

**SKRIPSI**  
**PERILAKU PENURUNAN TANAH TERHADAP *DRY SIDE OF OPTIMUM***  
**DAN *WET SIDE OF OPTIMUM* PADA KEPADATAN TANAH RAWA**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi**  
**Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata S1**  
**Fakultas Teknik**  
**Universitas Muhammadiyah Mataram**



**DISUSUN OLEH:**  
**AHMAD ADRIANSYAH**  
**2019D1B015**

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

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**SKRIPSI**  
**PERILAKU PENURUNAN TANAH TERHADAP *DRY SIDE OF OPTIMUM***  
**DAN *WET SIDE OF OPTIMUM* PADA KEPADATAN TANAH RAWA**

Disusun Oleh:

**AHMAD ADRIANSYAH**  
**2019D1B015**

**Mataram, 14 Juni 2023**

**Pembimbing I,**

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

**PembimbingII,**

**M.Khalis Ilmi, ST., M.Eng**  
**NIDN. 0831089401**

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**Dekan,**



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

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**

**SKRIPSI**

**PERILAKU PENURUNAN TANAH TERHADAP *DRY SIDE OF OPTIMUM*  
DAN *WET SIDE OF OPTIMUM* PADA KEPADATAN TANAH RAWA**

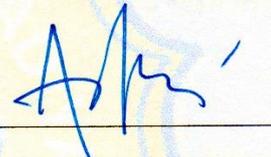
Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

**AHMAD ADRIANSYAH**  
**2019D1B015**

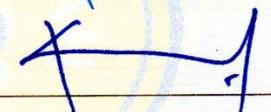
•Telah Dipresentasikan di Depan Tim Penguji  
Pada Rabu, 21 juni 2023  
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat

**Susunan Tim Penguji**

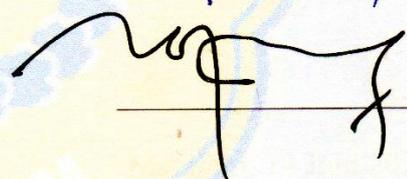
1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.



2. Penguji II : M. Khalis Ilmi, ST., M.Eng



3. Penguji III : Isfanari, ST., MT.



**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**



**Dekan,**



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

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir/skripsi dengan judul :

**“PERILAKU PENURUNAN TANAH TERHADAP *DRY SIDE OF OPTIMUM*  
DAN *WET SIDE OF OPTIMUM* PADA KEPADATAN TANAH RAWA”**

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 dikemudian 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, 14 Juni 2023

Yang Membuat Pernyataan



**Ahmad Adriansyah**  
**2019D1B015**



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

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME

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

Nama : AHMAD ADRIANSYAH  
NIM : 2019D1B015  
Tempat/Tgl Lahir : Tangerang, 25 - Desember - 1997  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp : 085693132131  
Email : [adriansyahahmed2@gmail.com](mailto:adriansyahahmed2@gmail.com)

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

PERILAKU PENURUNAN TANAH TERHADAP DRY SIDE OF OPTIMUM DAN WET SIDE  
OF OPTIMUM PADA KEPADATAN TANAH RAWA

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 47%

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

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

Mataram, Senin 10 - Juli - 2023  
Penulis



AHMAD ADRIANSYAH  
NIM. 2019D1B015

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

\*pilih salah satu yang sesuai



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

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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : AHMAD ADRIANSYAH  
NIM : 2019D18015  
Tempat/Tgl Lahir : Tangerang, 25 - Desember - 1997  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 085693132131  
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:

PERILAKU PENURUNAN TANAH TERHADAP DRY SIDE OF OPTIMUM DAN WET SIDE OF OPTIMUM PADA KEPADATAN TANAH RAWA

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.  
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 10 Juli - 2023  
Penulis



AHMAD ADRIANSYAH  
NIM. 2019D18015

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Saya ucapkan banyak-banyak syukur kepada Allah Subhanhuwa Ta'ala yang telah memberi rahmat, ridhonya dan kemudahan serta kelancaran sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi.
2. Untuk orang tua yang selalu memberi dukungan berupa doa-doa sehingga segala macam kesulitan dalam penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Untuk Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku dosen pembimbing I, Saya ucapkan terima kasih atas segala arahan, bimbingan dan ilmu yang diberikan serta selalu sabar dalam membimbing saya. Semoga kebaikan ibu menjadi nilai kebaikan di mata Allah dan manfaat untuk saya.
4. Untuk M.Khalis Ilmi, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing II, terima kasih atas arahan dan bimbingannya dan selalu meluangkan waktu untuk meynampaikan bimbingan di sela-sela waktu sibuknya. Semoga apa yang kebaikan serta kesabaran bapak senantiasa menjadi nilai kebaikan di mata Allah.
5. Segenap dosen dan staf akademik yang selalu membantu dalam pengajaran dan fasilitas ilmu pada penulis hingga dapat menyelesaikan studi pada tahap skripsi.
6. Rekan – rekan mahasiswa keluarga besar teknik sipil khususnya angkatan 2019. Sahabat tercinta D'jiptac dan BokirCs yang selalu memberi dukungan, motivasi dan semangat semasa waktu perkuliahan.

