

SKRIPSI

**PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG
DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GYPSUM
(Studi Kasus Di Kawasan Mandalika Kabupaten Lombok Tengah)**

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



DISUSUN OLEH :

NIA CAMELIA

2019D1B095

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

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI
PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG
DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GYPSUM
(Studi Kasus Di Kawasan Mandalika Kabupaten Lombok Tengah)

Disusun Oleh :

NIA CAMELIA
2019D1B095

MATARAM, 06 JULI 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II

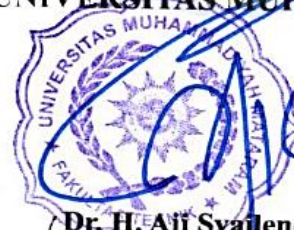


Anwar Efendy, ST., MT
NIDN. 0811079502

Mengatahui,

Dekan FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM




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

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI
PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG
DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GYPSUM
(Studi Kasus Di Kawasan Mandalika Kabupaten Lombok Tengah)


Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NIA CAMELIA
2019D1B095

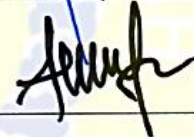
Telah Dipresentasikan Di depan Tim Penguji
Pada Hari Jumat, 28 Juli 2023
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat

Susunan Tim Penguji

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



2. Penguji II : Anwar Efendy, ST., MT.



3. Penguji III : Adryan Fitrayudha, ST. MT.



Mengatahui,

Dekan FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



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 :

“PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GYPSUM (Studi Kasus Di Kawasan Mandalika Kabupaten Lombok Tengah)

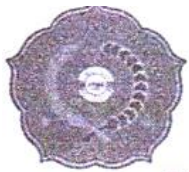
Benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam tugas akhir/skripsi ini disebut dalam 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, 05 Juli 2023
Yang Membuat Pernyataan



Nia Camelia
2019D1B095



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

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME

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

Nama : NIA CAMELIA
NIM : 2019D1B095
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 15 APRIL 2000
Program Studi : TEKNIK
Fakultas : TEKNIK SIPIL
No. Hp : 0877 3461 4941
Email : nia.camelia2000@gmail.com

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

PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI
DENGAN LIMBAH GYPSUM (Studi Kasus Di Kawasan
Mandalika Kabupaten Lombok Tengah)

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

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

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

Mataram, 01/11/.....2023

Penulis



Nia Camelia
NIM. 2019D1B095

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

*pilih salah satu yang sesuai



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

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

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : NIA. CAMELIA.....
NIM : 2019D1B095.....
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 15 APRIL 2000.....
Program Studi : TEKNIK.....
Fakultas : TEKNIK SIPIL.....
No. Hp/Email : 0877 3461 4941 / niacamelia2000@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:

PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI
DENGAN LUBAN GYPSUM (Studi kasus di kawasan
Mardalita kabupaten Lombok Tengah)

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, 01 November 2023

Penulis



Nia Camelia.....
NIM. 2019D1B095

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

HALAMAN MOTTO

“Lebih baik terlambat, dari pada tidak dikerjakan sama sekali”
(Nia Camelia,2023)

“Semua makhluk hidup hebat dalam satu hal, tapi tidak dalam segala hal”
(Spongebob Squarepants)

“Play hard, study hard, istira hard”
(Stecy Linson)

“Trust yourself, trust your power”
(Doctor Strange)



UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dukungan secara ilmiah maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah Subhanhuwa Ta'ala yang telah memberi rahmat serta ridhonya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi.
2. Ayah dan Ibu yang penulis cintai, penulis ucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya dan terima kasih atas doa dan dukungannya sehingga penulis tidak menyerah dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Drs. Abdul Wahab, M.A. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. H. Aji Syailendra Abdullah, ST., M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
5. Adryan Fitrayudha, ST., MT. sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram
6. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan masukan ilmu, waktu serta memberikan pengarahan pada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
7. Anwar Efendy, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan memberikan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Orang tua tercinta, Bapak Sigit Kurniawan dan Ibu Sapniati terimakasih tak terhingga karena selalu setia mendukung dan memberikan kepercayaan kepada penulis.
9. Kakak-kakak dan adik-adik tersayang Lutvia Setyaning Rahayu, ST. Dominik Dwi Satya, ST. Swatni, Dony Gunawan, Syarik yang selalu setia mendampingi dan memberikan semangat pada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan Rina Juniarti, Novi Suryadita Rahmadani, Yayi Anggraini Safitri, Nur Alivia Annisa Rizki, Rivaldi Umar, Mukhta Riqi Sab'it Tibaq, Nida Ulyani beserta teman-teman Lab yang tidak bisa penulis sebut semuanya, saya ucapkan terima kasih sudah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan. Aamiin.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji syukur kehadiran Allah SWT. atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, akhirnya penyusunan skripsi ini dapat berjalan lancar dan terselesaikan tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik untuk memenuhi derajat strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Adapun judul skripsi ini adalah “PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH GYPSUM (Studi Kasus Di Kawasan Mandalika Kabupaten Lombok Tengah)”.

Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan ucapan terima kasih atas terselesaikannyatugas akhir ini kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, MA, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra Abdullah, ST., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adrian Fitrayuda, ST., MT, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, selaku dosen pembimbing utama.
5. Anwar Efendy, ST., MT. selaku dosen pembimbing pendamping.
6. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram yang telah ikut memberikan bimbingan dan bantuan.
7. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dorongan moral dan materi.
8. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Sebagai manusia biasa, penyusun sadar bahwa masih banyak kekurangan pada laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun diharapkan dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Dan semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi saya pribadi dan kita semua (pembaca) pada umumnya.

Mataram, 05 Juli 2023

Penyusun



INTISARI

Pembangunan infrastruktur seperti jalan Bypass BIL - Mandalika dibangun di atas permukaan tanah lempung yang mempunyai karakteristik tanah yang keras dalam kondisi kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Maka dari itu perlu adanya stabilisasi untuk memperbaiki sifat tanah lempung. Dalam penelitian ini tanah lempung distabilisasikan dengan menggunakan limbah plafond gypsum, karena gypsum mengandung mineral yang sangat tinggi dan mengandung kalsium yang dapat mengurangi retak pada tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai penurunan konsolidasi tanah lempung yang distabilisasi dengan limbah plafond gypsum. Kandungan kimiawi berupa kalsium pada gypsum dapat bereaksi dengan mineral pada tanah lempung. Penelitian yang dilakukan berupa pengujian sifat fisik dan mekanik. Pada pengujian sifat fisik tanah diantaranya pengujian pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas-batas Atterberg (batas cair, batas plastis dan indeks plastis), analisa saringan dan hydrometer, dan pengujian sifat mekanik berupa pengujian pemadatan dan konsolidasi. Penelitian ini menggunakan 3 variasi campuran gypsum yaitu, 5%, 10% dan 15%.

Dari hasil penelitian ini diperoleh, tanah yang distabilisasi dengan limbah plafond gypsum mampu menstabilisasi tanah lempung, bahwa tanah lempung termasuk dalam klasifikasi AASHTO termasuk kelompok A-7-6 yaitu tanah berbutir halus >35% lolos saringan 200. Hasil indeks pemampatan (C_c) tanah asli sebesar 0,31 setelah dicampur dengan limbah gypsum pada persentase 15%, nilai indeks pemampatan (C_c) menurun, dengan nilai 0,0335. Pada tanah asli dengan tekanan 0,05 Kg/m^2 nilai C_v sebesar 1,21 cm^2/dtk , pada saat penambahan 15% gypsum dengan tekanan 0,05 Kg/m^2 menjadi semakin besar dengan nilai C_v 1,538 cm^2/dtk . Hasil penurunan konsolidasi (S_c) tanah asli sebesar 1,458 cm dan setelah dicampur dengan limbah gypsum pada persentase 15% nilai S_c menurun, dengan nilai 0,047 cm.

Kata kunci: Stabilisasi, tanah lempung, gypsum, konsoli

ABSTRACT

Infrastructure development, such as the BIL-Mandalika Bypass road, is constructed on the surface of clay soil, which has hard soil characteristics in dry conditions and becomes plastic at moderate moisture levels. Therefore, it is necessary to stabilize the soil to improve the properties of the clay soil. In this study, clay soil was stabilized using gypsum ceiling waste, as gypsum contains high mineral content and calcium, which can reduce cracks in the soil. This research aims to determine the consolidation settlement value of clay soil stabilized with gypsum ceiling waste. The chemical content, such as calcium in gypsum, can react with the minerals in the clay soil. The research conducted physical and mechanical property tests. The physical property tests included water content, unit weight, density, Atterberg limits (liquid limit, plastic limit, and plasticity index), sieve and hydrometer analysis, while the mechanical property tests involved compaction and consolidation tests. This study used three variations of gypsum mixtures: 5%, 10%, and 15%. The results of this research indicate that clay soil stabilized with gypsum ceiling waste is able to stabilize the clay soil, which belongs to the AASHTO classification, including group A-7-6, namely fine-grained soil with $>35\%$ passing through a 200 sieve. The compression index (C_c) of the original soil was 0.31, which decreased to 0.0335 after mixing with 15% gypsum. The coefficient of volume compressibility (C_v) of the original soil at 0.05 Kg/m^2 was $1.21 \text{ cm}^2/\text{sec}$, while after adding 15% gypsum at 0.05 Kg/m^2 , it increased to $1.538 \text{ cm}^2/\text{sec}$. The consolidation settlement (S_c) of the original soil was 1.458 cm, which decreased to 0.047 cm after mixing with 15% gypsum.

Keywords: Stabilization, Clay Soil, Gypsum, Consolidation.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLI
MATARAM _____

KEPALA
UPT P3B



Hasmaira, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
KATA PENGANTAR	ix
INTISARI	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Masalah	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Klasifikasi Tanah.....	9
2.2.2 Tanah Lempung.....	14
2.2.3 Gypsum.....	14
2.2.4 Stabilisasi Tanah.....	15
2.2.5 Jalan Raya.....	16
2.2.6 Sifat Fisik Tanah	21

2.2.7 Sifat Mekanik Tanah.....	25
2.2.8 Indeks Pemampatan (Cc).....	29
2.2.9 Koefisien Konsolidasi (Cv).....	30
2.2.10 Penurunan Konsolidasi (Sc).....	30
2.2.11 Metode Kecocokan Log = Waktu (<i>Long = Time Fitting Method</i>).....	31
2.2.12 Metode Akar Waktu (<i>Square Root of Time Methode</i> (Taylor, 1948).....	33
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian.....	35
3.2 Persiapan Penelitian.....	35
3.2.1. Studi Pustaka.....	35
3.2.2. Pengambilan Sampel.....	36
3.2.3. Bahan dan Alat Penelitian.....	36
3.3 Metode Analisis.....	44
3.3.1. Pengumpulan Data.....	44
3.3.2. Analisis Data.....	45
3.3.3. Rancangan Penelitian.....	47
3.3.4. Jenis Pengujian.....	47
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	61
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah.....	63
4.1.1. Kadar Air Tanah.....	63
4.1.2. Berat Jenis Tanah.....	63
4.1.3. Berat Volume Tanah.....	64
4.1.4. Analisa Saringan dan Hidrometer.....	65
4.1.5. Batas <i>Atterbeg</i> Tanah Asli dan Campuran Gypsum.....	66
4.1.6. Pemadatan Tanah Asli dan Campuran Gypsum.....	74
4.1.7. Kondisi Tanah Asli dan Campuran Gypsum.....	79
4.1.8. Nilai Indeks Pemampatan (Cc).....	88
4.1.9. Nilai Penurunan Konsolidasi (Sc).....	89
4.2. Pembahasan Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah.....	90
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	95
5.2. Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Menggunakan Sistem AASHTO	12
Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Menggunakan Sistem USCS	13
Tabel 3.1. Pengujian Sifat Fisik.....	46
Tabel 3.2. Pengujian Batas <i>Atterbeg</i>	46
Tabel 3.3. Pengujian Pemadatan Tanah Asli dan Variasi	46
Tabel 3.4. Pengujian Konsolidasi Tanah Asli dan Variasi	47
Tabel 3.5. Berat Minimum Benda Kadar Uji Air	47
Tabel 4.1. Pengujian Kadar Air	62
Tabel 4.2. Pengujian Berat Jenis	64
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Berat Volume.....	64
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli	67
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli	67
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Indeks Plastis Tanah Asli.....	68
Tabel 4.7. Nilai Indeks Plastis	68
Tabel 4.8. Sampel Uji Batas <i>Atterbeg</i>	69
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 5% Gypsum	69
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 10% Gypsum	70
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 15% Gypsum	70
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli dan 5% Gypsum.....	71
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli dan 10% Gypsum.....	71
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli dan 15% Gypsum.....	72
Tabel 4.15. Data Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i> Tanah Asli dan Campuran.....	73
Tabel 4.16. Sampel Uji Pemadatan.....	75
Tabel 4.17. Sampel Uji Konsolidasi	81

Tabel 4.18. Rekapitulasi Hasil Perhitungan t_{90}	87
Tabel 4.19. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Cc.....	88
Tabel 4.20. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Sc	90

