awal dalam penelitian ini yang dilakukan peneliti yaitu melakukan Kajian Pustaka. Kegiatan tersebut dilakukan untuk mendapatkan referensi – referensi yang berkaitan dengan permasalahan yang di angkat oleh peneliti.
2. Setelah mendapatkan referensi melalui kajian Pustaka, peneliti terjun ke Lapangan untuk melakukan pengambilan sampel tanah yang akan di teliti. Kemudian peneliti melakukan persiapan alat pengujian.
3. Adapun dalam penelitian ini, peneliti melakukan dua pengujian yaitu Pengujian Sifat Fisik dan Pengujian Pemadatan *standar* Proctor.
4. Berdasarkan hasil Pengujian Sifat Fisik dan Pengujian Pemadatan *standar* Proctor, akan dijadikan acuan untuk dilakukannya metode pengujian *Trial Embakment*.
5. Setelah melakukan rangkaian pengujian, peneliti akan melaksanakan analisis data untuk mendapatkan nilai *density* pada *embakment* yang dilukan peneliti.
6. Kemudian data yang didapatkan oleh peneliti setelah melakukan rangkaian pengujian, peneliti akan mendapatkan jawaban dari pertanyaan – pertanyaan penelitian yang diajukan oleh peneliti di rumusan masalah.
7. Tahap selanjutnya peneliti dapat membuat kesimpulan dan saran sebagai bagian penutup dari penelitian yang telah dilaksanakan oleh peneliti, dimana isi dari simpulan ini merupakan bagian dari isi yang telah dijabarkan pada bab – bab sebelumnya.

#### 3.4.1 Studi Pustaka

Penelitian kepustakaan merupakan salah satu metode pengumpulan data pertama yang peneliti gunakan untuk mencari referensi penelitiannya. Studi kepustakaan sendiri merupakan suatu titik dimana kita dapat menemukan dan mengumpulkan data berupa dokumen dan gambar, serta

bentuk lain untuk mendukung penelitian. Ini memfasilitasi analisis data lebih lanjut.

### **3.4.2 Metode pengumpulan data**

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan melakukan peninjauan wilayah dan kondisi material apa saja dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Informasi yang diperlukan untuk penelitian ini adalah:

#### **1. Data primer**

Data primer adalah kumpulan data dari hasil uji laboratorium yang berhubungan dengan spesifikasi yang digunakan.

#### **2. Data sekunder**

Informasi tersebut didasarkan pada pengetahuan teoritis dari buku dan majalah yang berkaitan dengan penelitian ini.

### **3.4.3 Metode pengambilan sampel**

Pengambilan sampel dilakukan pada lokasi proyek pembangunan bendungan meninting. Untuk sampel tanah dilakukan dengan cara membersihkan permukaan atas tanah lalu mengambil tanah sebagai sampel yang akan dilakukan di Laboratorium, untuk material agregat halus dan kasar material diambil pada *stockpile* pada proyek pembangunan bendungan meninting untuk dilakukan pengujian di Laboratorium.

### **3.4.4 Analisis data**

Analisis data tentunya dilakukan sesuai dengan pedoman dan kaidah baku, yang menjadi tolok ukur sekaligus orientasi bagi proses penelitian. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram dan Laboratorium Utama Karya dengan beberapa tahap pengujian yang dilakukan terdiri dari pengujian tanah yaitu kadar air, berat volume, berat jenis, batas cair, batas plastis, analisa saringan, dan kepadatan tanah untuk material agregat kasar maupun agregat

halus pengujian yang di lakukan yaitu gradasi, kadar lumpur, dan berat jenis sementara untuk pengujian batuan sekiranya dengan volume kurang lebih dari 1 m<sup>3</sup> di lakukan di lapangan .Dari hasil pengujian akan dihasilkan data untuk yang selanjutnya dilakukan analisis data untuk mendapatkan nilai kepadatan pada Laboratorium dan nilai *Density embankment* pada pengujian *Trial Embankment* yang di lakukan di lapangan.