## HALAMAN MOTTO

“Sungguh, Kami telah menciptakan manusia dari setetes mani yang bercampur yang kami hendak mengujinya (dengan perintah dan larangan), karena itu kami jadikan dia mendengar dan melihat”

(QS: Al-Insan: 2)

“Sungguh, Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya”

(QS: At-Tin: 4)

“Dan Dia mendapatimu sebagai orang yang kekurangan, lalu Dia memberikan kecukupan”

(QS: Adh-dhuhaa: 8)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS: Al-Insyiroh: 6)

“Dan Kami memudahkan bagimu ke jalan kemudahan (mencapai kebahagiaan dunia dan akhirat)”

(QS: Al-Al'a: 8)

*“Life is like riding bicycle, to keep your balance you must to keep moving”*

(Albert Einstein)

## PRAKATA

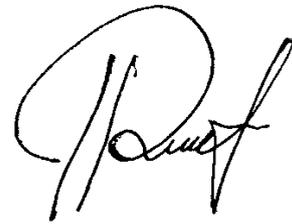
Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan begitu banyak nikmat, rahmat dan ridho. Salah satu nikmat yang diberikan ialah kelancaran dan kemudahan dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Perilaku Penurunan Tanah Terhadap *Dry Side Of Optimum* dan *Wet Side Of Optimum* Pada Kepadatan Tanah Rawa**” sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi jenjang Strata 1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih yang tulus kepada pihak yang membantu menyelesaikan laporan tugas akhir ini yakni kepada:

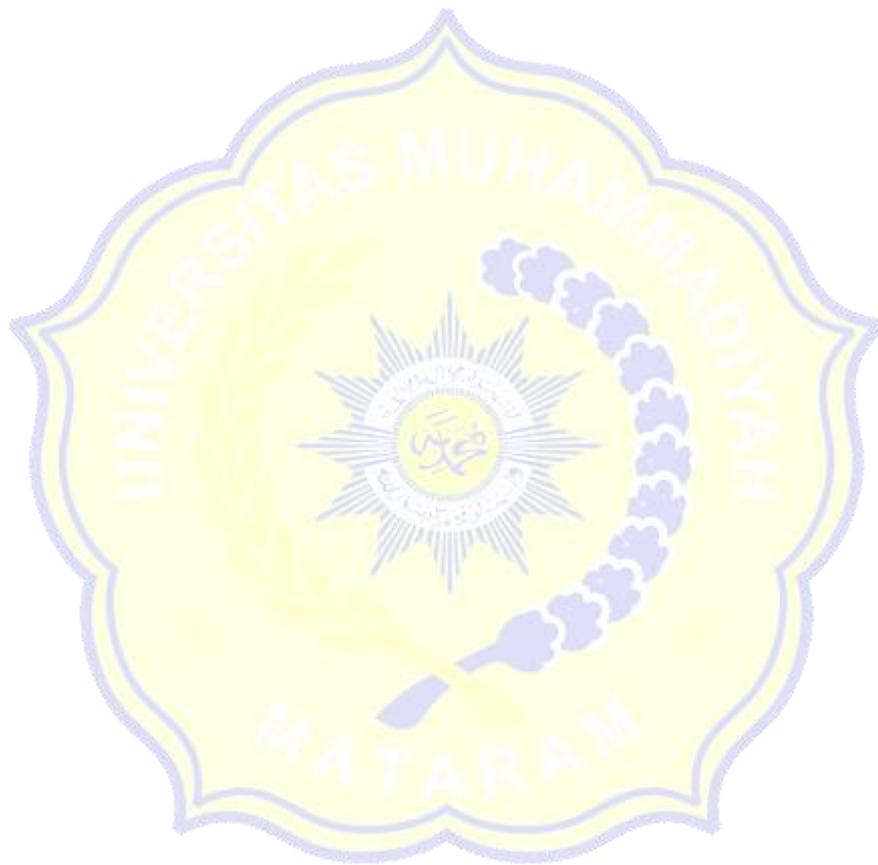
1. Drs. Abdul Wahab, M.A. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I.
5. M. Khalis Ilmi, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II.
6. Segenap dosen dan karyawan program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini semoga semua yang membantu secara langsung maupun tidak langsung diberikan balasan oleh Allah SWT. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekeliruan maka dari itu kritik serta saran yang membangun dari pembaca sangat membantu dalam menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam mengembangkan ilmu khususnya bidang teknik sipil.

Mataram, 14 Juni 2023



Penyusun  
Ahmad Adriansyah



## INTISARI

Tanah rawa umumnya merupakan tanah yang lembek, kompleks, tidak stabil, memiliki daya dukung rendah dan merupakan lahan rawa pasang surut yang disebabkan adanya pengaruh pasang surut tinggi muka air laut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku penurunan tanah pada kondisi *dry side of optimum* dan *wet side of optimum* pada kepadatan tanah rawa serta membandingkan nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ), indeks pemampatan ( $C_c$ ) dan koefisien pemampatan ( $a_v$ ).