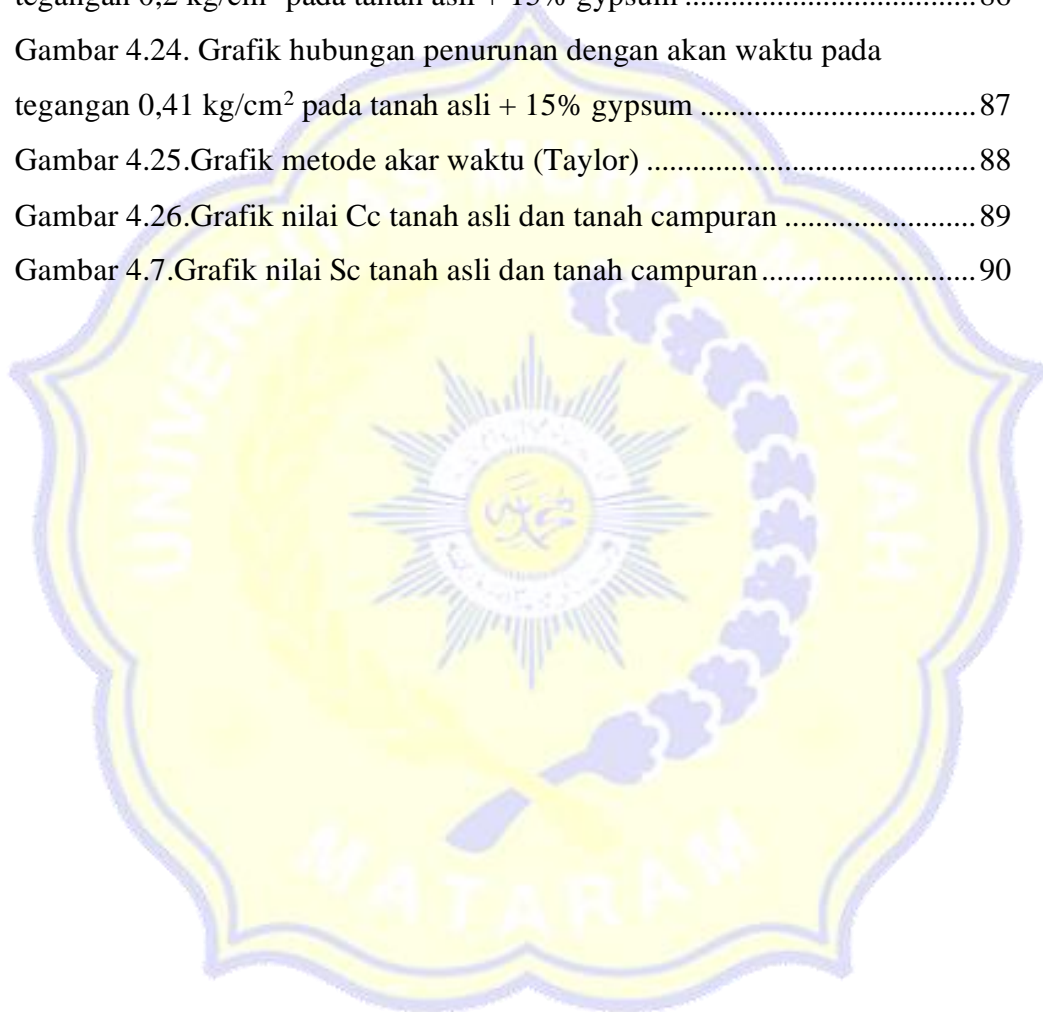


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur	17
Gambar 2.2	Susunan lapis konstruksi perkerasan kaku	19
Gambar 2.3	Alat uji konsolidasi	26
Gambar 2.4	Sifat khusus grafik hubungan ΔH terhadap $\log t$	27
Gambar 2.5	Sifat khusus grafik hubungan e - $\log p'$	27
Gambar 2.6	Frase Konsolidasi	28
Gambar 2.7	Indeks pemampatan C_c	29
Gambar 2.8	Metode kecocokan log-waktu (Casagrande, 1940)	33
Gambar 2.9	Metode akar waktu (Taylor, 1948)	33
Gambar 3.1.	Peta lokasi pengambilan sampel	35
Gambar 3.2.	Pengambilan sampel tanah lempung	36
Gambar 3.3.	Proses pengayakan limbah gypsum	37
Gambar 3.4.	Cawan	37
Gambar 3.5.	Saringan/ayakan	38
Gambar 3.6.	<i>Shave shaker</i>	38
Gambar 3.7.	Jangka sorong	39
Gambar 3.8.	Oven	39
Gambar 3.9.	Piknometer	40
Gambar 3.10.	Timbangan	40
Gambar 3.11.	Mangkuk	41
Gambar 3.12.	Pisau perata	41
Gambar 3.13.	Tabung ukur dan miniskus	42
Gambar 3.14.	Penumbuk	42
Gambar 3.15.	Cetakan atau <i>mold</i>	43
Gambar 3.16.	Alat cassagrande	43
Gambar 3.17.	Alat oedometer test	44
Gambar 3.18.	Penyusunan modul ke sel konsolidasi	60
Gambar 4.1.	Grafik hasil pengujian analisa saringan dan hydrometer	66
Gambar 4.2.	Grafik hasil pengujian batas <i>atterberg</i> tanah asli dan campuran	73

Gambar 4.3. Grafik hubungan kadar air dengan volume tanah kering.....	75
Gambar 4.4. Grafik hubungan kadar air dengan volume tanah kering.....	76
Gambar 4.5. Grafik hubungan kadar air dengan volume tanah kering.....	76
Gambar 4.6. Grafik hubungan kadar air dengan volume tanah kering.....	77
Gambar 4.7. Grafik hubungan antara berat volume kering dengan campuran limbah gypsum	77
Gambar 4.8. Grafik hubungan antara berat volume kering dengan campuran limbah gypsum	78
Gambar 4.9. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,05 kg/cm ² pada tanah asli.....	79
Gambar 4.10. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,1 kg/cm ² pada tanah asli.....	79
Gambar 4.11. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,2 kg/cm ² pada tanah asli.....	80
Gambar 4.12. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,4 kg/cm ² pada tanah asli.....	80
Gambar 4.13. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,05 kg/cm ² pada tanah asli + 5% gypsum	81
Gambar 4.14. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,1 kg/cm ² pada tanah asli + 5% gypsum.....	82
Gambar 4.15. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,2 kg/cm ² pada tanah asli + 5% gypsum.....	82
Gambar 4.16. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,41 kg/cm ² pada tanah asli + 5% gypsum	83
Gambar 4.17. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,05 kg/cm ² pada tanah asli + 10% gypsum	83
Gambar 4.18. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,1 kg/cm ² pada tanah asli + 10% gypsum	84
Gambar 4.19. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,2 kg/cm ² pada tanah asli + 10% gypsum	84
Gambar 4.20. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada	

tegangan 0,4 kg/cm ² pada tanah asli + 10% gypsum	85
Gambar 4.21. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,05 kg/cm ² pada tanah asli + 15% gypsum	85
Gambar 4.22. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,1 kg/cm ² pada tanah asli + 15% gypsum	86
Gambar 4.23. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,2 kg/cm ² pada tanah asli + 15% gypsum	86
Gambar 4.24. Grafik hubungan penurunan dengan akan waktu pada tegangan 0,41 kg/cm ² pada tanah asli + 15% gypsum	87
Gambar 4.25. Grafik metode akar waktu (Taylor)	88
Gambar 4.26. Grafik nilai Cc tanah asli dan tanah campuran	89
Gambar 4.7. Grafik nilai Sc tanah asli dan tanah campuran	90



DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi
2. Hasil perhitungan

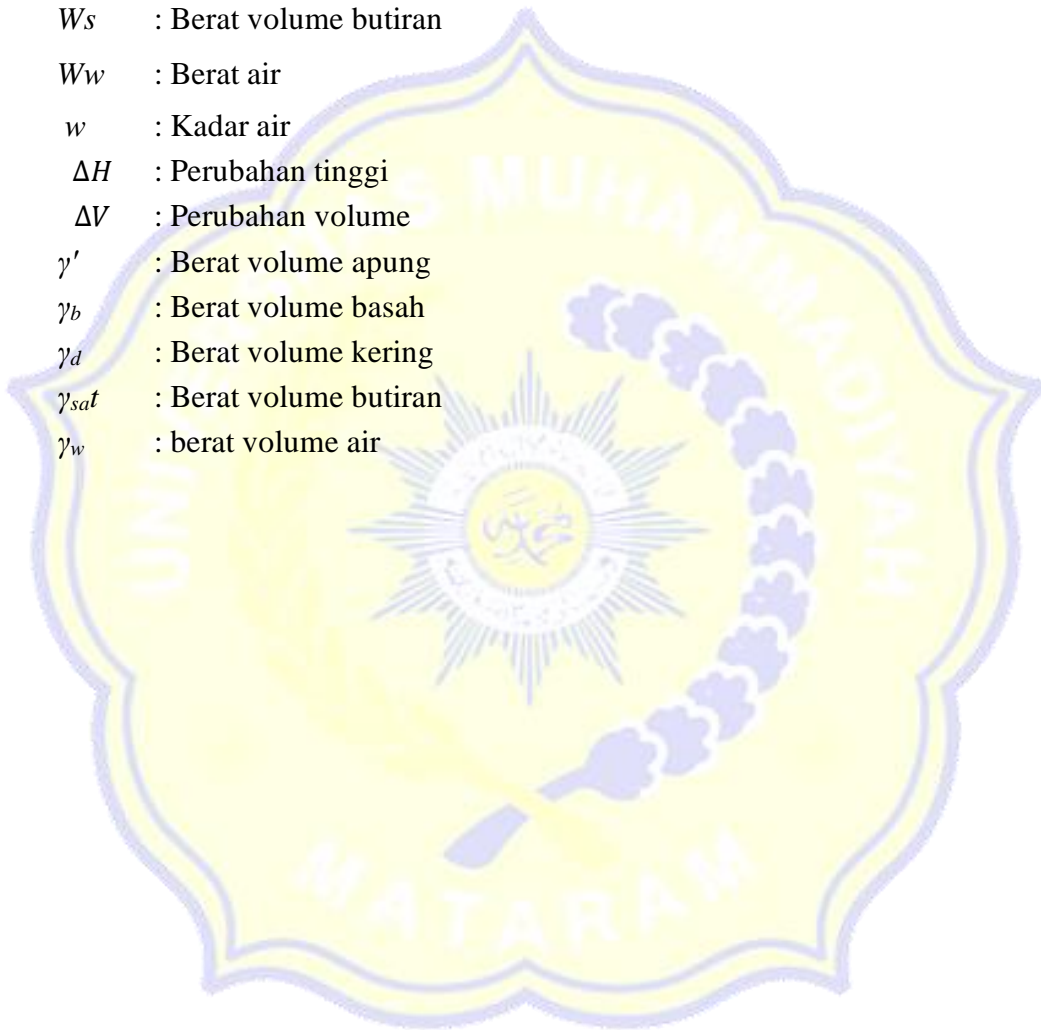


DAFTAR NOTASI



a	: Angka koreksi untuk hidrometer terhadap berat jenis
C	: Lempung (<i>clay</i>)
C_c	: Indeks pemampatan
CH	: Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi atau lempung gemuk
C_v	: Koefisien konsolidasi
D	: Ukuran butir terbesar
e	: Angka pori
e_o	: Volume pori awal
F	: Persen butiran lolos saringan No. 200 (0,075mm)
G	: Kerikil (<i>gravel</i>)
GI	: Indeks kelompok (<i>group Indeks</i>)
G_s	: Berat jenis tanah
H	: Tebal lapisan tanah
K	: Konstanta yang dipengaruhi temperatur dan berat jenis
L	: Kedalaman efektif
LL	: Batas cair (<i>liquid limit</i>)
M	: Lanau (<i>silt</i>)
O	: Lanau atau Lempung organik (<i>organic silt or clay</i>)
P	: Persentase berat
PI	: Indeks plastisitas (<i>indeks plasticity</i>)
PL	: Batas plastisitas (<i>plastic limit</i>)
P_o'	: Tekanan overburden efektif mula-mula sebelum dibebani
R	: Pembacaan hidrometer terkoreksi
S	: Pasir (<i>sand</i>)
Sc	: Penurunan konsolidasi
T	: Waktu saat pembacaan
T_s	: Berat volume butiran
T_w	: Berat volum air
V	: Volume
V_I	: Volume basah tanah
V_2	: Volume kering tanah

- V_a : Volume padat
 V_s : Volume butiran
 V_w : Volume air
 W : Berat benda uji
 W_{bi} : Berat tanah yang tertahan
 W_{ci} : Berat masing – masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan
 W_s : Berat volume butiran
 W_w : Berat air
 w : Kadar air
 ΔH : Perubahan tinggi
 ΔV : Perubahan volume
 γ' : Berat volume apung
 γ_b : Berat volume basah
 γ_d : Berat volume kering
 γ_{sat} : Berat volume butiran
 γ_w : berat volume air



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara kepulauan di Asia Tenggara yang dilintasi garis khatulistiwa dan berada di antara daratan benua Asia dan Oesania, serta berada di antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Negara dengan kepulauan terbesar di dunia yang memiliki jumlah penduduk ke-4 terbanyak di dunia (Utoyo & Sudarti, 2022). Dan tentu saja jumlah penduduk akan berpengaruh pada pembangunan infrastrukturnya. Sehingga pembangunan infrastruktur di Indonesia tergolong sangat cepat.

Di Kawasan Mandalika Kabupaten Lombok Tengah termasuk salah satu kawasan yang terkenal sangat indah karena didominasi oleh pantai, dataran rendah dan perbukitan yang bergelombang, maka tak heran pengembangan wisatanya cukup pesat. Hal ini bisa dilihat dari semakin banyaknya infrastruktur yang dibangun di kawasan tersebut seperti tempat wisata, hunian, tempat ibadah dan kawasan komersil lainnya. Salah satu contohnya seperti pembangunan Sirkuit Internasional Pertamina Mandalika. Dengan banyaknya tempat-tempat wisata yang dibangun maka Mandalik adalah Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) yang ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah (PP) nomor 52 tahun 2014 tentang KEK Mandalika.

Pembangunan infrastruktur seperti jalan Bypass BIL - Mandalika dibangun di atas permukaan tanah lempung yang banyak dijumpai karena berada di daerah persawahan yang jenis tanahnya berupa tanah lempung. Tanah dengan jenis lempung adalah tanah yang memiliki kekuatan dan kapasitas dukung yang tidak baik. Karena tanah lempung memiliki karakteristik yang keras dalam kondisi kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Contoh pembangunan jalan yang dibangun di atas tanah lempung, maka suatu saat jalan tersebut akan bergelombang dan mengalami retak-retak dikarenakan penurunan (*settlement*) pada tanah lempung tersebut.

Dikarnakan ada pembangunan infrastruktur dibangun di atas tanah lempung yang karakteristiknya sudah kita ketahui, maka pada penelitian ini perlu adanya

pengkajian stabilisasi tanah, guna untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang terjadi pada tanah lempung. Jikalau ada beban yang bekerja diharapkan dapat saling mengunci dengan rapat agar tidak terjadi penurunan (*settlement*).

Dalam penelitian ini tanah lempung distabilisasikan dengan menggunakan limbah gypsum, karena gypsum mengandung mineral yang sangat tinggi dan mengandung kalsium yang dapat mengurangi retak pada tanah dan ini sangat cocok untuk karakteristik tanah lempung yang kering (Dewi, Sutejo, Rahmadini dan Arfan, 2019).

Gypsum yang digunakan dalam penelitian ini ialah limbah gypsum yang merupakan hasil percetakan plafon yang sudah rusak. Maka dari itu dengan memanfaatkan limbah gypsum sebagai bahan tambahan untuk pengujian konsolidasi tanah untuk mengurangi dampak pencemaran bagi lingkungan sekitar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana klasifikasi tanah yang berada di jalan Bypass BIL – Mandalika setelah diuji sifat fisiknya?
2. Berapakah besar nilai pemampatan (C_c) nilai koefisien konsolidasi (C_v) dan nilai penurunan konsolidasi (S_c) pada tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan limbah gypsum?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui klasifikasi tanah lempung yang berada di Desa Sukadana dan seberapa besar nilai hasil pengujian fisik tanah asli.
2. Mengetahui seberapa besar nilai pemampatan (C_c). nilai koefisien konsolidasi (C_v) dan nilai penurunan konsolidasi (S_c) pada tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan limbah gypsum.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapat persentase penurunan konsolidasi tanah lempung yang dapat distabilisasi dengan limbah gypsum sehingga dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah. Dan bagi peneliti yang akan menganalisis penurunan konsolidasi, diharapkan penelitian ini bisa menjadi referensi untuk menambah wawasan yang luas.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah maka diperlukan batasan masalah untuk mencegah melebarnya lingkup pembahasan. Adapun batasan permasalahan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di dalam laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Sampel tanah lempung yang digunakan di ambil dari kawasan Mandalika dengan kedalaman minimal 30 cm.
3. Limbah gypsum yang digunakan adalah hasil percetakan plafon yang sudah rusak dan tidak bisa digunaka lagi.
4. Penelitian hanya berdasarkan pada sifat fisik dan mekanik tanah lempung.
5. Penelitian tidak menganalisa unsur kimia serta reaksinya terhadap tanah lempung asli dan tanah lempung yang dicampur dengan gypsum.
6. Perbandingan persentase untuk campuran berdasarkan berat kering tanah lempung dan berat kering limbah gypsum, dengan variasi campuran limbah gypsum 0%, 5%, 10%, dan 15%. (Dewi dkk, 2019)
7. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu:
 - a) Pengujian sifat fisik tanah, yang terdiri dari pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas-batas Atterberg (batas cair, batas plastis dan indeks plastis), analisa saringan dan hydrometer.
 - b) Pengujian sifat mekanik tanah, terdiri dari pengujian kepadatan tanah dan uji konsolidasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilandasi dengan penelitian-penelitian sebelumnya, baik jenis tanah yang digunakan maupun metode penelitian. Berikut dapat dilihat pada Tabel 2.1 ada beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
1.	Mujiwati Sri Endah (2017)	Tinjauan Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung Kecamatan Sukodono yang Distabilisasi dengan Garam Dapur (NaCl)	Uji sifat fisik meliputi uji kadar air, berat isi tanah, berat jenis tanah, batas atterberg, analisa saringan dan hidrometer. Sedangkan uji mekanik meliputi uji pemadatan standar dan uji konsolidasi.	Hasil uji konsolidasi menunjukkan bahwa semakin besar persentase penambahan NaCl nilai koefisien konsolidasi (Cv) semakin naik, sedangkan untuk nilai indeks pampatan (Cc) dan penurunan konsolidasi (Sc) semakin menurun. Nilai Cv tanah asli sebesar 0,0158 cm ² /dtk, nilai Cc sebesar 0,2961 dan nilai Sc sebesar 0,1183 cm. Nilai Cv tertinggi sebesar 0,0194 cm ² /dtk, nilai Cc terendah sebesar 0,2320 dan nilai Sc terendah 0,0917 cm didapatkan pada tanah campuran dengan persentase penambahan NaCl 20%.