### 3.4.5 Rancangan penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode analisis bahan penelitian dengan mencoba melakukan pengujian terhadap beberapa sampel bahan uji untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan awal. bendungan urugan pada Bendungan Meninting sebagai akibat dari hasil penelitian. Penelitian yang akan dilakukan lebih difokuskan pada pengujian sifat fisik tanah dan agregat halus dan kasar yaitu. H. Kadar air, berat jenis, berat jenis, batas cair, batas plastis, analisis saringan dan berat jenis tanah menurut AASHTO (American Association of State Highway) dan ASTM (*American Society for Testing Material*). Untuk pengujian agregat yaitu gradasi agregat, kadar lumpur agregat, dan berat jenis agregat. Untuk pengujian batuan besar dengan volume kurang lebih dari 1 m<sup>3</sup> di lakukan di lapangan

### 3.4.6 Jenis pengujian

Penelitian ini yang dilakukan untuk memperoleh data yang digunakan sebagai perhitungan analisa kelayakan fisik material bendungan, antara lain :

- Pengujian Tanah :

1. Uji kadar air

Tujuan dari pengujian kadar air adalah untuk mengetahui kadar air pada tanah asli atau sampel.

2. Uji berat volume

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan berat isi tanah yang merupakan perbandingan antara berat tanah basah dan juga kering dengan volumenya dalam satuan  $\text{gr/cm}^3$ .

### 3. Uji berat jenis

Tujuan percobaan ini adalah untuk mencari nilai acuan antara berat isi tanah dan berat satuan dengan berat isi air suling pada saat temperatur dan volume yang sama.

### 4. Uji batas atterberg

#### a. Batas Plastis

Tujuannya untuk mencari batas kadar air terendah pada saat tanah masih dalam keadaan plastis.

#### b. Batas cair

Dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah pada saat sifat-sifat tanah di perbatasan mulai plastis dari keadaan cair.

### 5. Analisa saringan dan hydrometer

Analisis saringan adalah pengujian untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah dengan menggunakan hidrometer dan analisis saringan.

### 6. Pemadatan Standar Proctor

Uji pemadatan bertujuan untuk menentukan kadar air optimum atau kerapatan maksimum tanah, yang kemudian digunakan untuk melakukan pengujian. .

### 7. *Sandcone*

Pengujian *Sandcone* bertujuan untuk menentukan kepadatan tanah relatif lapangan atau nilai *density* tanah.

### • Pengujian Sifat fisik Agregat kasar maupun agregat halus :

#### 1. Kadar Lumpur Agregat halus

Tujuan pengujian kandungan lumpur pasir adalah untuk mengetahui persentase kandungan lumpur pada pasir sebagai bahan kebutuhan atau material konstruksi.

#### 2. Berat Jenis



Pengujian berat jenis agregat ini bertujuan untuk mengetahui pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui cara memeriksa berat jenis maupun SSD pasir dan batu (agregat kasar). Dan kondisi benda uji yang digunakan adalah pasir kering oven.

### 3. Gradasi agregat

Pengujian gradasi ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dari pada material yang di gunakan menggunakan ayakkan dengan menentukan persentase tertahan (%) dan persentase lolos (%) material.

## 3.4.7. Metode Pengujian :

### 3.4.7.1 Uji kadar air

Pengujian kadar air dapat dilihat pada peraturan SNI 1965:2008 Uji kadar air bertujuan untuk mengetahui persentase kadar air tanah asli atau benda uji. Penerapan:

1. Bersihkan dan keringkan cawan kosong, lalu timbang hingga mendekati 0,01.
2. Siapkan sampel tanah uji, lalu masukkan tanah basah ke dalam wadah timbang kosong.
3. Sampel tanah yang lembab kemudian dimasukkan ke dalam oven pengering dengan suhu  $1100^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$  selama 16-24 jam. Kemudian gunakan tutup cangkir untuk menempelkan penanda pada setiap benda uji.
4. Kemudian keluarkan cangkir dan benda uji dari oven. Kemudian biarkan dingin di luar dan timbang lagi untuk menentukan berat kering tanah.

### 3.4.7.2 Uji berat volume

Uji Berat Volume tanah atau SNI 03-3637-1994 atau dikenal juga dengan berat isi tanah. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat isi tanah, yaitu perbandingan berat tanah basah dan kering terhadap volumenya dalam satuan  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Penerapan:

1. Siapkan jenis tanah asli yang sebelumnya dan masukkan pada lubang tabung.
2. Kemudian keluarkan sampel tanah dari tabung.
3. Kemudian siapkan ban, lalu ukur volume ban dengan cara mencari diameter dalam dan tinggi ban dalam, lalu timbang berat ban yang akan digunakan.
4. Tempatkan benda uji/tanah dalam cetakan cincin dan ratakan kedua ujungnya.
5. Timbang berat cetakan dan ring, lalu ambil sampel untuk menguji kadar air tanah, lalu hitung kadar air tanah dalam sampel.
6. Kemudian menghitung berat tanah basah dan tanah kering.