Penelitian dilakukan di laboratorium mekanika tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram dengan pengujian konsolidasi berdasarkan SNI 2812-2011. Pengujian dilakukan menggunakan 3 sampel dengan variasi kadar air berdasarkan pengujian pemadatan tanah *dry side of optimum* 11,7%, kadar air optimum 16.7%, dan *wet side of optimum* 21.7%. kemudian dilakukan penambahan pembebanan pada sampel dengan beban bertahap 1000gr, 2000gr, 4000gr, 8000gr dengan waktu pembacaan 0', 15'', 30'', 1', 2', 4', 8', 15', 30', 1, 2, 4, 8 dan 24 jam. Pemberian beban yang bertahap bertujuan untuk mengetahui nilai Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ), Indeks pemampatan ( $C_c$ ), dan Koefisien pemampatan ( $a_v$ ) yang terjadi pada masing-masing sampel.

Hasil pengujian perilaku penurunan tanah pada sampel *dry side of Optimum* dan *wet side of optimum* pada tanah rawa, sampel A *dry side of optimum* merupakan sampel yang terbaik diantara sampel B kadar air optimum dan sampel C *wet side of optimum*, karena waktu penurunan yang tercepat dan besaran penurunan yang terendah serta nilai koefisien pemampatan ( $a_v$ ) paling rendah. Nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) yang didapat sebesar  $0.446 \text{ cm}^2/\text{detik}$ , nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) sebesar 0.723, dan nilai koefisien pemampatan ( $a_v$ ) sebesar  $0.062 \text{ cm}^2/\text{kg}$ , penurunan konsolidasi ( $S_c$ ) sebesar 3.989 mm.

**Kata kunci:** Penurunan Tanah, Tanah Rawa, Konsolidasi, *Dry Side of Optimum*, *Wet Side of Optimum*.

## ABSTRACT

Marshland typically has a limited carrying capacity, is complicated and unstable, and is characterized by tidal marshes brought on by strong tides and rising sea levels. The goal of this study was to examine the values of the consolidation coefficient ( $C_v$ ), compression index ( $C_c$ ), and compression efficiency ( $\alpha_v$ ) to establish how soil settlement behaved under dry and wet optimal circumstances on swamp soil density.

Consolidation testing based on SNI 2812-2011 was used in the research, which was carried out in the soil mechanics lab of the Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of Mataram. Based on soil compaction testing, tests were conducted using three samples with varying water contents: an ideal dry side of 11.7%, an ideal water content of 16.7%, and an ideal wet side of 21.7%. The sample is then subjected to further loading, consisting of incremental loads of 1000gr, 2000gr, 4000gr, and 8000gr, with reading intervals of 0', 15', 30', 1', 2', 4', and 8', 15', 30', 1, 2, 4, and 8 hours. The consolidation coefficient ( $C_v$ ), compression index ( $C_c$ ), and compression coefficient ( $\alpha_v$ ) values for each sample are to be calculated through gradual loading.

The findings of evaluating soil settling behaviour on swampland samples on the dry and wet sides of the optimum, sample A dry side of optimum is the best sample between sample B's optimum water content and sample C's wet side of optimum because the settlement duration is the shortest, the settlement magnitude is the smallest, and the compression coefficient ( $\alpha_v$ ) is the smallest. The obtained consolidation coefficient ( $C_v$ ) is 0.446 cm<sup>2</sup>/second, the compression index ( $C_c$ ) is 0.723, the compression coefficient ( $\alpha_v$ ) is 0.062 cm<sup>2</sup>/kg, and the consolidation settlement ( $S_c$ ) is 3.989 mm.