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
				Hasil uji standard Proctor didapatkan nilai berat volume kering maksimum yang naik dan nilai kadar air optimum yang semakin menurun seiring dengan penambahan NaCl.
2.	Dewi, Sutejo, Rahmadini dan Arfan (2019)	Pengaruh Limbah Plafon Gypsum Terhadap Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Lempung Ekspansif	Pengujian indeks properties menurut standar ASTM seperti uji kadar air, berat jenis, konsistensi Atterberg, batas cair (LL), batas plastis (PL), analisa saringan. Pengujian konsolidasi, koefisien konsolidasi (Cv), indeks pemampatan (Cc)	Hasil dari klasifikasi tanah menurut AASHTO (American Association of State Highway and Transport Officials) yaitu sampel tanah asli termasuk ke dalam tanah berbutir halus > 35% lolos saringan 200 dengan tingkat penggunaan sebagai subgrade cukup sampai buruk. Hasil uji mineralogi di Laboratorium Kimia PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. Yang terdapat pada limbah plafon gipsium mengandung 88,54% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan 41,18% Sulfur Trioksida (SO_3). Nilai indeks pemampatan (Cc) tanah asli diperoleh sebesar 0,190. Setelah

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
				dicampur dengan limbah plafon gipsum pada persentase 15% kadar limbah plafon gipsum, nilai indeks pemampatan (Cc) sebesar 0,080. Pada tanah asli dengan tekanan 2,5 kN/m ² nilai koefisien konsolidasi (Cv) diperoleh sebesar 25,612 m ² /tahun dan pada penggunaan 15% limbah plafon gipsum dengan tekanan yang sama nilai Cv menjadi sebesar 43,469 m ² /tahun.
3.	Marliyanto (2018)	Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung di Desa Kemiri, Kec. Kebakkramat, Kab. Karanganyar yang Distabilisasi Campuran Gypsum dan Tras	Pada penelitian ini dilakukan stabilisasi menggunakan bahan stabilisasi gipsum dan tras. Ada 2 jenis pengujian yang dilakukan, yaitu uji sifat fisis dan sifat mekanis. Uji	Berdasarkan metode AASHTO, tanah asli dan tanah campuran termasuk kelompok A-7-6. Berdasarkan USCS, tanah asli dan tanah + gipsum 5% termasuk CH sedangkan tanah campuran termasuk CL. Pada uji kepadatan, nilai berat volume kering mengalami kenaikan sedangkan w.opt mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
			<p>sifat fisis meliputi uji kadar air, berat jenis, batas-batas Atteberg, dan analisa butiran tanah.</p> <p>Uji sifat mekanis meliputi uji kepadatan tanah dan konsolidasi</p>	<p>tras dan gipsum 5%. Hasil uji konsolidasi menunjukkan nilai C_v mengalami kenaikan seiring bertambahnya persentase tras dan 5 % gipsum sedangkan nilai C_c dan S_c mengalami penurunan.</p>
4.	Desy Islandy Neny (2022)	Stsbilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kapur Terhadap Penurunan Konsolidasi Pada Ruas Jalan Raya Wonogiri - Ponorogo	<p>Uji sifat fisis meliputi uji kadar air, uji berat jeni, uji batas atterberg (batas cair, batas plastis, batas susut), uji indeks plastisitas (uji analisa ukuran butiran tanah, nilai GI atau kelompok indeks, klasifikasi</p>	<p>Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis, semakin besar persentase campuran kapur maka nilai kadar air, berat jenis, batas cair, indeks plastisitas, dan lolos saringan No.200 mengalami penurunan dari nilai tanah asli. Hasil klasifikasi menuut ASSTHO tanah asli dan tanah campuran kapur masuk dalam kelompok A-7-6, yaitu tipe tanah berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar dari sedang</p>

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
			tanah). Uji sifat mekanis meliputi uji standard proctor, uji konsolidasi.	sampai dengan buruk apabila digunakan untuk bangunan dan lapis pondasi pekererasan jalan. Hasil uji konsolidasi menunjukkan bahwa nilai Cv mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya persentase kapur. Sedangkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai Cc dan Sc mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya persentase kapur.
5.	Tumurang (2022)	Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Semen Dan Gypsum Ditinjau Dari Nilai CBR	Uji sifat fisik meliputi uji properties (kadar air, berat jenis, berat volume), uji analisa granuler (analisis butiran dan analisis hydrometer), uji batas atterberg, uji	Hasil penelitian yang didapatkan menurut sistem klasifikasi tanah USCS tergolong kedalam kelompok CH, sedangkan menurut sistem klasifikasi AASHTO diketahui bahwa tanah tergolong kedalam kelompo A-7-5. Nilai CBR tanah asli unsoaked diperoleh sebesar 7,2% dan soaked sebesar 1,667%. Nilai CBR tertinggi dalam keadaan unsoaked yaitu

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
			pemadatan tanah dan pengujian CBR.	pada campuran semen 5% + gypsum 10% dengan waktu pemeraman 7 hari sebesar 31,750% dan persentase peningkatan dari tanah asli sebesar 340,972%. Sama halnya dengan unsoaked, nilai CBR tertinggi yang diperoleh dalam keadaan soaked yaitu pada variasi campuran semen 5% + gypsum 10% dengan pemeraman 7 hari dan perendaman 4 hari sebesar 26,873 %.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori adalah suatu rancangan yang ditulis untuk memperjelas suatu teori sebagai penelitian atau sebagai pemecahan masalah untuk suatu study khusus yang sedang dilakukan.

2.2.1 Klasifikasi Tanah

Pada dasarnya klasifikasi tanah menggunakan indeks pengujian yang sangat sederhana untuk mendapatkan karakteristik tanah. Karakteristik tersebut dipergunakan untuk mendapatkan kelompok klasifikasinya, yang didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari suatu analisa saringan serta indeks plastisnya (Hardiyatmo, 2012).

2.2.1.1 Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*) Sistem ini bertujuan menentukan kualitas tanah yang dipergunakan pada pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Di karena sistem ini ditunjukkan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka dalam penggunaan sistem ini proses pelaksanaannya harus dipertimbangkan terhadap maksud dan tujuan aslinya. Berdasarkan system klasifikasi ini, kelompok tanah dapat dibagi menjadi 7 bagian A-1 sampai dengan A-7. A-1, A-2 dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. tanah di mana lebih dari 35% butirannya tanah lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4. A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 disebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Berikut merupakan dasar system klasifikasi AASHTO:

A. Ukuran butir

- a) Kerikil (*gravel*) adalah bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm dan tertahan pada ayakan No.20 (2 mm).
- b) Pasir (*sand*) adalah fraksi tanah yang lolos ayakan No.10 (2 mm) dan yang tertahan ayakan No.200 (0,075 mm).
- c) Lanau dan lempung (*silt and clay*) adalah bagian yang lolos saringan No.200.

B. Plastisitas, plastis adalah kemampuan tanah penyesuaian diri dengan ukuran yang sama seperti volume konstan, tanpa adanya retakan-retakan. Jika tanah bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat. Untuk mendapatkan suatu tingkat keplastisan tanah, biasanya dilihat dari nilai indeks plastisitas, dimana indeks plastis didapat dari hasil pengurangan antara nilai batas cair dan batas plastis. Untuk jenis tanah berlanau, bagian-bagian butir halus mempunyai indeks plastis sebesar kurang dari 10. Dan jika tanah berlempung digunakan jika bagian-bagian butiran halus mempunyai indeks plastis sebesar lebih dari 11.

- C. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam sampel tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase tanah yang dikeluarkan harus dicatat.

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

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

dengan:

GI: Indeks kelompok (*group index*)

F : Persen yang lolos saringan No.200 (0,075 mm)

LL: Batas Cair

PI : Indeks plastisitas

1. Apabila $GI < 0$, maka *GI* dianggap = 0, sama ketika nilai *GI* menghasilkan nilai negatif, maka *GI* dianggap 0.
2. Nilai *GI* yang terhitung dari persamaan 2.1, dibulatkan ke angka yang terdekat, (contoh: $GI = 3,4$ dibulatkan menjadi 3,0; $GI = 3,5$ dibulatkan menjadi 4,0)
3. Untuk pengelompokan A-Ia, A-Ib, A-2-4, A-2-5, dan A-3 selalu nol.
4. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks kelompok yang dipergunakan, dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 berikut ini:

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

Dengan:

GI: Indeks kelompok (*group index*)

F: Persen butiran lolos saringan No.200 (0,075 mm)

PI: Indeks plastisitas

5. Tidak ada batasan atas nilai GI, (dalam tabel 2.2 untuk tanah berlempung A-7, GI maksimum 20)

Umumnya dasar sistem klasifikasi AASHTO dipergunakan mengklasifikasi tanah, untuk itu data dari uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.2 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai. (Das, 1995).

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah 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 A-7-5/A-7-6
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis Saringan (%lolos)											
2.00 mm (No.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.425 mm (No.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075 mm (No.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan No.40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang umum pada pokoknya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

(Sumber: Hardiatmo, 2019)

Thomas Telford (1757-1834) dari Skotlandia membangun jalan mirip dengan apa yang dilaksanakan *Tresaguet*. Konstruksi perkerasannya terdiri dari batu pecah berukuran 15/20 sampai 25/30 yang disusun tegak. Batu bata kecil yang diletakkan di atasnya untuk menutupi pori-pori yang ada dan memberikan permukaan yang rata. Sistem ini terkenal dengan nama sistem *Telford*. Jalan-jalan di Indonesia yang dibuat pada zaman dahulu sebagian besar merupakan sistem jalan *Telford*, walaupun di atasnya telah diberikan lapisan aus dengan pengikat aspal.

2.2.1.2 Klasifikasi USCS

Dalam klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) ini sifat tekstur tanah digolongkan menjadi dua yaitu:

- 1) Tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir), dengan syarat kurang dari 50% tanah lolos melalui saringan No.200. Dengan symbol *G* atau *S*, *G* merupakan singkatan dari kerikil (*gravell*), dan *S* untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (lanau dan lempung), dengan syarat lebih dari 50% tanah lolos melalui saringan no.200. Dengan symbol *M* yang merupakan singkatan dari lumpur anorganik, *C* singkatan dari lanau organic, dan *O* singkatan dari lumpur dan lanau organic.

Untuk menentukan klasifikasi tanah pada system USCS dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah USCS

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	$C_u = D_{40}/D_{10} > 4$, $C_c = ((D_{30})^2)/(D_{10})$ Tidak memenuhi kriteria untuk GW	
		Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	GP			
		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
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Pasir 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	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$, $C_c = ((D_{30})^2)/(D_{10})$ Tidak memenuhi kriteria untuk SW	
		Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	SP			
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	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
			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		<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 klasifikasi 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 tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	MH					
Lanau dan lempung batas cair > 50%	CH		Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*)			
Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	OH					
Tanah dengan kadar organik tinggi	PI	Gambut (*peat*) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

(Sumber: Hardiyatmo, 2012)

2.2.2 Tanah Lempung

Tanah lempung mengandung bahan organik, himpunan mineral dan endapan-endapan yang lepas atau turun. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila tercampur dengan air. Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terkait antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga di antara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994).

Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan mikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral mineral yang sangat halus lain (Braja M. Das, 1985). Pada umumnya tanah lempung memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999):

- a) Tanah berbutir halus dengan ukuran $>0,002$ mm
- b) Permeabilitas rendah
- c) Kenaikan air kapiler tinggi
- d) Sangat kohesif
- e) Kadar kembang susut yang tinggi
- f) Proses konsolidasi lambat

Sifat-sifat tanah lempung ekspensif dapat dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu factor karena pengaruh lingkungan dan komposisi tanah pada tempat tersebut. Untuk factor komposisi tanah dapat diuji pada laboratorium dengan mengambil sampel tanah terusik atau rusak pada tempat tertentu. Hal-hal yang perlu di dalam percobaan antara lain tipe dan jumlah mineral, tipe kation di dalam tanah, luas permukaan, distribusi ukuran partikel dan air pori. (Suhardjito, 1989).

2.2.3 Gypsum

Gypsum merupakan material yang sangat cocok untuk bahan campuran stabilisasi dengan tanah lempung. Dikarenakan terdapat kandungan mineral yang tinggi, sehingga dapat mengurangi retak-retak di tanah dan digantikan oleh kalsium, sehingga pengembangan pada tanah tersebut sedikit. Limbah gypsum yang digunakan dalam penelitian ini ialah limbah gypsum yang merupakan hasil

percetakan plafon yang sudah rusak dan tidak bisa digunakan lagi. Gypsum memiliki kandungan mineral serta, terdapat kalsium yang sangat tinggi.

Adapun manfaat penggunaan gypsum dalam bidang Teknik Sipil yaitu sebagai berikut: (Dalam Yulindasari Sutejo dkk, 2015).

- a) Gypsum yang dicampur lempeng dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya lebih kecil.
- b) Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempeng yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
- c) Gypsum meningkatkan kecepatan perembesan air dikarenakan gypsum lebih menyerap banyak air
- d) Gypsum dapat menambah kekuatan pada bahan bangunan
- e) Gypsum sebagai salah satu bahan pembuat *Portland Cement*

Adapun beberapa jenis gypsum yang digunakan dalam bahan material namun jenis gypsum berjenis aplus yang bisa digunakan sebagai bahan tambahan untuk bahan pencampuran stabilisasi pada tanah. Jenis ini sangat bermanfaat jika digunakan, contohnya bisa memperbaiki retak pada tembok, contoh lainnya seperti menambal permukaan tembok yang kasar dan berlubang.

2.2.4 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi Tanah ini merupakan suatu Tindakan yang dapat membantu memperbaiki karakteristik maupun sifat-sifat tanah. Pada dasarnya, stabilisasi tanah ini mampu menyusun kembali butiran-butiran tanah agar lebih padat dan tidak ada udara di dalamnya. Agar tidak terjadi penurunan (*settlement*) akibat adanya beban yang bekerja di atas permukaan tanah, maka tanah dibuat stabil. Kendaraan proyek yang melewati tanah dasar tidak mengakibatkan kerusakan. Stabilitas tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah. Menurut Bowles (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat lepas atau sangat mudah tertekan atau sifat lain yang mengakibatkan suatu kendala yang terjadi pada proyek Pembangunan, maka harus mengambil tindakan stabilisasi.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu kombinasi dari pekerjaan berikut (Ingel dan Metcalf, 1977):

- a) Stabilisasi mekanik
- b) Stabilisasi fisik
- c) Stabilisasi kimiawi

Penelitian ini menggunakan stabilisasi tanah dengan menambahkan zat aditif didalamnya. Zat aditif yang digunakan yaitu limbah gypsum. Zat aditif tersebut diharapkan akan mampu memperbaiki karakteristik tanah lempung di daerah Mandalika kecamatan Nusa Tenggara Barat.