#### 3.4.7.3 Uji berat jenis

Uji berat jenis dapat ditemukan dalam SNI 1964: 2008, pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai perbandingan antara berat tanah dan berat akuades pada suhu dan volume yang sama. Penerapan:

1. Keringkan benda uji dalam oven pengering dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$  selama 16-24 jam, kemudian siapkan piknometer, cuci dan keringkan dengan hati-hati, lalu timbang dengan timbangan dengan ketelitian 0,01.
2. Selanjutnya, masukkan benda uji/tanah ke dalam piknometer, kemudian timbang benda uji dan piknometer tersebut.
3. Tambahkan air suling ke piknometer sampai piknometer penuh dua pertiga.
4. Panaskan piknometer berisi air dan benda uji sampai semua udara di dalam benda uji keluar. Piknometer dapat dimiringkan kapan saja untuk mempercepat evakuasi udara dari piknometer.
5. Setelah semua udara dikeluarkan dari sampel atau semua gelembung udara dikeluarkan dari air, rendam piknometer

sampai suhunya tetap. Tambahkan air suling sampai penuh, keringkan bagian luarnya dan timbang kembali.

6. Kosongkan dan bersihkan piknometer, tuangkan air suling ke dalam piknometer, keringkan bagian luarnya dan timbang.

#### 3.4.7.4 Uji batas *atterberg*

Tes Batas Atterberg terdiri dari tiga pengujian, antara lain:

- Batas Plastis

Tersedia dalam SNI 1966: 2008 Tujuannya adalah mencari batas kadar air terendah pada saat tanah masih dalam keadaan plastis.

Penerapan:

1. Ambil 20 gram tanah kering sebagai benda uji dari tanah yang lolos saringan No. 40 (0,425 mm), tempatkan tanah kering dalam mangkuk atau cangkir porselen dan campur dengan air suling hingga cukup lunak untuk dibentuk.
2. Selanjutnya, gunakan telapak tangan atau jari Anda untuk mencetak benda uji ke pelat kaca, berikan tekanan yang cukup untuk membentuk benda uji berdiameter 3 mm. Retakan muncul.
3. Kumpulkan potongan cetakan dari lantai, masukkan ke dalam cangkir porselen, lalu timbang.
4. Kemudian periksa kandungan airnya dengan cangkir dan masukkan ke dalam oven.

- Batas cair

terdapat dalam SNI 1967: 2008 digunakan untuk menentukan kadar air tanah pada saat sifat tanah bervariasi pada batas cair sampai plastis. Pelaksanaan :

1. Siapkan 100 gram tanah panggang atau tanah kering dengan bahan yang lolos saringan #40 (0,425 mm).
2. Masukkan benda uji ke dalam campuran, lalu tambahkan air suling atau air mineral dan aduk hingga rata.

3. Selanjutnya, letakkan benda uji di mangkuk Cassagrande.
4. Kemudian ratakan lantai dengan sekop sehingga ketebalan maksimal 10 mm.
5. Kemudian bagi lantai menjadi dua bagian dengan menggunakan lekukan lengkung di tengahnya.
6. Kemudian putar engkol F dengan kecepatan sekitar dua putaran per detik hingga kedua sisi potongan sampel menyentuh bagian bawah cangkir 13mm. Kemudian catat jumlah pukulan yang diperlukan untuk bergabung dengan lantai.
7. Tempatkan potongan tanah di dalam cawan, uji kadar airnya dan catat hasilnya.
8. Setelah itu, pengujian harus diulang minimal dua pengujian lagi, dengan menambahkan air secukupnya dari benda uji, hingga kondisi tanah menjadi lebih lunak berdasarkan jumlah pukulan. Kisaran paku adalah 25-35, 20 -35. 30, 15 sampai 25 ketukan, jadi luasnya adalah tiga, peraturan ini sekitar 10 ketukan.

#### 3.4.7.5 Analisa saringan dan hidrometer

Analisis saringan adalah pengujian untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah dengan menggunakan hidrometer dan analisis saringan. Tersedia dalam SNI 3423: 2008 tentang “Pengujian Analisis Ukuran Butiran Tanah”.