**Keywords:** Land Subsidence, Swamp Land, Consolidation, Dry Side of Optimum, Wet Side of Optimum



ABSTRAK

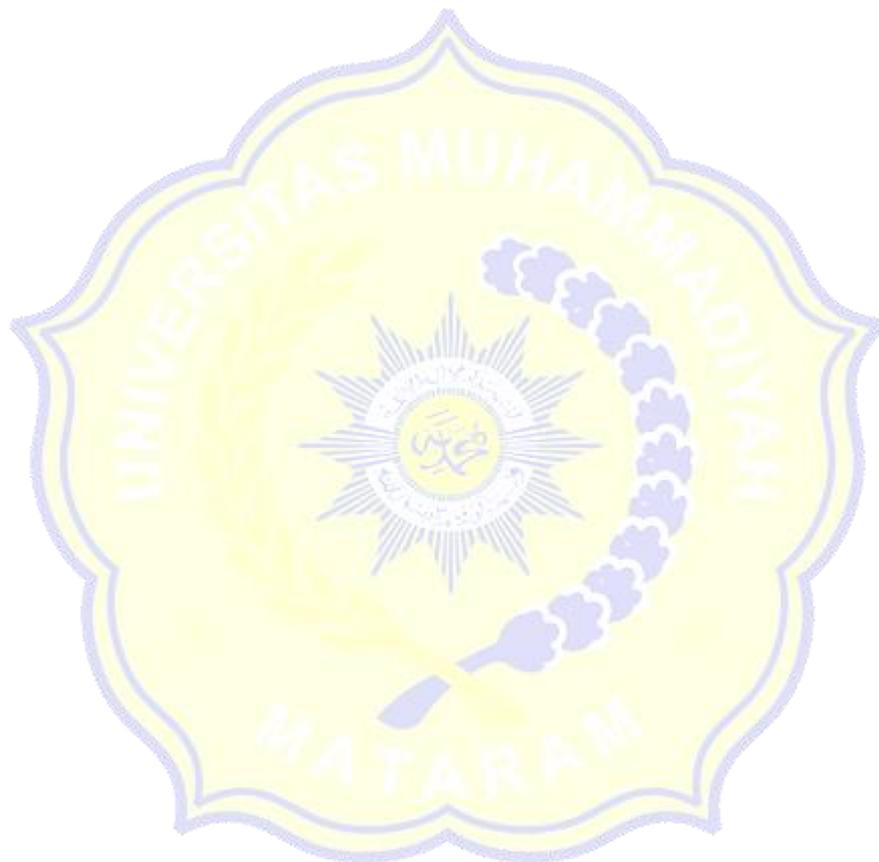
## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG .....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO .....	viii
PRAKATA.....	ix
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR PERSAMAAN .....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
DAFTAR NOTASI.....	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Tanah.....	7
2.2.2 Pengertian Rawa .....	7

2.2.3 Pembentukan Rawa.....	9
2.2.4 Karakteristik Tanah di Lahan Rawa .....	10
2.2.5 Tanah Organik .....	10
2.2.6 Kadar Air .....	13
2.2.7 Berat Isi Tanah.....	13
2.2.8 Berat Jenis Tanah.....	14
2.2.9 Batas <i>Atterberg</i> .....	15
2.2.10 Analisa Saringan dan Hidrometer.....	16
2.2.11 Pemadatan Tanah.....	16
2.2.12 Sistem Klasifikasi Tanah .....	17
2.2.13 Sistem Klasifikasi Tanah USCS .....	17
2.2.14 Kondisi <i>Dry Side of Optimum</i> dan <i>Wet Side of Optimum</i> .....	20
2.2.15 Penurunan Tanah ( <i>Settlement</i> ).....	23
2.2.16 Konsolidasi .....	23
2.2.17 Analogi Konsolidasi Satu Dimensi.....	24
2.2.18 Pengaruh Gangguan Benda Uji Pada Grafik e-Log P.....	28
2.2.19 Pengujian Konsolidasi Tanah .....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>43</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	43
3.2 Persiapan Penelitian .....	43
3.2.1 Pengambilan Sampel Tanah.....	43
3.2.2 Alat.....	44
3.2.3 Bahan .....	50
3.3 Pelaksanaan Pengujian.....	50
3.4 Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium.....	50
3.4.1 Kadar Air ( <i>Moisture Content</i> ).....	50
3.4.2 Berat Volume ( <i>Unit Volume</i> ).....	51
3.4.3 Berat Jenis ( <i>Specific Gravity</i> ) .....	51
3.4.4 Batas Cair ( <i>Liquid Limit</i> ) .....	52
3.4.5 Batas Plastis dan Indeks Plastisitas ( <i>Plastic Limit &amp; Plasticity Index</i> ) .....	53

3.4.6 Analisa Saringan dan Hidrometer ( <i>Sieve Analysis</i> ) .....	53
3.4.7 Pengujian Konsolidasi .....	55
3.5 Prosedur Pengujian Utama.....	55
3.6 Tahapan Penelitian.....	58
3.6.1 Studi Pustaka.....	58
3.6.2 Pengumpulan Data.....	58
3.6.3 Analisis Data.....	58
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>60</b>
4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	60
4.1.1 Kadar Air Tanah .....	60
4.1.2 Berat Isi Tanah.....	60
4.1.3 Berat Jenis Tanah.....	61
4.1.4 Batas Cair Tanah.....	62
4.1.5 Batas Plastis dan Indeks Plastisitas.....	63
4.1.6 Analisa Saringan dan Hidrometer.....	64
4.1.7 Klasifikasi Tanah .....	65
4.1.8 Uji Pemadatan Tanah.....	66
4.2 Analisa Hasil Pengujian Konsolidasi.....	67
4.2.1 Hasil Perhitungan $t_{90}$ .....	67
4.2.2 Hasil Perhitungan Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ).....	76
4.2.3 Hasil Perhitungan Indeks Pemampatan ( $C_c$ ) & Koefisien Konsolidasi ( $a_v$ ) .....	78
4.3 Variasi Hubungan Prosentase Dry Side of Optimum, Kadar Air Optimum dan Wet Side of Optimum Dengan Nilai $C_v$ , $C_c$ dan $a_v$ .....	79
4.3.1 Hubungan Prosentase Kadar Air Dengan Nilai Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) .....	79
4.3.2 Hubungan Prosentase Kadar Air Dengan Nilai Indeks Pemampatan ( $C_c$ ).....	80
4.3.3 Hubungan Prosentase Kadar Air Dengan Nilai Koefisien Pemampatan ( $a_v$ ) .....	81
4.4 Perhitungan Penurunan Konsolidasi ( $S_c$ ) .....	82