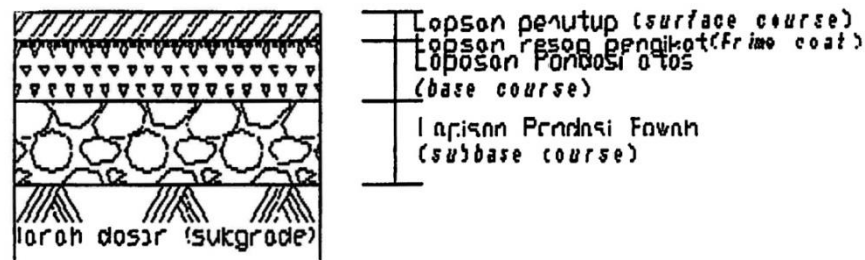
2.2.5 Jalan Raya

Jalan secara umum dapat didefinisikan suatu konstruksi yang berfungsi sebagai tempat lalu lintas angkutan darat atau sebagai jalur penghubung dalam mencari kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama yang berkembang seiring dengan perkembangan teknologi manusia meningkat baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya.

Agar jalan berfungsi dengan baik dan tidak mengalami kerusakan maka dilakukan perkerasan jalan, yang bertujuan agar beban lalu lintas yang bekerja tidak terjadi kerusakan dan untuk memberikan struktur yang kuat. Serta memberikan kenyamanan bagi pengendara dan melindungi lapisan tanah yang berada di bawahnya.

2.2.3.1. Perkerasan Lentur

Perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Pada hakekatnya lapisan perkerasannya mempunyai 5 lapisan utama untuk menampung beban lalu lintas yang semakin berkembang dari setiap harinya. Setiap lapisan permukaan yang gagal maka pastinya akan menimbulkan kerusakan dan tidak dapat menikul beban yang bekerja di atasnya dengan baik. Oleh karena itu kerusakan setiap lapisan akan memberikan dampak terhadap lapisan yang lain. (Gatot Rusbintardjo, 2005). Ke 5 lapisan utama tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur

1. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Subgrade adalah lapisan tanah dasar yang langsung berada di bawah susunan lapisan perkerasan jalan. Oleh karena itu *Subgrade* menerima beban, baik beban dari lapisan perkerasan jalan maupun beban dari lalu lintas. Beban lapis perkerasan jalan pada *Subgrade* berupa beban merata dan umumnya tidak lebih dari 12 kN/m². Beban kendaraan adalah berupa beban terpusat yaitu pada kontak antara ban kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan besarnya kurang lebih 400 kN/m². Fungsi utama dari lapisan perkerasan jalan adalah untuk mendistribusikan beban roda yang permukaannya lebih luas yaitu permukaan *Subgrade*. Karena disebarkan ke permukaan yang lebih luas, maka tekanan yang terjadi pada *Subgrade* juga berkurang atau kecil yang masih dapat diterima oleh *Subgrade* tanpa terjadi penurunan yang berarti selama umur rencana jalan. Pengurangan tekanan dari permukaan lapisan perkerasan kepada permukaan *Subgrade* tersebut tergantung pada kekuatan dari lapisan perkerasan dan tanah dasar. Oleh karena itu mengetahui jenis ataupun sifat dari tanah dasar di mana perkerasan jalan akan dibangun sangatlah diperlukan.

2. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base*)

Sub Base adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan permukaan atas (*base*) dan lapisan perkerasan dasar (*Subgrade*). Fungsi dari *Sub Base* ini antara lain adalah:

- a) Untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar
- b) Untuk peresapan air agar tidak berkumpul di pondasi

- c) Untuk efisiensi penggunaan material
- d) Sebagai penahan partikel halus tanah dasar yang akan naik ke lapisan pondasi atas

3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Base adalah bagian lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan permukaan dengan lapisan perkerasan bawah atau dengan lapisan tanah dasar bila tidak menggunakan lapisan permukaan bawah. Fungsi dari lapisan perkerasan atas sendiri adalah sebagai berikut:

- a) Sebagai penahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan bawahnya
- b) Sebagai lapisan peresapan bagi lapisan di bawahnya
- c) Sebagai bantalan atau alas lapisan permukaan

4. Lapisan Resap Pengikat (*Prime Coat*)

Adapun fungsi dari lapisan ini adalah sebagai berikut:

- a) Dapat menghasilkan satu permukaan yang rata, permukaan ini menstabilkan gesekan yang terjadi pada berbagai jenis kendaraan dan dapat memberikan kenyamanan berkendara yang baik
- b) Dapat menghalangi masuknya air ke dalam lapisan-lapisan di bawahnya, yang mana jika air tersebut masuk akan menyebabkan kelemahan struktur lapisan di bawahnya
- c) Sebagai lapisan yang berfungsi untuk menahan dan meneruskan beban roda lalu lintas

d) Lapisan Penutup (*Surface*)

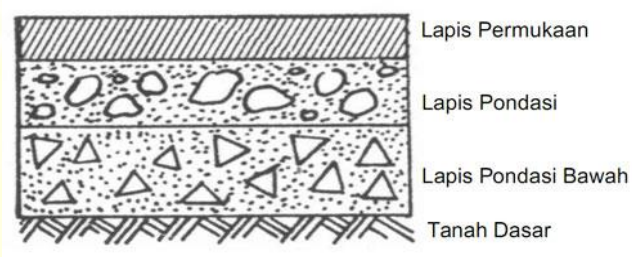
e) Lapisan penutup adalah lapisan perkerasan jalan yang terletak di atas lapis permukaan atau di atas lapis pondasi atas yang tergantung pada jenis atau macam lapisan yang dipakai. Berikut merupakan fungsi dari lapisan penutup adalah sebagai berikut:

- f) Menghasilkan permukaan yang rata dan rapi
- g) Mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap keausan dan perubahan bentuk permukaan

- h) Tampilan permukaan lapisan ini juga dapat mengurangi percikan dan semburan air dari ban kendaraan atau sebagai lapisan kedap air
- i) Menyalurkan beban dari kendaraan agar lapisan di bawahnya tidak akan mengalami perubahan bentuk yang berlebih
- j) Bertindak sebagai pelindung lapisan yang ada di bawahnya
- k) Sebagai lapisan penahan beban roda

2.2.5.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), yakni perkerasan yang dimana bahan pengikatnya menggunakan semen. Pelat beton dengan atau tanpa tulangandiletakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Adapun lapisan-lapisan perkerasan kaku yang bisa dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Susunan lapis konstruksi perkerasan kaku

1. *Subgrade* adalah lapisan tanah dasar yang langsung berada di bawah susunan lapisan perkerasan jalan. Oleh karena itu *Subgrade* menerima beban, baik beban dari lapisan perkerasan jalan maupun beban dari lalu lintas. Beban lapis perkerasan jalan pada *Subgrade* berupa beban merata dan umumnya tidak lebih dari 12 kN/m². Beban kendaraan adalah berupa beban terpusat yaitu pada kontak antara ban kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan besarnya kurang lebih 400 kN/m². Fungsi utama dari lapisan perkerasan jalan adalah untuk mendistribusikan beban roda yang permukaannya lebih luas yaitu permukaan *Subgrade*. Karena disebarkan ke permukaan yang lebih luas, maka tekanan yang terjadi pada *Subgrade* juga berkurang atau kecil yang masih dapat diterima oleh *Subgrade* tanpa terjadi penurunan yang berarti selama

umur rencana jalan. Pengurangan tekanan dari permukaan lapisan perkerasan kepada permukaan *Subgrade* tersebut tergantung pada kekuatan dari lapisan perkerasan dan tanah dasar. Oleh karena itu mengetahui jenis ataupun sifat dari tanah dasar di mana perkerasan jalan akan dibangun sangatlah diperlukan.

2. Lapisan pondasi bawan (*Sub Base Course*)

Sub Base adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan permukaan atas (base) dan lapisan perkerasan dasar (Subgrade). Fungsi dari *Sub Base* ini antara lain adalah:

- a) Untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar
- b) Untuk peresapan air agar tidak berkumpul di pondasi
- c) Untuk efisiensi penggunaan material
- d) Sebagai penahan partikel halus tanah dasar yang akan naik ke lapisan pondasi atas

3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Base adalah bagian lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan permukaan dengan lapisan perkerasan bawah atau dengan lapisan tanah dasar bila tidak menggunakan lapisan permukaan bawah. Fungsi dari lapisan perkerasan atas sendiri adalah sebagai berikut:

- a) Sebagai penahan gaya ekliptika dari roda kendaraan sehingga gaya yang ditimbulkan dapat disebarkan ke lapisan di bawahnya
- b) Sebagai alat peresap bagi lapisan di bawahnya
- c) Sebagai alas untuk lapisan permukaan

4. Lapisan Permukaan (*Rigidpavement*)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan jalan yang paling atas yang berfungsi sebagai berikut:

- a) Lapisan perkerasan penahan beban roda, yang mempunyai stabilisasi tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan
- b) Sebagai lapisan kedap air, agar hujan yang jatuh tidak meras ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut

- c) Sebagai lapisan aus, yaitu lapisan tempat bergeseknya roda kendaraan
- d) Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih baik

2.2.6 Sifat Fisik Tanah

2.2.4.1 Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan antar berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Dapat dihitung dengan persamaan 2.3 berikut ini:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (2.3)$$

Dengan:

W = Kadar air (%)

W_w = Berat air (gram)

W_s = Berat tanah kering (gram)

2.2.4.2 Berat Volume

Berat satuan atau berat volume (γ) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat tanah dengan volume massa tanah, berat volume tanah biasa juga disebut sebagai kerapatan bongkahan yang merupakan berat tanah kering dari suatu volume tanah. Adapun persamaan yang digunakan untuk berat volume tanah adalah sebagai berikut:

- a) Berat volume tanah basah (γ_b) dapat menggunakan persamaan 2.4 berikut ini:

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (2.4)$$

- b) Berat volume tanah kering (γ_d) dapat menggunakan persamaan 2.5 berikut ini:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \quad (2.5)$$

- c) Berat volume tanah jenuh air (γ_{sat}) dapat menggunakan persamaan 2.6 berikut ini:

$$\gamma_{sat} = \frac{W_w + W_s}{V} \quad (2.6)$$

d) Berat volume tanah terendam air (γ') dapat menggunakan persamaan 2.7 berikut ini:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (2.7)$$

Dengan:

- W = Kadar air (%)
- W_w = Berat air (gram)
- W_s = Berat tanah kering (gram)
- V = Volume massa tanah (cm^3)
- γ_b = Berat volume basah (gr/cm^3)
- γ_d = Berat volume kering (gr/cm^3)
- γ_{sat} = Berat volume butiran (gr/cm^3)
- γ_w = Berat volume air (gr/cm^3)
- γ' = Berat volume apung (gr/cm^3)

2.2.4.3 Berat Jenis

Berat jenis merupakan, dimana massa tanah kering yang mengisi ruangan di dalam lapisan tanah. Adapun persamaan yang dapat digunakan untuk mencari berat jenis ini, dapat dilihat dari persamaan pada 2.8 berikut ini:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \quad (2.8)$$

Dengan:

- G_s = Berat jenis tanah (*specific gravity*) (gr/cm^3)
- W_s = Berat volume butiran (gr/cm)
- T_s = Berat volume butiran (gr/cm^3)
- Γ_w = Berat volume air (gr/cm^3)
- V_s = Volume butiran

2.2.4.4 Batas Atterbeg

Untuk menentukan kualitas tanah maka dilakukan pengujian Batas Atterbeg, yaitu sebagai berikut:

1) Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*LL*) merupakan kadar air tanah yang berada pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, pendekatan yang digunakan untuk mencari batas cair menggunakan persamaan pada 2.9 sebagai berikut:

$$LL = W_n x (N/25)^{0,121} \quad (2.9)$$

Dengan:

LL = Batas cair (%)

W_n = Kadar air di ketukan ke N (%)

N = Jumlah ketukan

2) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas Plastis (*PL*) adalah kadar air yang untuk nilai-nilai di bawahnya, tanah tidak lagi berpengaruh sebagai bahan yang plastis. Pada keadaan *LL* dan *PL* sifat tanah sebagai bahan yang plastis. Kisaran ini disebut indeks plastisitas.

3) Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks Plastisitas yaitu menyatakan interval kadar air, dimana keadaan tanah dalam kondisi plastis. Untuk menentukan indeks plastis dapat menggunakan persamaan pada 2.10 berikut ini.

$$IP = LL - PL \quad (2.10)$$

Dengan:

IP = Indeks plastisitas (%)

LL = Batas cair (%)

PL = Batas plastis (%)

2.2.4.5 Analisa Saringan

Dengan ukuran butir tanah yang berdiameter 4,75 mm sampai dengan 0.075 mm atau lolos saringan No.4 ASTM dan tertahan saringan No.200 yang berdasarkan ASTM D 422-63.

Perhitungan:

- a) Berat saringan itu sendiri ditambah dengan sampel tanah yang tertahan (W_{ci})
- b) Berat tanah yang tertinggal pada saringan (W_{bi})
- c) Berat tanah tertahan (W_{ai}) = $W_{bi} - W_{ci}$
- d) Seluruh berat tanah yang tertinggal pada saringan paling atas yaitu saringan No.4 ($SW_{ai} \approx W_{tot}$).
- e) Presentase tanah yang tertahan pada masing – masing saringan (P_i) dapat dihitung menggunakan persamaan pada 2.11 berikut ini:

$$P_i = \frac{W_{bi} - W_{ci}}{W_{total}} \times 100\% \quad (2.11)$$

- f) Seluruh jumlah tanah yang tertahan disetiap saringan, dapat dihitung menggunakan persamaan pada 2.12 berikut ini:

$$q_i = 100\% - p_i\% \quad (2.12)$$

2.2.4.6 Analisis Hydrometer

Merupakan metode untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah yang memiliki diameter lebih kecil dari 0,074 mm (lolos saringan no.200 ASTM).

- a) Hitung ukuran butir terbesar D (mm) dengan persamaan pada 2.13 berikut ini:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (2.13)$$

Dengan:

K = konstanta yang dipengaruhi temperatur dan berat jenis.

L = Kedalaman efektif.

T = waktu saat pembacaan (menit).

- b) Hitung presentase berat P dari butir yang lebih kecil, dengan persamaan pada 2.14 berikut ini:

$$P = \frac{R \times a}{W} \times 100 \quad (2.14)$$

Dengan:

R = Pembacaan hidrometer terkoreksi

a = Angka koreksi untuk hidrometer terhadap berat jenis

W = Berat benda uji (gram).