Pelaksanaan :

1. Siapkan sekitar 100 gram atau 50 gram tanah kering sebagai benda uji, masukkan ke dalam gelas kaca 250ml, lalu campurkan benda uji dan pengurai yang dipilih.
2. Kemudian siapkan bahan pengurai (gelas air) dan air suling dengan mencampurkan gelas air 5ml dengan air suling 150ml.
3. Campur benda uji dengan penghancur yang sudah disiapkan, lalu campur toples hingga halus dan biarkan selama 12 jam.

4. Setelah dispersi, pindahkan campuran fase ke dalam tabung gelas ukur lalu tambahkan air hingga volumenya mencapai 1000mL.
5. Kemudian tutup rapat lubang tabung (bisa menggunakan tabung plastik atau plastik).
6. Tempatkan tabung yang berisi campuran, lalu catat waktu setelah tabung tercampur. Masukkan hidrometer ke dalam tabung dan biarkan hidrometer mengambang bebas.
7. Kemudian membaca angka pada skala hidrometer setiap 120 detik yaitu setiap 30 detik, 60 detik dan 120 detik. Pembacaan hidrometer diukur dari ujung permukaan berongga (meniskus) pipa. Setelah pembacaan 120 detik, lepaskan hidrometer dan bilas dengan air suling.
8. Untuk setiap pembacaan hidrometer, lepaskan hidrometer dari tabung dan, setelah diangkat, rendam dalam air bersih dengan gerakan memutar. Sekitar 25 atau 30 detik sebelum pembacaan, hidrometer diambil dari tangki air bersih kemudian dicelupkan perlahan ke dalam tabung.
9. Setelah pengukuran akhir selesai, tuangkan campuran ke dalam saringan No. 200 dan cuci dengan air mengalir sampai airnya jernih, lalu keringkan dalam oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
10. Tanah kering tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm). Jumlah dan distribusi partikel ditentukan dengan menggunakan saringan 40 mesh (0,425 mm) sampai 200 mesh (0,075 mm).

#### 3.4.7.6 Pematatan *standart* Proctor

Pengujian pematatan tanah yang dilakukan di laboratorium berpedoman pada standar SNI 1742-2008, yaitu menggunakan pengujian :

a. Standar Proctor dengan ketentuan sebagai berikut:

Diameter *mould* : 101,60 mm

Tinggi *mould* : 6,5 cm

Berat <i>hammer</i>	: 2,495 kg
Tinggi jatuh	: 305 mm ± 2 mm
Jumlah lapis	: 3 lapis
Jumlah tumbukan	: 25 tumbukan/lapis
Volume tanah	: 943 cm <sup>3</sup>
Jumlah lapis	: 5 lapis
Jumlah tumbukan	: 25 tumbukan/lapis
Volume tanah	: 943 cm <sup>3</sup>

1. Jika contoh tanah yang akan diuji untuk uji pemadatan masih basah, angin-anginkan tanah tersebut atau gunakan mesin pengering dengan suhu maksimum 600 °C. Pengeringan terjadi cukup agar massa bumi mudah terurai menjadi partikel tanah.
2. Butiran diperoleh dengan filter #4. Butir besar yang tergantung di saringan dibuang.
3. Bagian yang melewati saringan digunakan sebagai benda uji dan benda uji yang sesuai.
4. Campurkan air secukupnya secara merata ke dalam tanah sehingga ketinggian air yang diukur pada titik uji pertama sekitar 6% di bawah ketinggian air optimum.
5. Setelah tanah tercampur rata dengan air, simpan di tempat tertutup minimal 12 jam sebelum dipadatkan.
6. Siapkan 5 buah sampel masing-masing seberat minimal 2 kg, dan campurkan secara merata agar kadar air yang dihasilkan bervariasi. Sekitar 1-3 di antaranya disimpan dalam wadah tertutup dengan kantong plastik.
7. Bersihkan silinder penyegel yang akan digunakan, timbang dan catat sebagai berat  $W_1 \pm 5$  gram.
8. Pasang dan pasang pelat atas dan sambungkan silinder. Selama pelaksanaan tabrakan.