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	83
5.1 Kesimpulan .....	83
5.2 Saran .....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	
<b>LAMPIRAN</b> .....	

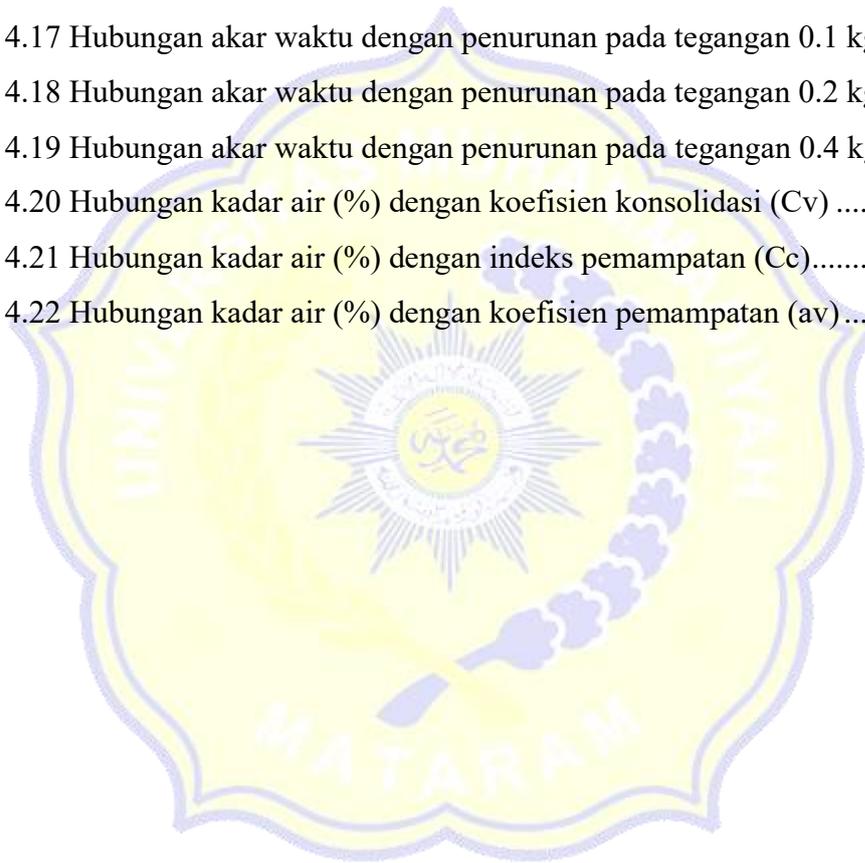


## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi rawa secara fisik .....	8
Gambar 2.2 Klasifikasi tanah menurut Konvensi Ramsar (Davies et al, 1995) .....	10
Gambar 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah USCS .....	19
Gambar 2.4 Kondisi <i>dry side of optimum</i> , kadar air optimum, dan <i>wet dry of optimum</i> .....	20
Gambar 2.5 Pengaruh pemadatan pada susunan tanah (Lambe, 1958 dalam Hardiyatmo, 2017) .....	21
Gambar 2.6 Perubahan permeabilitas dengan kadar air yang diberikan (Lambe, 1958 dalam Hardiyatmo, 2017) .....	22
Gambar 2.7 Perubahan pemampatan pada kadar air yang diberikan (Lambe, 1958 dalam Hardiyatmo, 2017) .....	22
Gambar 2.8 Analogi Piston dan Pegas. (a) sebelum dibebani, (b) dibebani dengan katup tertutup, (c) katup dibuka, air terdrain, piston turun, (d) piston tidak lagi turun, konsolidasi selesai .....	25
Gambar 2.9 Reaksi tekanan air pori saat konsolidasi (a) Pondasi pada tanah lempung jenuh (b) Diagram perubahan tekanan air pori terhadap waktu .....	27
Gambar 2.10 Contoh Pengaruh Gangguan Pada Kurva Pemampatan .....	30
Gambar 2.11 Skema Alat Pengujian Konsolidasi .....	31
Gambar 2.12 Sifat Khusus Grafik Hubungan $\Delta H$ atau $e$ Terhadap $\log t$ .....	32
Gambar 2.13 Sifat Khusus Grafik Hubungan $e$ - $\log p'$ .....	32
Gambar 2.14 Fase Konsolidasi (a) Sebelum konsolidasi, (b) Sesudah konsolidasi... ..	33
Gambar 2.15 hasil Pengujian Konsolidasi (a) Plot Angka Pori terhadap Tegangan Efektif $e - P'$ (b) Plot Regangan terhadap Tegangan Efektif $\Delta H/H - P'$ .....	34
Gambar 2.16 Indeks Pemampatan $C_c$ pada kurva laboratorium .....	36
Gambar 2.17 Metode Kecocokan log-waktu .....	39
Gambar 2.18 Metode Akar Waktu .....	39
Gambar 2.19 Penentuan indeks pemampatan sekunder ( $C_{\alpha r}$ ) .....	41
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan sampel tanah .....	43

Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Tanah .....	44
Gambar 3.3 Cawan.....	44
Gambar 3.4 Piknometer .....	44
Gambar 3.5 Pengaduk Tanah .....	45
Gambar 3. 6 Timbangan ketelitian 0.01 .....	45
Gambar 3.7 Alat Cassagrande .....	45
Gambar 3.8 Alat penumbuk .....	46
Gambar 3.9 Cetakan .....	46
Gambar 3.10 Saringan .....	46
Gambar 3.11 Oven .....	47
Gambar 3.12 Alat Uji Konsolidasi .....	47
Gambar 3.13 Spatula .....	47
Gambar 3.14 Plat Kaca .....	48
Gambar 3.15 Mesin Ayakan .....	48
Gambar 3.16 Kompor.....	48
Gambar 3.17 Ring & Extruder.....	49
Gambar 3.18 <i>Dial gauge</i> .....	49
Gambar 3.19 Tabung ukur 100 ml .....	49
Gambar 3.20 Susunan Modul Uji Konsolidasi .....	57
Gambar 3.21 Bagan Alir Penelitian .....	59
Gambar 4.1 Hasil pengujian batas cair .....	63
Gambar 4.2 Hasil pengujian analisa ayakan dan hidrometer .....	65
Gambar 4.3 Hubungan kadar air dan berat volume kering.....	66
Gambar 4.4 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.05 kg/ cm <sup>2</sup> ..	67
Gambar 4.5 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.1 kg/ cm <sup>2</sup> ..	68
Gambar 4.6 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.2 kg/ cm <sup>2</sup> ...	68
Gambar 4.7 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.4 kg/ cm <sup>2</sup> ...	69
Gambar 4.8 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.05 kg/ cm <sup>2</sup> ..	69
Gambar 4.9 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.1 kg/ cm <sup>2</sup> ...	70
Gambar 4.10 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.2 kg/cm <sup>2</sup> ..	70
Gambar 4.11 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.4 kg/ cm <sup>2</sup> ..	71

Gambar 4.12 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.05kg/ cm <sup>2</sup>	71
Gambar 4.13 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.1 kg/ cm <sup>2</sup>	72
Gambar 4.14 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.2 kg/ cm <sup>2</sup>	72
Gambar 4.15 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.4 kg/c cm <sup>2</sup>	73
Gambar 4.16 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.05kg/ cm <sup>2</sup>	73
Gambar 4.17 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.1 kg/ cm <sup>2</sup>	74
Gambar 4.18 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.2 kg/ cm <sup>2</sup>	74
Gambar 4.19 Hubungan akar waktu dengan penurunan pada tegangan 0.4 kg/ cm <sup>2</sup>	75
Gambar 4.20 Hubungan kadar air (%) dengan koefisien konsolidasi (Cv) .....	79
Gambar 4.21 Hubungan kadar air (%) dengan indeks pemampatan (Cc).....	80
Gambar 4.22 Hubungan kadar air (%) dengan koefisien pemampatan (av) .....	81