2.2.7 Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan dari tanah tersebut ketika diberikan beban. Untuk menguji sifat mekanis tanah, penelitian ini menggunakan 2 pengujian yaitu sebagai berikut:

2.2.7.2 Uji Pemadatan

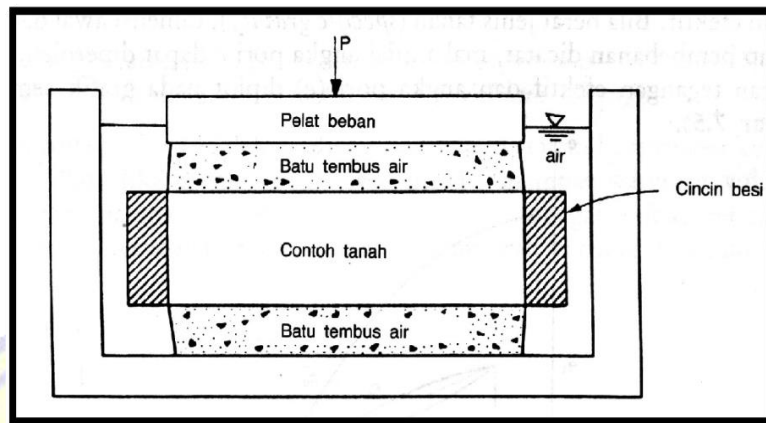
Biasanya sering disebut dengan uji pemadatan proctor, adalah pengujian untuk menemukan kadar air optimal. Dimana, suatu jenis tanah akan menjadi paling padat dan mencapai kepadatan yang maksimum.

Uji pemadatan tanah ini biasanya digunakan untuk mengukur seberapa besar tingkat kepadatan tanah yang dapat ditinjau dari berat volume tanah kering yang dipadatkan. Bila saat proses pemadatan, lalu ditambahkan air maka air tersebut memiliki fungsi sebagai sumber pembasah untuk tanah tersebut. Jadi, jika kadar air semakin bertambah maka keadaan sampel atau tanah tersebut lembek, maka saat proses pemadatan kondisi tanah tidak baik.

2.2.7.3 Uji Konsolidasi

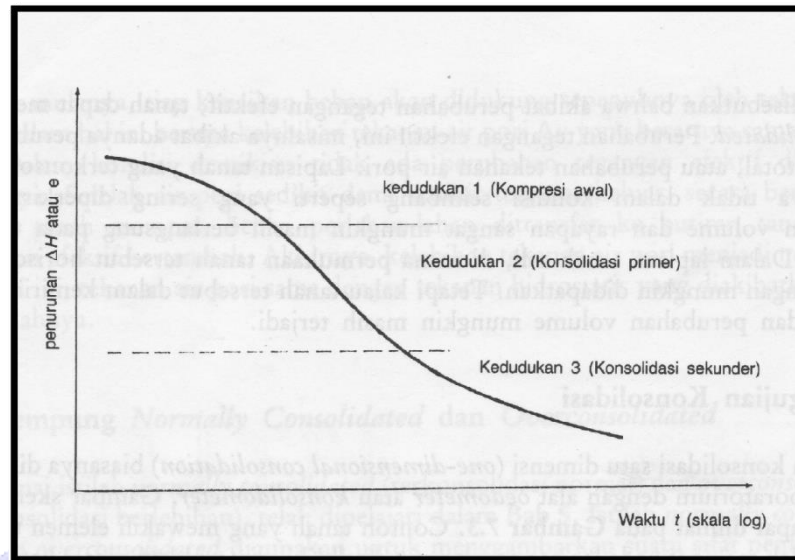
Pengujian konsolidasi adalah suatu proses pemampatan tanah dan berkurangnya volume pori dalam tanah. Dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan keluarnya air pori dari rongga tanah. Umumnya konsolidasi tanah berlangsung dalam satu arah vertical saja. Dan konsolidasi tanah mampu memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik tanah. Dalam penelitian ini sampelnya berupa tanah asli dan tanah yang dicampur dengan limbah gypsum plafond dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Pengujian ini bertujuan untuk memberikan beban secara bertahap kepada tanah dan mengukur perubahan volume maupun perubahan tinggi contoh tanah terhadap waktu. Berikut ini merupakan skema alat Oedometer atau Konsolidometer dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Alat Uji Konsolidasi

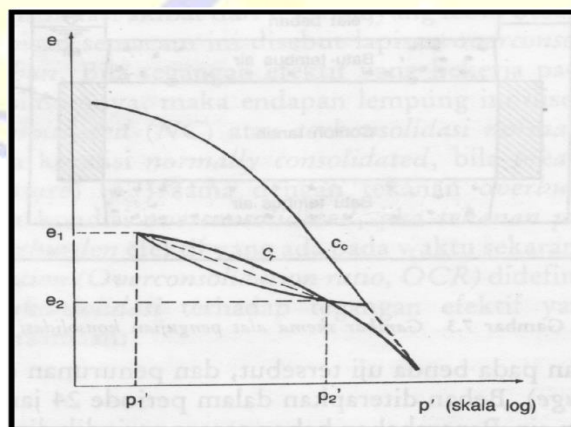
Gaya atau beba yang ditunjukkan pada P di atas, saat penurunan terjadi bisa diukur dengan pembacaan arloji atau dial gauge. Beban dibiarkan selama 24 jam dengan sampel yang berada pada sel konsolidasi dibiarkan terendam di dalam air. Penambahan beban secara berkala diberikan pada sampel tanahnya. Penelitian oleh Leonard (1962) menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh jika penambahan beban adalah dua kali beban sebelumnya, dengan urutan besar beban 1; 2; 4; 8 kg/cm². Untuk tiap penambahan beban, deformasi dan waktunya dicatat, kemudian diplot pada grafik semi logaritmis, Gambar 2.4 dibawah ini memperlihatkan sifat khusus dari grafik hubungan antara penurunan ΔH dan logaritma waktu ($\log t$).



Gambar 2.4 Sifat khusus grafik hubungan ΔH terhadap $\log t$

Kurva bagian atas (kedudukan 1). Merupakan bagian dari kompresi awal disebabkan oleh pembebanan awal dari benda uji. Pada bagian garis lurus (kedudukan 2) merupakan proses konsolidasi primer dan pada bagian garis terendah (kedudukan 3) merupakan konsolidasi sekunder.

Untuk penambahan beban selama proses pengujian akan terjadi tegangan yang efektif. Jika tanah berat jenis tanah atau specific gravity, maka penurunan dan dimensi awal beban dapat ditulis, maka didapatkanlah nilai angka pori e . Selanjutnya hubungan tegangan efektif dan angka pori (e) diplot pada grafik semi logaritmis (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Sifat khusus grafik hubungan e - $\log p'$

Pada konsolidasi, perubahan tinggi (ΔH) persatuan dari awal (H) adalah sama dengan perubahan volume (ΔV) per satuan volume awal, atau dapat dilihat pada persamaan 2.15 berikut ini:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta V}{V} \quad (2.15)$$

Dengan:

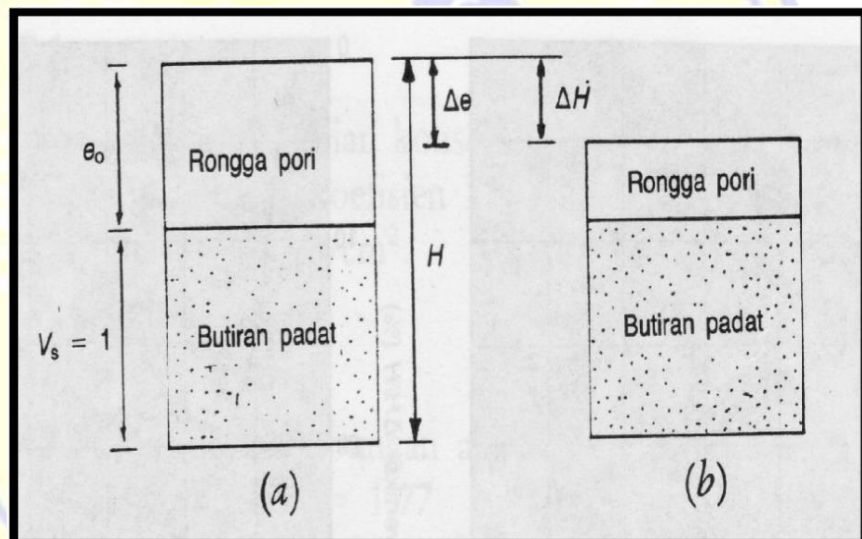
V = Volume

H = Tinggi

ΔH = Perubahan tinggi

ΔV = Perubahan volume

Berikut ini adalah fase uji konsolidasi dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Fase Konsolidasi

Bila volume padat $V_a = 1$ dan volume pori awal adalah e_0 , maka kedudukan akhir dari proses konsolidasi dapat dilihat dalam Gambar 2.6 volume padat besarnya tetap, angka pori berkurang karena adanya Δe . Dari Gambar 2.4 dapat diperoleh persamaan 2.16 berikut ini:

$$\Delta H = H \frac{\Delta e}{1+e_0} \quad (2.16)$$

Dengan:

H = Tinggi

ΔH = Perubahan tinggi

$V_a = 1$ = Volume padat

e_0 = Volume pori awal

2.2.8 Indeks Pemampatan (C_c)

Indeks pemampatan ini memiliki bagian kemiringan dari garis lurus grafik $e \log p$. Untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus dari grafik dalam Gambar 2.11 C_c dapat dinyatakan dalam persamaan 2.17 berikut:

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log p_2' - \log p_1'} = \frac{\Delta e}{\log p_2' / p_1'} \quad (2.17)$$

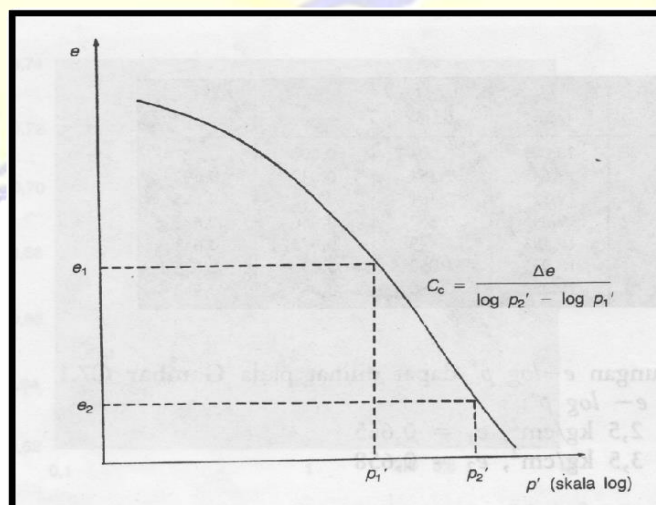
Untuk tanah normally consolidated, Terzaghi dan Peck (1967) memberikan hubungan angka kompresi C_c dapat dilihat pada persamaan 2.18 sebagai berikut:

$$C_c = 0,009 (LL - 10) \quad (2.18)$$

Dengan LL adalah batas cair (*liquid limit*). Persamaan ini dapat dipergunakan untuk tanah lempung tak organik yang mempunyai sensitivitas rendah sampai sedang dengan kesalahan 30% (rumus ini seharusnya tak digunakan untuk sensitivitas lebih besar dari 4).

Terzaghi dan Peck juga memberikan hubungan yang sama untuk tanah lempung, dapat dilihat pada persamaan 2.7 berikut ini:

$$C_c = 0,009 (LL - 10) \quad (2.19)$$



Gambar 2.7 Indeks pemampatan C_c

Beberapa nilai C_c , yang didasarkan pada sifat-sifat tanah pada tempat-tempat tertentu yang diberikan oleh azzouzdkk, (1976) sebagai berikut :

$$C_c = 0,01 W_N \text{ (untuk lempung Chicago)} \quad (2.20)$$

$$C_c = 0,0046 (LL - 9) \text{ (untuk lempung Brasilia)} \quad (2.21)$$

$$C_c = 0,208 e_o + 0,0083 \text{ (untuk lempung Chicago)} \quad (2.22)$$

$$C_c = 0,0115 W_N \text{ (untuk tanah organik, gambut)} \quad (2.23)$$

Dengan W_N adalah kadar air asli (%) dan e_o adalah angka pori.

2.2.9 Koefisien Konsolidasi (C_v)

Kecepatan penurunan konsolidasi biasanya dihitung menggunakan koefisien konsolidasi (C_v). Derajat konsolidasi waktu tertentu, dapat ditentukan dengan menggambar grafik penurunannya (V_s) dalam waktu satu beban tertentu dapat diterapkan pada alat konsolidometer dengan cara mengukur penurunan total pada saat akhir fase konsolidasi. Kemudian dari data penurunan dan waktunya, sembarang waktu yang dihubungkan dengan derajat konsolidasi rata-rata tertentu (misalnya $U = 50\%$) ditentukan. Walaupun pada saat fase konsolidasi sudah selesai yaitu pada saat kondisi tekanan air pori nol dan benda uji dalam alat atau sel konsolidasi masih mengalami penurunan akibat tegangan pada beban yang telah ditambahkan. Karena hal tersebut kita perlu mengukur tekanan air pori yang terkandung dalam tanah, hal yang perlu dicatat untuk datanya adalah besar penurunan dan waktunya sampai proses konsolidasi selesai. Jika pada sampel dalam sel konsolidasi masih bisa menghisap sebagian kecil udara ke dalam air pori akibat penurunan tekanan atau tegangan yang berkurang kemungkinan terjadi juga penurunan konsolidasi yang cepat yang bukan bagian dari proses konsolidasi. Oleh karena itu perlu dicatat tinggi awal sebelum adanya penurunan dan saat permulaan proses konsolidasi.

2.2.10 Penurunan Konsolidasi (S_c)

Ditinjau lapisan tanah lempung jenuh dengan tebal H . karena adanya beban yang masih bekerja jadi lapisan tanah menerima tegangan geser sebesar Δp . Dianggap regangan arah lateral nol. Pada akhir konsolidasi,

dapat terjadi tegangan tambahan efektif sebesar (Δp). Sebagai akibat penambahan tegangan dari p_o' ke p_1' (dengan $p_1' = p_o' + \Delta p$) terjadi pengurangan angka pori dari e_0 ke e_1 . Pengurangan volume persatuan volume lempung. Penurunan untuk lempung *normally consolidated* ($p_c' = p_o'$) dengan tegangan efektif sebesar p_1' dapat dilihat pada Persamaan 2.24 berikut ini.

$$Sc = Cc \frac{H}{1+e_0} \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \quad (2.24)$$

Dengan:

Cc = indeks pemampatan

H = tebal lapisan tanah

e_0 = angka pori awal

Δp = tambahan tegangan akibat beban fondasi

p_o' = sebelum dibebani terjadi tekanan overburden efektif

2.2.11 Metode Kecocokan Log = Waktu (*Log = Time Fitting Method*)

Adapun prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan nilai okefisien konsolidasi yang didapatkan dari cara Cassagrande dan Fodum (1940). Biasanya cara ini sering disebut dengan kecocokan log = waktu. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Gambarlah grafik penurunan terhadap log – waktu. Grafiknya dapat dilihat pada Gambar 2.12 yang menggunakan 1 beban.
2. Pada titik awal kurva ditentukan dengan pengertian bahwa kurva awal yang mendekati parabol yang ditentukan dengan dua titik yaitu pada saat t_1 atau pada titik P dan di titik Q. selisik jarak vertical keduanya diukur dengan X. Kedudukan $R = R_0$ digambar dengan mengukur jarak x kerah vertical di atas titik P. Jika ingin mengontrol ulang, pasanglah titik yang lain.
3. Titik $U = 100\%$, atau titik R_{100} , nilai ini didapatkan dari titik potong dari bagian kurvanya yang berada pada titik potong bagian garis lurus kurva konsolidasi primer dan sekunder
4. Titik $U = 50\%$, ditentukan dengan persamaan 2.25 berikut ini:

$$R_{50} = (R_0 + R_{100})/2 \quad (2.25)$$

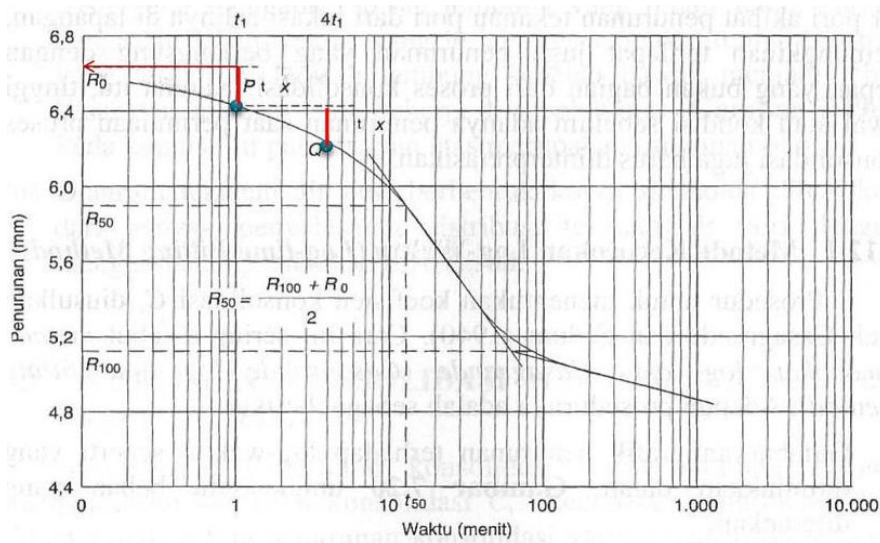
Dari sini diperoleh waktu t_{50} . Nilai t_v sehubungan dengan $U = 50\%$ adalah 0,197. Selanjutnya koefisien konsolidasi C_v , diberikan oleh persamaan 2.26 berikut ini:

$$C_v = \frac{0,197 H_1^2}{t_{50}} \quad (2.26)$$

Disaat pengujian konsolidasi dengan drainasi atas dan bawah dan dengan nilai H_t diambil dari setengah nilai table rata-rata pada sampel dengan beban tertentu. Jika suhu rata-rata dari tanah asli pada saat di lapangan sudah diketahui serta terdapat perbedaan pada saat sampel diuji di laboratorium maka koreksi nilai C_v harus dicatat.