9. Silinder harus diletakkan di tempat yang stabil (tidak boleh berdiri di atas tanah atau lantai yang bergetar, jika tidak kinerja yang diperoleh akan menurun).
10. Setiap lapisan dipukul secara merata di seluruh area dengan jumlah pukulan tertentu.
11. Lepas silinder (silinder atas) dan gunakan pisau/trowel untuk memotong bagian bawah sehingga bagian bawah rata dengan bagian atas silinder. Lepas pelat dasar, kemudian timbang silinder di lantai dan catat beratnya  $W_2$ .
12. Keluarkan tanah padat dari silinder, belah ambil dari bagian atas, tengah dan bawah untuk memeriksa kadar air. Berat  $W_3$  kemudian ditimbang dan dicatat.
13. Pekerjaan ini dilakukan sebanyak enam kali, sehingga diperoleh enam kurva, yaitu tiga kurva kadar air di bawah kadar air optimum dan tiga kurva kadar air di atas kadar air optimum untuk mendapatkan kepadatan tanah yang maksimal.

#### 3.4.4.7. Uji *Sandcone*

Pengujian *Sandcone* bertujuan untuk menentukan berat volume kering tanah dan kepadatan tanah relatif lapangan atau nilai *density* tanah.

Pelaksanaan :

1. Isi pasir ke dalam corong kerucut pengujian hingga terisi penuh.
2. Selanjutnya timbang botol yang sudah terisi penuh dengan menggunakan timbangan kapasitas 20 kg.
3. Memasang plat pembatas di lokasi yang akan di uji kepadatan.
4. Menggali menggunakan alat bantu palu dan pahat lebih kurang 10-15 cm.
5. Hasil galian atau sampel di ambil dan di kumpulkan dan letakkan dalam tas plastik.

6. Timbang sampel hasil galian menggunakan timbangan kapasitas 20 kg.
7. Masukkan botol uji kedalam lubang yang telah di gali dengan posisi corong di bawah dan buka keran corong kerucut dan biarkan pasir di dalam corong terisi penuh ke dalam lubang.
8. Sesudah lubang terisi penuh tutup keran kemudiam botol uji di timbang
9. Tutup kembali bekas galian dengan agregat yang sudah di timbang sebelumnya

#### 3.4.7.8 Gradasi

Gradasi Bertujuan untuk menentukan ukuran butiran dari tanah pasir dan kerikil dengan menggunakan serangkaian ayakan pada ukuran-ukuran tertentu sesuai pengujia gradasi material

Pelaksanaan :

1. Siapkan cawan penampung agregat yang sudah di keringkan terlebih dahulu.
2. Gradasi agregat kasar maupun halus dengan ayakan yang sudah di tentukan untuk gradasi material agregat kasar di mulai dari ayakan terbesar 152,4 mm sampai ayakkan 0,075 mm untuk material agregat halus di mulai dari ayakkan terbesar 50,8 mm sampai ayakkan terkecil 0,075 mm sesuai standar ASTM.
3. Ayak material hingga mendapatkan berat tertahan pada ayakkan dan hitung persentase tertahan dan persentase lolos

#### 3.4.7.8 Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat halus dan kasar yang dilakukan di laboratorium berpedoman pada standar SNI 03-4428-1997, yaitu Kandungan lumpur dalam agregat halus dibatasi yaitu tidak boleh lebih dari 5%, SK SNI S-04-1989 kandungan lumpur untuk agregat



kasar di batasi maksimal 1%. Tata cara pelaksanaan pengujian kadar lumpur agregat berpedoman pada SNI 03-4142-1996.

Pelaksanaan :

1. Siapkan timbangan dengan kapasitas 25 kg dan ketelitian 1 gram.
2. Siapkan cawan ukuran sedang untuk merendam material
3. Cuci material hingga air pada cawan pencucian kelihatan jernih untuk mendapat nilai berat material setelah di cuci
4. Keringkan sampel pada temperature  $\pm 110^0$  C sehingga beratnya konstan, dinginkan dan kemudian di timbang.
5. Kadar lumpur di dapat dari hasil selisih nilai berat material awal sebelum pencucian dan setelah material di cuci.

#### 3.4.7.9 Berat Jenis

- Agregat Halus

Uji berat jenis filter halus yang di lakukan di laboratorium berpedoman dengan standar SNI: SNI 1970:2016 Cara pengujian berat jenis, SNI 03-1970-1990 Persyaratan penyerapan Maks 3% , SK- SNI T- 15- 1990-03 Berat Jenis Kondisi Kering :  $1,6 \text{ gr/cm}^3$ - $3,2 \text{ gr/cm}^3$ . SK-SNI- T-15-1990-03 Berat jenis kondisi SSD :  $1,6 \text{ gr/cm}^3$ - $3,2 \text{ gr/cm}^3$ .