## DAFTAR TABEL

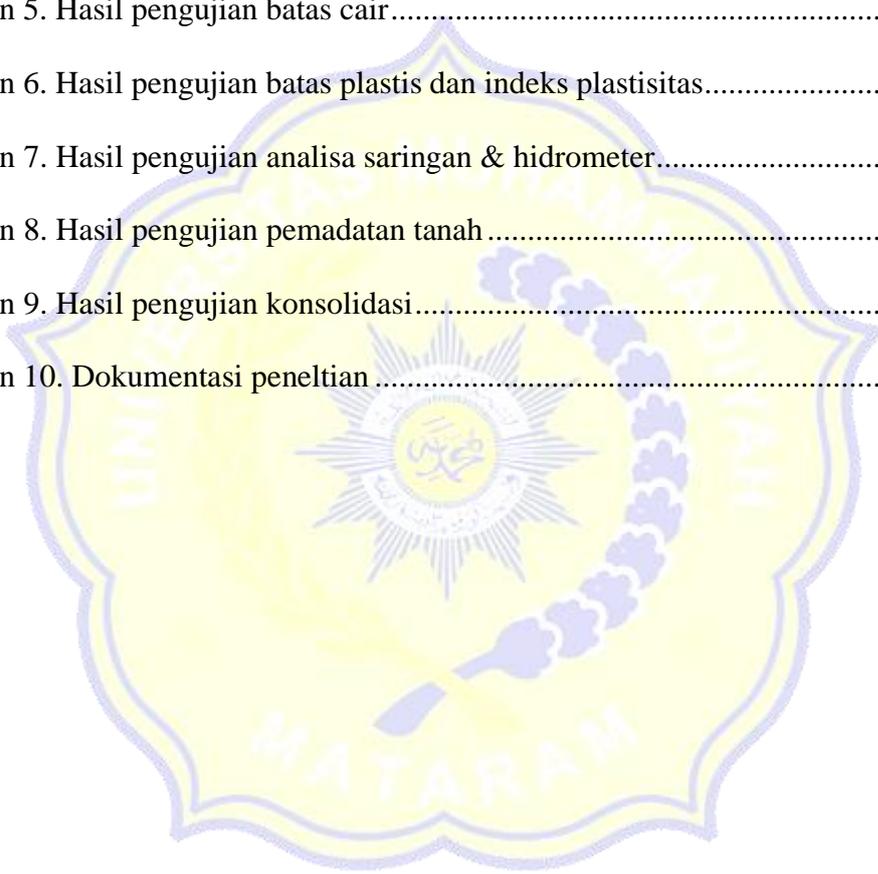
	Halaman
Tabel 2.1 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah .....	18
Tabel 4.1 Pengujian kadar air tanah.....	63
Tabel 4.2 Pengujian berat isi tanah .....	64
Tabel 4.3 Pengujian berat jenis tanah .....	65
Tabel 4.4 Pengujian batas plastis tanah.....	66
Tabel 4.5 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah .....	67
Tabel 4.6 Data klasifikasi tanah .....	68
Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil perhitungan $t_{90}$ .....	78
Tabel 4.8 Hasil perhitungan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) sampel A.....	78
Tabel 4.9 Hasil perhitungan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) sampel B.....	79
Tabel 4.10 Hasil perhitungan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) sampel C.....	79
Tabel 4.11 Hasil perhitungan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) sampel D.....	79
Tabel 4.12 Rekapitulasi hasil perhitungan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) .....	80
Tabel 4.13 Hasil perhitungan indeks pemampatan ( $C_c$ ) dan koefisien pemampatan ( $a_v$ ) .....	80
Tabel 4.14 Hubungan nilai $C_v$ dengan kondisi sampel.....	81
Tabel 4.15 Hubungan nilai $C_c$ dengan kondisi sampel.....	82
Tabel 4.16 Hubungan nilai $a_v$ dengan kondisi sampel .....	83
Tabel 4.17 Hasil perhitungan penurunan ( $S_c$ ).....	84