Ada beberapa hal yang dimana cara log-waktu Cassagrande tidak dapat digunakan. Jika tegangan yang diberikan begitu besar pada saat konsolidasi primer selesai maka, tidak dapat terlihat dengan jelas dari patahnya grafik log-waktu. Tipe kurvanya akan sangat tergantung pada nilai banding penambahan tekanan LIR (Leonard dan Altschaeffl, 1964). Jika R_{100} tidak dapat diidentifikasi dari grafik waktu vs maka penurunan di salah satu pengukuran tekanan air pada pori dapat juga dengan cara seperti berikut ini.

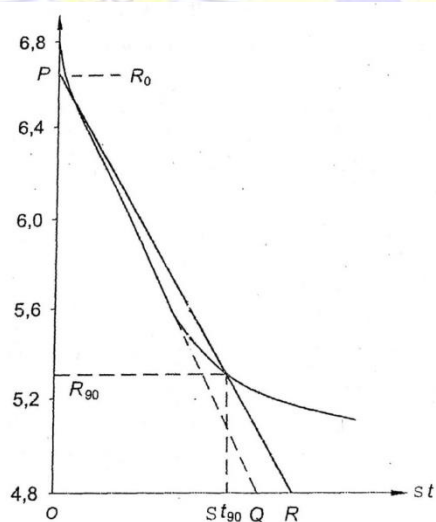
Berikut ini merupakan Gambar 2.8 yang menunjukkan grafik dengan metode kecocokan log dengan waktu.



Gambar 2.8 Metode kecocokan log-waktu (Casagrande, 1940)

2.2.12 Metode Akar Waktu (*Square Root of Time Methode*) (Taylor, 1948)

Menggunakan metode akar waktu ini bisa dengan cara penggambaran hasil uji pada grafik hubungan akar dan waktu serta pada penurunannya. Bisa dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.9 Metode Akar Waktu (Taylor, 1948)

Kurva teoritis yang terbentuk, biasanya linier sampai dengan kira-kira 60% konsolidasi. Karakteristik cara akar waktu ini, yaitu dengan menentukan $U = 90\%$ konsolidasi, di mana $U = 90\%$, absis OR akan sama

dengan 1,15 kali absis OQ . Prosedur untuk memperoleh derajat konsolidasi $U = 90\%$, adalah sebagai berikut:

- a. Gambarkan grafik hubungan penurunan dengan akar waktu dari data hasil pengujian konsolidasi pada beban tertentu yang diterapkan.
- b. Pada titik $U = Q$ diperoleh dari perpanjangan garis kurva di bagian awal menjadi lurus sehingga memotong koordinatnya di titik P dan memotong absis di titik Q. Semisal kurva awal berupa garis lurus yang konsisten dengan menganggap kurva di awal, bentuknya seperti parabol.
- c. Garis lurus yaitu PR digambarkan dengan absis OR dengan 1,15 kali absis OQ perpotongan dari PR dan kurvanya ditentukan dengan titik R_{90} pada absis.
- d. T_v untuk $U = 90\%$ adalah 0,848. Pada keadaan ini, koefisien konsolidasi C_v diberikan menurut persamaan 2.27 berikut ini:

$$C_v = \frac{0,848H_t^2}{t_{90}} \quad (2.27)$$

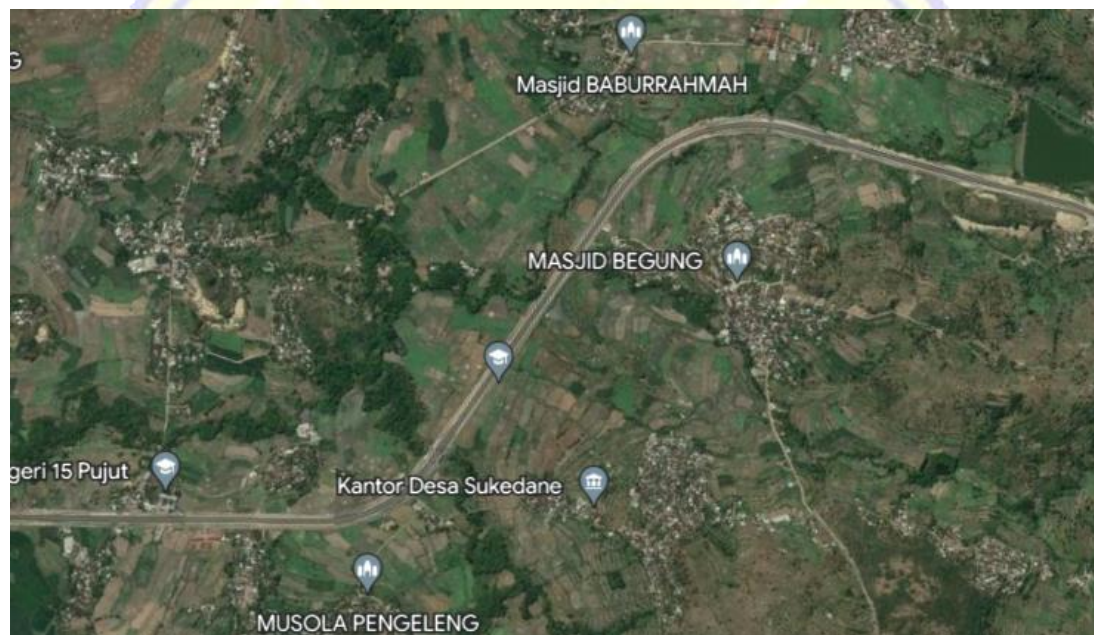
Jika akan menghitung batas konsolidasi primer $U = 100\%$, titik R_{100} pada kurva dapat diperoleh dengan mempertimbangkan menurut perbandingan kedudukannya. Seperti dalam penggambaran kurva log-waktu, gambar kurva akar waktu yang terjadi memanjang melampaui titik 100% ke dalam daerah konsolidasi sekunder. Pada metode ini dibutuhkan pembacaan penurunan yang kompresi dalam fase waktu yang singkat dibandingkan dengan metode $\log = \text{waktu}$. Akan tetapi kedudukan garis lurus tidak selalu diperoleh dari penggambaran metode akar waktu. Jika menemukan kasus seperti ini sebaiknya menggunakan metode $\log = \text{waktu}$.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pengambilan sampel tanah di Kawasan Mandalika tempatnya di Desa Sukadana, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, pada lokasi tersebut berdekatan dengan pembangunan infrastruktur seperti jalan Bypass BIL - Mandalika serta berdekatan pula dengan area persawahan, bukit-bukit yang berada tak jauh dari rumah warga. Sehingga tanah lempung yang berada di sana sangat cocok untuk bahan penelitian. Lokasi penelitian bisa dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel
Di Jln Bypass BIL - Mandalika
(Sumber: Google Earth)

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1. Studi Pustaka

Studi Pustaka ini merupakan suatu cara untuk mengambil atau mengumpulkan data yang dilakukan terlebih dahulu oleh para peneliti agar bisa mendapatkan data awal atau referensi yang berkaitan atau yang sama jenis dengan penelitiannya. Studi Pustaka pada awal penelitian ini bisa

mendapatkan hasil berupa gambar, dokumen dan lain sebagainya, sehingga dapat memudahkan pekerjaan bagi peneliti.

3.2.2. Pengambilan Sampel

a) Sampel tanah lempung

Pengambilan sampel ini di daerah persawahan Kawasan Mandalika tempatnya di jalan Bypass BIL - Mandalika Desa Sukadana, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah.

b) Sampel gypsum

Pengambilan sampel limbah gypsum berasal dari hasil percetakan plafon yang sudah rusak dan tidak bisa digunakan lagi yang kemudian ditumbuk hingga halus, setelah itu diayak dengan menggunakan saringan No.200.

3.2.3. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan bahan dan alat yang berada pada Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram, bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1) Tanah

Pengujian ini menggunakan tanah lempung yang diambil di daerah persawahan pada Jln. Bypass BIL – Mandalika, dengan kedalaman minimal 30 cm. Dapat dilihat pada Gambar 3.2 pada saat pengambilan sampel tanah lempung.



Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Tanah Lempung
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

2) Gypsum

Limbah gypsum yang digunakan adalah hasil percetakan plafon yang kemudian ditumbuk dan diayak dengan lolos saringan No.200, sehingga memperoleh hasil yang baik. Di bawah ini, pada Gambar 3.3 merupakan proses pengayakan limbah gypsum.



Gambar 3.3 Proses Pengayakan Limbah Gypsum
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

3) Cawan

Cawan ni digunakan untuk wadah setiap sampel dalam pengujian. Berikut cawan yang digunakan untuk penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Cawan
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

4) Saringan / Ayakan

Ukuran saringan atau ayakan ini dibuat sesuai dengan ukuran butiran suatu material. Sehingga dapat diperoleh ukuran butiran yang diinginkan. Bisa dilihat pada Gambar 3.5 yaitu ayakan yang digunakan saat penelitian berlangsung.



Gambar 3.5 Saringan/Ayakan
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

5) Shave Shaker

Shave shaker adalah alat yang dirancang untuk memisahkan partikel dimana setiap lapisan memiliki nilai ukuran yang berbeda dari yang terbesar hingga yang terkecil. Alat *Shave shaker* yang dipergunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Shave Shaker
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

6) Jangka Sorong

Jangka sorong ialah alat ukur dengan ketelitian yang sangat-sangat tepat dan akurat. Dipergunakan untuk alat ukur yang berukuran kecil, guna mengetahui ukuran dalam benda, dapat juga mengukur diameter dalam maupun luar. Berikut jangka sorong yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Jangka Sorong
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

7) Oven

Oven adalah sebuah alat pemanas yang bertujuan untuk mengeringkan sampel tanah. Adapun oven yang terdapat atau yang dipergunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Oven
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

8) Piknometer

Piknometer atau *Picnometer* merupakan botol kaca memiliki ukuran atau kapasitas 50-100ml, dipergunakan pada pengujian berat jenis tanah dan memiliki ketahanan untuk bertahan dalam suhu panas. Berikut picnometer yang dipergunakan dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Piknometer
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

9) Timbangan

Timbangan yang dipergunakan adalah timbangan digital yang ketelitian 0,01 gr dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Timbangan 0,01 gr
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

10) Mangkuk

Mangkuk yang berfungsi sebagai wadah untuk mengaduk benda uji hingga merata. Berikut wadah yang dipergunakan dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Mangkuk
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

11) Pisau Perata

Pisau ataupun biasa disebut spatula adalah alat yang dipergunakan untuk mencampur atau meratakan benda uji, dan memiliki mata pisau dengan panjang 0,75 cm dan lebar 0,20 cm. Berikut pisau perata yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pisau Perata
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

12) Tabung Ukur dan Minuskus

Alat ini digunakan dalam pengujian hydrometer untuk dapat menentukan ukuran butiran halus dan pengujian saringan. Tabung ukur dan minuskus yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Tabung Ukur & Miniskus
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

13) Penumbuk

Berat penumbuk ini 2,5 kg digunakan untuk menumbuk tanah pada pengujian pemadatan tanah. Penumbuk yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Penumbuk
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

14) Cetakan atau *Mold*

Untuk uji kepadatan tanah, menggunakan cetakan berdiameter 10,2 cm dengan tinggi 11,7 cm. Cetakan atau *Mold* yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 3.15.



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

15) Alat Cassagrande

Digunakan untuk pengujian batas cair. Alat ini bisa dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Alat Cassagrande
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

16) Oedometer Test

Alat ini digunakan untuk pengujian konsolidasi. Bisa dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Alat Oedometer Test
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

3.3 Metode Analisis

Metode analisis merupakan data dipergunakan dalam penelitian meliputi metode penelitian yang dipergunakan untuk mendapatkan data yang sesuai dengan kebutuhan dan analisa kelayakan fisik serta mekanik tanah lempung yang dicampur dengan gypsum sebagai tanah dasar untuk pembangunan konstruksi jalan.

3.3.1 Pengumpulan data

Mengumpulkan data ini yaitu tindakan yang perlu kita ambil saat berlangsungnya pengujian, caranya mencatat semua data atau hasil dari proses penelitian tersebut. Pada penelitian ini menggunakan 2 cara dalam pengambilan data yaitu sebagai berikut ini:

1. Data Primer, yaitu pengambilan data dengan cara langsung seperti pada penelitian ini, mengambil sampel tanah yang kemudian akan diuji, lalu dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil berupa data hasil uji sifat fisik dan mekanis tanah.

2. Data Sekunder, yaitu pengambilan data melalui sumber yang sudah ada bisa dari internet maupun buku. Data sekunder dari penelitian ini yaitu latar belakang Negara Indonesia, grafik klasifikasi tanah, penelitian terdahulu, landasan teori dan lokasi pengambilan sampel.

Setelah mengumpulkan data, data yang dihasilkan begitu banyak dan cukup bervariasi seperti pengujian sifat fisis tanah, yang terdiri dari pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas-batas Atterberg (batas cair, batas plastis dan indeks plastis), analisa saringan dan hydrometer. Pengujian sifat mekanis tanah, terdiri dari pengujian kepadatan tanah dan uji konsolidasi. Setelah itu dianalisis untuk menentukan hasil pengujian dan apa pengaruhnya.