Pelaksanaan :

1. Siapkan piknometer 500 ml untuk persiapan pengujian berat jenis.
2. Siapkan material filter untuk pengujian berat jenis, kering dan berat jenis permukaan atau SSD. Timbang material , timbang piknomter di tambah air sampai batas kalibrasi.
3. Untuk material dengan kondisi SSD di uji dengan corong kerucut, untuk mengetahui kondisi SSD kondisi tidak terlalu basah dan tidak terlalu kering
4. Apabila material sudah siap untuk di uji. Masukkan material ke dalam piknometer 500 ml untuk pengujian berat jenis.

5. Kocok material yg sudah di beri air penambah hingga pori-pori di dalam piknometer tidak ada pori-pori udara di dalam piknometer.
6. Timbang material dalam piknometer dan air dalam piknometer.
7. Hitung berat jenis agregat halus yg kita uji.

- Berat Jenis Agregat Kasar

Sebelum diuji, terlebih dahulu benda uji agregat telah melalui proses pengambilan dan penyiapan benda uji sesuai SNI 03-6889-2002 dan SNI 13-7617-2002. Adapun pelaksanaan Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar ini mengacu pada SNI 1969:2016.

Pelaksanaan :

1. Siapkan cawan berukuran besar untuk mencuci agregat kasar dari agregat halus.
2. Rendam material selama 15-19 jam.
3. Siapkan lap untuk mengeringkan agregat kasar guna mendapat berat SSD atau berat kering permukaan dan menimbang berat SSD.
4. Material yang udah di timbang berat SSD nya kemudian di masukkan kedalam keranjang berisi air kemudian hitung berat material dan cek suhu danpermukaa air yang stabil.
5. Material yang sama di oven guna mendapatkan berat kering oven.
6. Hitung berat jenis agregat kasar yang kita uji.

- Pengujian Batuan lebih dari  $1 \text{ m}^3$  :

#### 3.4.7.10 *Opname Boulder* batu

Pengujian *opname boulder* ini di lakukan penyeleksian batuan yang volumenya  $\geq 1 \text{ m}^3$  yang di mana material tersebut di gunakan untuk material penahan tanah di sisi hulu bendungan.

Pelaksanaan :

1. Siapkan pilox guna sebagai penanda material yang lolos seleksi
2. Siapkan meteran untuk menghitung volume batu
3. Penanda yang lolos di beri penomoran ang
4. ka hingga kurang lebih 100 material lolos seleksi dan beri tanda X sebagai penanda material yang tidak lolos seleksi
5. Hasil *Opname Boulder* batu kemudian di angkat menggunakan alat berat *Excavator* dan di angkut oleh *dump truck*.

#### 3.4.7.11 *Trial Embankment*

##### A. Persiapan Pelaksanaan Pekerjaan

Sebelum pelaksanaan timbunan perlu adanya di lakukan tes material bahan timbun di laboratorium yaitu uji fisik dan mekanis tanah sebagai pelaksanaan dan pedoman di lapangan Adapun pengujian material antara lain:

- *Natural Water Content*
- *Compaction Standard*
- *Grain Size Analisis*
- *Specific Gravity*

##### B. Pelaksanaan di Lapangan

Setelah melakukan pengujian sifat fisik dan mekanis tanah inti selanjutnya diadakan *trial embankment* guna menentukan peningkatan nilai *Density* > 95% (SNI 03-2828-1992). Untuk mengetahui nilai *Density* tersebut maka di lakukan *trial embankment* dengan metode *sandcone* pada tiap *layer trial Embankment* Pada trial timbunan inti dilakukan sebanyak 3 layer berturut-turut dengan tinggi hamparan material setebal 30 cm, kemudian di rapikan menggunakan *Bulldozer* dan di padatkan menggunakan *Sheep Foot roller* kapasitas >110 kN dengan getaran.

Secara umum, pekerjaan untuk percobaan pemadatan *trial Embankment* harus di perhatikan beberapa hal:

1. *Setting Out* (Pengukuran dan Pematokan)

*Setting Out* yaitu menentukan batas dan patok untuk percobaan penghamparan.

2. Persiapan Area Percobaan

Permukaan lapisan *subgrade* dibersihkan dari material yang tidak diperlukan.

3. Penghamparan Lapisan 1 layer, 2 layer dan 3 layer

Material Akan dihampar dan dipadatkan dengan alat yang akan di pakai *Sheep Foot Roller*.