3.3.2 Analisis Data

Untuk menganalisis data biasanya mengacu pada pedoman-pedoman dan standar aturan yang sesuai dan dijadikan patokan untuk mengontrol pengujian yang dilakukan. Pengujian ini bertempat di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram, berikut merupakan Langkah-langkah pengujian:

- a) Pengujian sifat fisis tanah, yang terdiri dari pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas-batas Atterberg (batas cair, batas plastis dan indeks plastis), analisa saringan dan hydrometer.
- b) Pengujian sifat mekanis tanah, terdiri dari pengujian kepadatan tanah dan uji konsolidasi.

Setelah data-data yang begitu banyak didapatkan maka Langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis data untuk menemukan hasil perbandingan data sampel tanah di lapangan dan data sampel tanah yang sudah diuji sebagai data perbandingan dan mengetahui data tanah yang sudah dicampur dengan limbah gypsum. Pada penelitian ini banyaknya penggunaan tanah dan campuran limbah gypsum bisa dilihat pada table dibawah ini:

- a) Untuk pengujian sifat fisik, banyak tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Pengujian Sifat Fisik

Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli			
No.	Jenis Pengujian		Tanah (Gram)
1	Kadar air		60
2	Berat volume		65,14
3	Berat jenis		20
4	Hidrometer		50
5	Batas atterbeg:	batas cair	153,5
		batas plastis	56,23
Total			404,87

- b) Untuk pengujian batas atterbeg variasi, banyak tanah dan gypsum yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Pengujian Batas Atterbeg

Pengujian Batas Atterbeg Variasi		
Campuran	Tanah (Gram)	Gypsum (Gram)
5%	380	20
10%	360	40
15%	340	60
Total	1080	120

- c) Untuk pengujian pemadatan tanah asli dan variasi, banyak campuran yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Pengujian Pemadatan Tanah Asli dan Variasi

Pengujian Pemadatan Tanah Asli			
Tanah (Gram)		Total (Gram)	
2000		2000	
Pengujian Pemadatan Variasi			
Campuran	Tanah (Gram)	Gypsum (Gram)	Total
5%	1900	100	2000
10%	1800	200	2000
15%	1700	300	2000
Setiap campuran 5 sampel			30000

- d) Untuk pengujian konsolidasi tanah asli dan variasi, banyak tanah dan gypsum yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Pengujian Konsolidasi Tanah Asli dan Variasi

Pengujian Konsolidasi Tanah Asli		
Tanah (Gram)		Total (Gram)
65,916		65,916
Pengujian Konsolidasi Variasi		
Campuran	Tanah (Gram)	Gypsum (Gram)
5%	63,124	3,322
10%	60,499	6,722
15%	60,768	10,722
Total	184,391	20,766

3.3.3 Rancangan Penelitian

Pada perancangan penelitian ini dilakukan penelitian menggunakan metode analisis terhadap hasil dari data pengujian dengan melakukan beberapa sampel pengujian untuk mendapatkan sifat dan karakteristik dari sampel tersebut. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian sifat fisik tanah terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, batas plastis, batas cair, Analisa saringan dan hydrometer yang sesuai dengan klasifikasi tanah AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*) dan dan klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) serta analisis sifat mekanik yaitu uji pemadatan dan uji konsolidasi.

3.3.4 Jenis Pengujian

Untuk mendapatkan beberapa data, maka harus dilakukan pengujian terlebih dahulu. Adapun beberapa jenis pengujian dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.4.1 Uji Kadar Air

Pada pengujian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar kadar air yang terkandung didalam tanah tersebut serta mengetahui beratnya. Dan mengetahui kebutuhan tanah ditinjau dari ukuran butir. Untuk menentukan berat minimum material basah dalam pengujian kadar air tanah tergantung pada ukuran dari

butiran tanah dan harus sesuai dengan ketentuan yang terdapat pada Tabel 3.1 yang telah disepakati.

Tabel 3.5 Berat Minimum Benda Uji Kadar Air

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

(Sumber: SNI 1965 – 2008)

Pelaksanaan:

- a. Bersihkan dan keringkan cawan kosong, kemudian cawan kosong tersebut di timbang sebagai berat cawan kosong (*W1*).
- b. Sediakan sampel tanah uji kadar air, lalu masukkan contoh tanah (basah) itu ke dalam cawan kosong tadi untuk ditimbang sebagai berat cawan + tanah basah (*W2*).
- c. Kemudian sampel uji tanah (basah) di masukkan ke dalam oven bersuhu (105°C - 110°C) selama 16 sampai 24 jam dengan keadaan cawan terbuka. Tutupan cawan dipasang pada bagian bawah cawan dengan kertas penanda kode pembeda masing-masing cawan tersebut.
- d. Mengambil tanah kering di dalam oven. Lalu di dinginkan dalam desikator, setelah tanah tidak lagi panas. Kemudian di timbang sebagai berat cawan + tanah kering (*W3*).

3.3.4.2 Uji berat volume

Uji berat volume ini yaitu untuk mendapatkan data hasil dari perbandingan antara berat tanah basah dengan volume tanah tersebut dalam gr/cm^3 . Pengujian

ini dilakukan menggunakan metode silinder tipis yang dimasukkan ke dalam tanah, oleh sebab itu jenis tanah berpasir atau tanah yang banyak mengandung kerikil tidak dapat dilakukan. Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan uji berat volume tanah:

- a. Ambil cincin besi yang bersih, lalu ditimbang (W_1).
- b. Pada bagian sisi yang tajam berada di bawah, lalu tekan hingga sampel tanah masuk ke dalam cincin sepenuhnya.
- c. Kedua sisi cincin diratakan.
- d. Apabila permukaan di kedua sisinya masih belum rata, tambahkan dengan sisa tanah, lalu ratakan kembali.
- e. Bila sudah rata timbang cincin + tanah tersebut.
- f. Dan hitunglah volume tanah menggunakan ketelitian 0,01 cm dengan mistar siku.
- g. Setelah data didapatkan, bersihkan alat lalu letakkan pada tempatnya.

3.3.4.3 Uji berat jenis

Pengujian berat jenis ini dilakukan untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah untuk bahan uji. Pada berat jenis tanah berat butir-butir tanah berbanding dengan berat air di udara dengan jumlah volume yang sama pada suhu tertentu. Biasanya diambil pada suhu 27,5 derajat. Berikut langkah-langkah pengujian berat jenis tanah:

- A. Cuci bersih piknometer lalu dikeringkan atau dijemur. Kemudian di timbang sebagai berat kosong piknometer (W_1).
- B. Kemudian masukkan tanah yang sudah dihancurkan ke dalam cawan porselen, dan dikeringkan di dalam oven. Keluarkan tanah dari dalam oven dan langsung dimasukkan dalam piknometer dengan tutupnya berisi tanah. Setelah itu di timbang sebagai berat piknometer + tanah kering (W_2).
- C. Tuangkan air sedikit demi sedikit ke dalam piknometer (10 cc), dan tunggu selama kurang lebih 2 sampai 10 jam.
- D. Lalu dengan menambahkan air sebanyak setengah dari ukuran piknometer atau dua pertiga, setelah itu diamkan 24 jam agar udara yang terperangkap di dalam piknometer bisa keluar, cara mengeluarkan udaranya yaitu:

- a) Piknometer bersihkan air dan tanah dipompa menggunakan pompa vacuum (tidak melebihi 100 mmHg) lalu akan menghasilkan gelembung udara yang menghasilkan air bersuh.
 - b) Setelah itu piknometer direbus kurang lebih 10 menit, jangan lupa untuk memiringkan agar udara dalam piknometer bisa keluar, setelah selesai matikan kompor dan diamkan hingga dingin.
- E. Piknometer lalu diberikan air bersih sampai full dan tidak lupa ditutup, bersihkan bagian luar piknometer dengan lap kering. Setelah piknometer berisi tanah dan air lalu ditimbang sebagai berat piknometer + tanah + air (W_3). Dan ukur berapa suhu air di dalam piknometer ($T^{\circ}C$).
- F. Keluarkanlah piknometer yang berisi tanah dan air lalu bersihkan hingga benar-benar bersih, kemudian diisi kembali dengan air bersih. Sesudah diisi dengan air bersih sampai penuh lalu ditimbang sehingga menjadi berat piknometer + air (W_4). Sebagai catatan, poin F segera dikerjakan setelah poin E.

3.3.4.4 Uji analisa saringan dan hidrometer

Uji analisa saringan untuk menentukan ukuran butiran agregat tanah sesuai dengan ukuran saringan yang digunakan dalam penelitian ini. Analisa saringan dan hidrometer bertujuan untuk membantu dalam mengklasifikasi jenis tanah juga. Berikut merupakan Langkah-langkah pengujian:

- a. Pertama-tama yang dilakukan saat pengujian Analisa saringan ialah dengan mempersiapkan benda uji atau tanah kering sesuai kebutuhan, tumbuk tanah tersebut menggunakan palu atau hamer.
- b. Setelah ditumbuk, keringkan tanah tersebut bisa dijemur atau bisa juga dimasukkan ke dalam oven, bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung dalam tanah.
- c. Siapkan sampel tanah yang sudah dioven sesuai dengan kebutuhan dan sesuai dengan ukuran butiran maksimumnya (W_1).
- d. Untuk mendapatkan butiran yang diinginkan, siapkan saringan dengan ukuran saringan No. 4 sampai No. 200 susunlah saringan-saringan tersebut dari saringan yang menghasilkan butiran terbesar ke butiran kecil.

- e. Setelah disusun, masukkan tanah ke dalam saringan yang paling atas dan pasanglah saringan ke dalam mesin *sheaker* untuk diayak kurang lebih selama 10 sampai 15 menit.
- f. Setelah disaring menggunakan mesin *sheaker*, timbanglah butiran-butiran tanah yang tertinggal di setiap saringan.
- g. Langkah selanjutnya untuk pengujian Analisa hydrometer dengan mengambil sampel tanah yang lolos saringan No.200.
- h. Buat campuran antara sodium hexamethaphosphat dengan air suling atau *water glass* 1-1,5 CC dengan komposisi 5 gr: 125 ml, digunakan sebagai bahan *Difloculating Agent* (bahan *disperse*).
- i. Tuangkan larutan *Difloculating Agent* dalam gelas beaker dan masukkan benda uji tanah hasil lolos saringan no.200, aduk sampai rata dengan spatula, dan biarkan terendam selama 24 jam.
- j. Ambil 125 ml larutan *Difloculating Agent* dengan komposisi seperti diatas (langkah h), masukkan kedalam gelas ukur 1000 ml, tambahkan air suling sampai 1000 ml, aduk campuran larutan tersebut sampai betul-betul merata.
- k. Setelah direndam yang sebagaimana dilakukan pada Langkah i lalu tuangkan semua isi campuran ke dalam tabung mixer dan tambahkan air sisa untuk membersihkan gelas breaker, tidak lupa mixer hingga kurang lebih 2 menit.
- l. Lalu setelah kurang lebih selama 2 menit dimixer, tuangkan ke dalam tabung ukur yang berukuran 1000 ml dan tidak lupa tambahkan air sisa saat membersihkan tabung mixer tersebut, hingga tanah dan air tidak tersisa di dalam tabung mixer tersebut.
- m. Setelah itu tabung yang sudah berisi tanah dan air dikocok dengan tangan, caranya tutuplah mulut tabung dengan telapak tangan dan kocoklah, kurang lebih selama 1 menit. Sebagai catatan, saat mengocok pastikan air atau tanah yang berada di dalam tabung tersebut tidak keluar atau tumpah.

- n. Segera setelah di kocokletakkan tabung dalam *water bath* dan dengan hati-hati masukkan alat hidrometer. Biarkan alat hidrometer terapung bebas, dan tekanlah *stopwatch*.
- o. Lakukan bacaan hidrometer (R_a) dan thermometer pada menit ke 2, 5, 30, 60, 250, 1440. Jangan lupa mencatat tanggal/bulan/tahun. Sesudah setiap pembacaan, cuci dan kembalikan hidrometer kedalam tabung gelas ukur yang berisi larutan air suling dan lakukan pembacaan hidrometer (bacaan koreksi terhadap nol hidrometer = Z_c). Hal ini disebabkan karena larutan *Difloculating Agent* (larutan kimia yang digunakan untuk memisahkan butiran tanah) akan mengubah bacaan untuk harga nol. Harga Z_c dapat positif atau negative.
- p. Amati selisih antara batas atas dari cekungan permukaan air dalam pipa. Nilai ini merupakan harga koreksi terhadap m_c pada umumnya batas atas dari minikus dijadikan patokan pada saat pengambilan bacaan selama test berlangsung.
- q. Bersihkan alat, lokasi pengujian dan kembalikan seluruh alat pada tempatnya.

3.3.4.5 Uji batas cair

Pengujian batas cair dimana, kadar air tanah dalam kondisi peralihan tanah antara plastis dengan cair. Alat yang digunakan untuk pengujian batas cair ini yaitu dengan alat Casagrande. Adapun Langkah-langkah pengujian uji batas cair seperti berikut ini:

- a. Tuangkan sampel tanah kurang lebih sebanyak 200 gram ke dalam mangkok porselen, lalu tambahkan dengan air bersih sedikit demi sedikit sebanyak 15 cc sampai 20 cc lalu diaduk hingga merata dengan spatel, bila dirasa sampel masih kurang air, tambahkan air kira-kira 1 cc sampai 3 cc lalu aduk kembali hingga merata.
- b. Sesudah adonan atau sampel benda uji tersebut sudah diaduk hingga benar-benar merata lalu letakkan sebagian sampel ke dalam mangkok cassagrande, menuangkan sampel ke dalam mangkok cassagrande menggunakan spatel agar merata dan tidak ada udara yang terperangkap

dalam tanah. Setelah itu rapikan permukaan tanah hingga benar-benar rata dengan ketinggian bagian depan mangkok cassagrande. Letakkan tanah di mangkok dari sisa meratakan bagian permukaan tanah tadi.

- c. Siapkan alat pembarut yang sudah dibersihkan dengan air, lalu buatlah alur pada pertengahan mangkuk cassagrande hingga tanah tersebut seperti terbagi menjadi dua bagian, membuat alur harus benar-benar lurus dan rapi. Agar alur dapat dibuat dengan rapi bisa menggunakan cara memaju mundurkan beberapa kali dengan ditekan lebih dalam, dan tidak lupa pembarut diberikan air agar sampel tidak melekat pada pembarut Ketika membuat alur.
- d. Segera gerakkan pemutar, sehingga mangkok casagrande terangkat dan jatuh pada alasnya dengan kecepatan 2 putaran per detik, sampai kedua bagian tanah bertemu sepanjang kira-kira 12,7 mm (1/2"). Catatlah jumlah pukulan yang diperlukan tersebut.
- e. Pada percobaan pertama tersebut, jumlah pukulan yang diperlukan harus berkisar antara 30 – 40 kali pukulan dan dimasukkan ke dalam sampel cawan A. Bila ternyata lebih dari 40 kali pukulan, maka tanah kurang basah dan tanah dari mangkok casagrande harus dikembalikan ke dalam mangkok porselen untuk dilakukan penambahan air sedikit demi sedikit dan diaduk sampai merata seperti proses sebelumnya.
- f. Kemudian cuci mangkok cassagrande tersebut menggunakan air lalu bersihkan sisa air dengan lap. Lalu ulangi kembali pekerjaan pada point b sampai point d.
- g. Lalu ambillah sampel tanah dan dimasukkan ke dalam mangkok cassagrande, ratakan permukaannya, buat alur seperti langkah pada point c dan segeralah uji kadar airnya.
- h. Tuangkan air sedikit demi sedikit ke dalam mangkok ingga mendapat kekentalan yang diinginkan aduk hingga merata. Ulangi pekerjaan pada point b–h sehingga diperoleh sampel tanah yang ketukannya 21 s/d 30 dimasukkan ke dalam cawan B, ketukan 11 s/d 20 dimasukkan ke dalam cawan C ketukan 1 s/d 10 dimasukkan ke dalam cawan D.

- i. Setelah semua cawan terisi, masukkan ke dalam oven selama 24 jam.
- j. Setelah 24 jam keluarkan dari oven dan ditimbang lagi.

3.3.4.6 Uji batas plastis dan indeks plastisitas tanah

Pada uji batas plastis ini bertujuan untuk mengetahui batas plastis dari tanah tersebut. Dimana tanah masih dalam keadaan plastis apabila digulung memanjang dengan ukuran diameter 3 mm dan sudah mulai terdapat retakan-retakan. Dan dimana tanah dalam keadaan indeks plastis merupakan selisih antara batas cair dengan batas plastis tanah. Dibawah ini merupakan Langkah-langkah untuk menguji batas plastis dan indeks plastis:

- a. Tuangkan Sebagian tanah kering yang sudah disaring kedalam mangkok porselen, lalu tuangkan air aduk hingga merata. Jika adonan tanah sudah dirasa cukup lastis dapat dilihat dengan membentuk adonan tersebut seperti bulatan kecil dan tidak menempel pada jari ketika ditekan.
- b. Tekanlah dan bentuk seperti bulatan-bulatan kecil beratnya kurang lebih sekitar 8 gr dengan diameter 13 mm. lalu bulatan tersebut ditekan dan digiling diatas permukaan kaca yang rata dan bersih dari noda menggunakan dua jari sehinggat terbentuklah sampel dengan ukuran memanjang dengan diameter sesuai yang diinginkan, ulangi Gerakan maju mundur hingga ukuran diameternya sama.
- c. Apabila benda uji dirasa sudah memiliki diameter 3 mm bisa dibandingkan dengan batang besi perbandingan dan batang benda uji masih belum mengallami retakan-retakan ambillah spatel dan potonglah sampel tersebut menjadi 3 sampai 6 bagian, kemudia remas seluruhnya sampai agak mengeras, yaitu kadar air sampe ini lebih sedikit dari pada sebelum dipotong. Selanjutnya giling lagi menggunakan jari hingga bentuk memanjang seperti batang dengan ukuran diameter 3 mm, dan ternyata apabila sampel masih belum mengalami retakan-retakan, bisa ditambahkan tanah kering yang dimana ukuran butirnya sama dengan sampel, lalu diuleni hingga merata. Dan kembali digiling dan ditekan-tekan.
- d. Setelah sampel mengalami retakan-retakan kumpulkan ke dalam cawan lalu mulailah mengambil hasil atau data dari pengujian kadar air.

3.3.4.7 Uji batas atterbeg variasi

Pengujian batas atterbeg variasi dengan campuran gypsum meliputi uji batas cair, batas plastis dan indeks plastis. Dimana setiap pengujian memiliki 3 jenis campuran gypsum yaitu 5%, 10% dan 15%. Langkah pengujian batas atterbeg sebagai berikut:

A. Pengujian Batas Cair

Pengujian batas cair tanah bermaksud untuk menentukan batas cair tanah adalah kadar air tanah tersebut berada pada peralihan yang diperiksa dengan alat Casagrande. Dalam pengujian ini sampelnya telah dicampur dengan gypsum sebanyak 5%, 10% dan 15%. Berikut ini langkah-langkah pengujian batas cair tanah:

1. Taruhlah contoh sampel tanah yang sudah dicampur dengan gypsum (sebanyak ± 200 gram) dalam mangkok porselen, lalu campur rata dengan air destilasi sebanyak 15cc – 20cc. Aduk-aduk, tekan-tekan dengan spatel, bila perlu tambahkan air secara bertahap berkisar 1cc – 3cc aduk-aduk dan tekan-tekan. Sehingga diperoleh adukan yang benar-benar merata.
2. Apabila adukan tanah ini sudah merata dan kebasahannya telah menghasilkan sekitar 30 – 40 pukulan pada percobaan, taruhlah sebagian tanah tersebut ke dalam mangkok casagrande. Gunakan spatel, sebar dan tekan dengan baik agar tanah tidak berongga atau tidak terperangkatnya gelembung udara dalam tanah. Kemudian ratakan bagian permukaan tanah sesuai dengan ketinggian ujung depan mangkok, lalu kembalikan sisa tanah tersebut ke dalam mangkok porselen.
3. Dengan alat pembarut, buatlah alur lurus pada garis tengah mangkok casagrande searah dengan sumbu alat, sehingga terpisah menjadi dua bagian secara simetris. Lalu buatlah alur dengan pembarut, pastikan ukuran alur setara dengan pembarut. Untuk menghindari terjadinya alur yang tidak baik atau tergesernya tanah dalam mangkok casagrande, buatlah dengan

gerakan maju dan mundur beberapa kali dengan setiap kali sedikit lebih dalam.

4. Setelah membuat alur lurus pada garis tengah mangkuk, segera gerakkan pemutar hingga mangkuk terangkat dan terjatuh sampai kedua belah tanah bertemu. Catatlah jumlah pukulan pada saat tanah mulai menyatu.
5. Pada percobaan pertama tersebut, jumlah pukulan harus antara 31s/d 40 kali, lalu masukkan sampel tanah yang berada dimangkukcasagrande ke dalam 2 sampel cawan A dengan masing-masing berat cawan 38 gram.
6. Ulangi semua langkah 1 – 5 di atas sehingga mendapatkan sampel tanah yang ketukannya 21 s/d 30 dimasukkan ke dalam cawan B, ketukan 11 s/d 20 dimasukkan ke dalam cawan C ketukan 1 s/d 10 dimasukkan ke dalam cawan D.
7. Lalu dimasukkan ke dalam oven hingga 24 jam.
8. Setelah 24 jam timbang lagi, dan mulailah mengolah data.

B. Pengujian batas plastis dan indeks plastis

Uji batas plastis ini untuk menentukan batas plastis tanah dimana kadar air minimum bagi tanah tersebut yang masih berada dalam keadaan plastis. Tanah yang ada dalam keadaan plastis, apabila tanah digulung menjadi batang-batang berdiameter 3 mm mulai retak-retak. Indeks plastisitas merupakan selisih dari batas cair dan batas plastisnya tanah. Dalam pengujian ini sampelnya telah dicampur dengan gypsum sebanyak 5%, 10% dan 15%. Berikut ini langkah-langkah pengujian batas plastis dan indeks plastisitas tanah:

- a) Tuangkan Sebagian tanah kering yang sudah disaring kedalam mangkok porselen, lalu tuangkan air aduk hingga merata. Jika adonan tanah sudah dirasa cukup lastis dapat dilihat dengan membentuk adonan tersebut seperti bulatan kecil dan tidak menempel pada jari ketika ditekan.

- b) Tekanlah dan bentuklah seperti bulatan-bulatan kecil beratnya kurang lebih sekitar 8 gr dengan diameter 13 mm. lalu bulatan tersebut ditekan dan digiling diatas permukaan kaca yang rata dan bersih dari noda menggunakan dua jari sehinggat terbentuklah sampel dengan ukuran memanjang dengan diameter sesuai yang diinginkan, ulangi gerakan maju mundur hingga ukuran diameternya sama.
- c) Bila pada benda uji dirasa sudah memiliki diameter 3 mm bisa dibandingkan dengan batang besi perbandingan dan batang benda uji masih belum mengallami retakan-retakan ambillah spatel dan potonglah sampel tersebut menjadi 3 sampai 6 bagian, kemudia remas seluruhnya sampai agak mengeras, yaitu kadar air sampe ini lebih sedikit dari pada sebelum dipotong. Selanjutnya giling lagi menggunakan jari hingga bentuk memanjang seperti batang dengan ukuran diameter 3 mm, dan ternyata apabila sampel masih belum mengalami retakan-retakan, bisa ditambahkan tanah kering yang dimana ukuran butirnya sama dengan sampel, lalu diuleni hingga merata. Dan kembali digiling dan ditekan-tekan.
- d) Kumpulkan sampel ke dalam 2 cawan.
- e) Timbang sampel tanah tersebut dengan berat masing-masing cawan 37 gram.
- f) Lalu dimasukkan ke dalam oven hingga 24 jam.
- g) Setelah 24 jam timbang lagi, dan mulailah mengolah data.

3.3.4.8 Uji pemadatan tanah

Tujuan dari pengujian pemadatan tanah ini ialah utuk mengetahui dan bisa menentukan hubungan kadar air dengan berat volume kering, jadi data yang dihasilkan berupa kadar air optimum dan kepadatan tanah maksimal. Adapun cara pengujian kepadatan tanah adalah sebagai berikut:

- a. Bila contoh tanah yang akan digunakan untuk pengujian pemadatan ini masih basah, keringkan tanah tersebut diudara atau menggunakan alat pengering

dengan suhu tidak melebihi 60°C. Pengeringan dilakukan secukupnya saja sampai gumpalan-gumpalan tanah dapat dengan mudah dihancurkan menjadi butiran-butiran tanah.

- b. Butiran tanah yang tidak lolos saringan No.4 ditumbuk Kembali agar butiran-butiran yang masih menggumpal bisa pecah dan disaring Kembali.
- c. Setelah disaring butiran yang lolos saringan No.4 akan digunakan menjadi bahan uji.
- d. Adapun bahan stabilisasi yang digunakan yaitu limbah gypsum yang sudah ditumbuk dan disaring menggunakan lolos saringan No.200
- e. Setelah itu tanah dan gypsum dicampur sesuai takaran yang digunakan dan campur dengan air hingga beratnya mencapai 2 kg.
- f. Dalam pengujian ini menggunakan tanah berlempung, yang dimana air sulit meresap ke dalam tanah lempung secara merata. Maka, agar tanah meresap air dengan merata perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:
 - 1) Setelah gypsum dan tanah dicampur dengan air lalu diaduk hingga merata lalu tuangkan ke dalam plastic kedap udara dan disimpan selama kurang lebih 12 jam agar air dalam tanah meresap lebih merata. Dikarenakan pemadatan akan dilakukan selama 6 kali dengan kadar air yang tentunya berbeda-beda pada setiap sampel, maka untuk tanah berlempung perlu disiapkan tanah yang banyak.
 - 2) Siapkan 5 bagian benda uji, yang masing-masing sekurang-kurangnya 2 kg, masing-masing bagian dicampur secara merata sehingga kadar air yang diperoleh berbeda-beda. Dan masing-masing disimpan dalam tempat tertutup atau kantong-kantong plastik.
- g. Lalu silinder atau tabung besi yang digunakan untuk pemadatan dibersihkan terlebih dahulu kemudian ditimbang (*W1*).
- h. Kemudian ambil dan pasang pelat alas serta silinder sambungan. Pada saat proses penumbukan, pelat silinder harus diletakkan di tempat yang datar dan kuat seperti lantai, tidak boleh di atas tanah karena akan menyebabkan kekuatan yang tidak seimbang, maka akan berpengaruh pada tingkat kepadatan benda uji.

- i. Kemudian ambillah tanah yang sudah didiamkan selama 24 jam di dalam kantong plastic dan tuangkan ke dalam silinder besi sebanyak 3 lapis, lapisan pertama sesudah dipadatkan diperoleh ketinggian 0,50 cm, kemudian pada lapisan kedua masukkan Kembali tanah dalam silinder dan ditumbuk Kembali, berikutnya tuangkan lagi tanah untuk lapisan ketiga, dan ditumbuk dengan tumbukan besi (2,5 kg). Saat menumbuk usakan searah dengan jarum jam.
- j. Setelah selesai dipadatkan lepaslah sambungan silinder yang berada pada sisi tabung besi silinder dan ratakan atau rapikan permukaan tanah menggunakan spatel, apabila terdapat permukaan yang tidak rata tamballah dengan sisa tanah tumbukan tadi dan tidak lupa ditekan-tekan. Setelah itu lepaskan pelat besi yang masih menempel dan timbang berat tanah + silinder (W_2).
- k. Setelah ditimbang, keluarkanlah sampel benda uji atau tanah yang berapa di dalam silinder dan dibelah jadi 3 bagian menggunakan pisau untuk mendapatkan data hasil uji kadar airnya (W_3).
- l. Pemadatan tanah ini dilakukan 6 kali, karena untuk mendapatkan kadar air dibawah kadar air optimum perlu 3 data dan 3 data juga untuk menentukan kadar air di atas kadar air optimum.

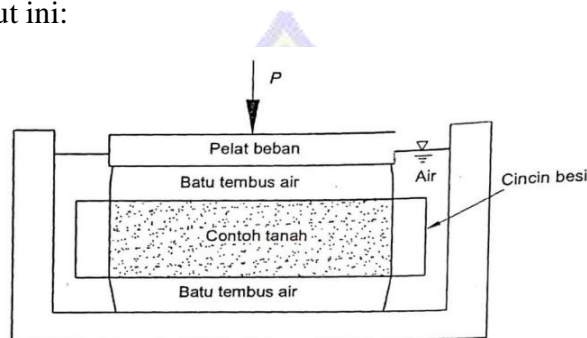
3.3.4.9 Uji Konsolidasi

Uji konsolidasi ini bertujuan agar mengetahui perubahan volume maupun tinggi sampel yang diberikan beban secara berkala dengan mengacu terhadap waktu. Dalam penelitian ini sampel telah dicampur dengan limbah gypsum sebesar 5%, 10% dan 15%. Berikut ini merupakan skema alat Oedometer atau Konsolidometer. Berikut ini langkah-langkah uji kondolodasi:

- a. Campuran tanah dan gypsum setelah diberikan air sesuai takaran, masukkan ke dalam silinder konsolidasi dan ditekan atau bisa ditumbuk hingga tanah benar-benar padat dan penuh.
- b. Lalu setelah dipadatkan atau ditekan-tekan rapikan permukaan benda uji yang ketinggiannya sama dengan silinder konsolidasi, lalu susunlah beberapa alat agar bisa masuk ke dalam sel konsolidasi:
 - 1) Batu porous
 - 2) Kertas pori

- 3) Sampel tanah dalam ring
- 4) Kertas Pori
- 5) Batu pourus
- 6) Silinder tembaga yang berfungsi meratakan beban
- 7) Penahan dengan 3 mur

Berikut adalah gambar penyusunan modul ke sel konsolidasi dapat dilihat pada Gambar 3.19 berikut ini:



Gambar 4.18 Penyusunan modul ke sel konsolidasi
(Sumber: Hardiatmo, 2018)

- c Lakukan pembacaan pada dial dengan loading sebesar 1000gr, kemudian dilakukan pencatatan. Pembacaan dilakukan pada interval waktu 0", 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', 30', 1, 2, 4, 8 dan 24 jam.
- d Setelah waktu 24 jam, ulangi Langkah C untuk masing-masing beban 2000, 4000, 8000 gr dengan kurun waktu 24 jam lalu bersiaplah melakukan pembacaan pada dial tersebut.
- e Setelah membaca beban pada berat 1000, 2000, 4000, 8000 gr selanjutnya bacalah pengembangan yang terjadi.
- f Pengembangan awal yaitu dengan melepas beban hingga tersisa beban seberat 2000 gr, kemudian melakukan pembacaan dial pada interval waktu 0", 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', 30', 1, 2, 4, 8 dan 24 Jam.
- g Selanjutnya keluarkanlah benda uji dari dalam sel konsolidasi lalu ditimbang, setelah itu masukkan ke dalam oven untuk mengetahui berapakah berat kering sampel (W_d) sehingga dapat ditentukan kadar airnya.

3.4 Bagan Alir Penelitian