## DAFTAR PERSAMAAN

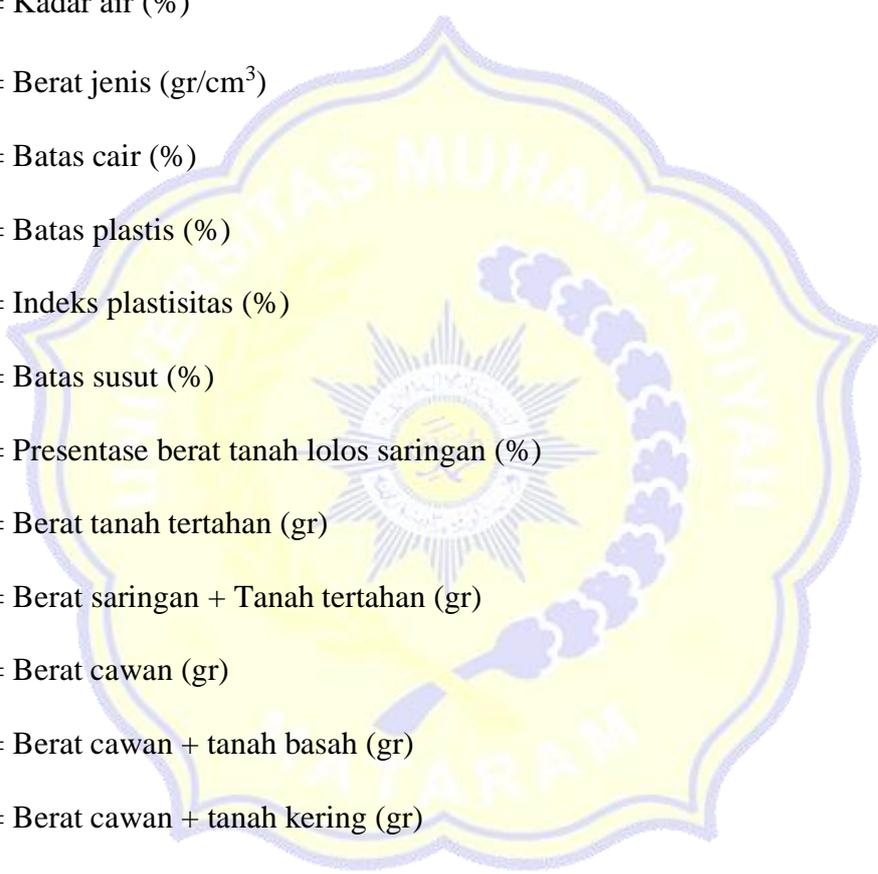
	Halaman
Persamaan 2.1 Perhitungan kadar air .....	15
Persamaan 2.2 Perhitungan berat volume tanah basah .....	16
Persamaan 2.3 Perhitungan berat volume tanah kering .....	16
Persamaan 2.4 Perhitungan berat jenis tanah .....	16
Persamaan 2.5 Perhitungan volume tanah basah pada pemadatan .....	19
Persamaan 2.6 Perhitungan volume tanah kering pada pemadatan .....	19
Persamaan 2.7 Pengujian konsolidasi satu dimensi .....	35
Persamaan 2.8 Perhitungan tinggi pasca konsolidasi .....	35
Persamaan 2.9 Perubahan volume arah vertikal .....	35
Persamaan 2.10 Kemiringan kurva $e - P'$ .....	36
Persamaan 2.11a Perhitungan perubahan volume .....	37
Persamaan 2.11b Perhitungan perubahan volume .....	37
Persamaan 2.12 Perhitungan indeks pemampatan ( $C_c$ ) .....	37
Persamaan 2.13 Hubungan angka kompresi $C_c$ .....	37
Persamaan 2.14 Nilai $C_c$ untuk lempung Chicago .....	38
Persamaan 2.15 Nilai $C_c$ untuk lempung Brasilia .....	38
Persamaan 2.16 Nilai $C_c$ untuk lempung Chicago .....	38
Persamaan 2.17 Nilai $C_c$ untuk tanah organik, gambut .....	38
Persamaan 2.18 Perhitungan nilai $C_v$ untuk $U = 50\%$ .....	40
Persamaan 2.19 Perhitungan nilai $C_v$ untuk $U = 90\%$ .....	42
Persamaan 2.12 Perhitungan konsolidasi sekunder .....	43
Persamaan 2.21 Penurunan akibat konsolidasi sekunder .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat - surat.....	89
Lampiran 2. Hasil pengujian kadar air.....	96
Lampiran 3. Hasil pengujian berat isi tanah.....	98
Lampiran 4. Hasil pengujian berat jenis .....	100
Lampiran 5. Hasil pengujian batas cair.....	102
Lampiran 6. Hasil pengujian batas plastis dan indeks plastisitas.....	105
Lampiran 7. Hasil pengujian analisa saringan & hidrometer.....	107
Lampiran 8. Hasil pengujian pemadatan tanah .....	111
Lampiran 9. Hasil pengujian konsolidasi.....	114
Lampiran 10. Dokumentasi peneltian .....	131



## DAFTAR NOTASI



$\gamma$	= Berat volume ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_{dry}$	= berat volume kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_{wet}$	= berat volume basah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_u$	= berat voume maksimum ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\omega$	= Kadar air (%)
Gs	= Berat jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
LL	= Batas cair (%)
PL	= Batas plastis (%)
IP	= Indeks plastisitas (%)
SL	= Batas susut (%)
q	= Presentase berat tanah lolos saringan (%)
Wai	= Berat tanah tertahan (gr)
Wbi	= Berat saringan + Tanah tertahan (gr)
W1	= Berat cawan (gr)
W2	= Berat cawan + tanah basah (gr)
W3	= Berat cawan + tanah kering (gr)
W4	= Berat tanah kering (gr)
Ww	= Berat air (gr)
Wn	= Kadar air pada ketukan ke-n (%)
$e_0$	= Angka pori awal
$e_1$	= Angka pori saat kondisi primer selesai
$\Delta e$	= Besar perubahan angka pori

- $C_c$  = Indeks Pemampatan
- $C_v$  = Koefisien pemampatan
- $C_r$  = Indeks pemampatan kembali
- $C_{\alpha}$  = indeks pemampatan sekunder
- $a_v$  = Koefisien pemampatan
- $H_0$  = Tinggi awal
- $H_1$  = Tinggi setelah diberi pembebanan
- $\Delta H$  = Perubahan tinggi
- $V$  = Volume awal
- $\Delta V$  = Perubahan volume
- $U$  = Derajat konsolidasi saat waktu tertentu pada kedalaman  $z$  (0-100%)
- $P_c'$  = Tekanan prakonsolidasi
- $\Delta t$  = Perubahan waktu
- $t_2$  =  $t_1 + \Delta t$
- $t_1$  = Waktu setelah konsolidasi primer selesai.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi dan sumber daya alam yang melimpah. Ribuan pulau besar dan kecil dan mulai dari bagian barat sampai timur dan pantai yang indah karena berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Begitu pula Pulau Lombok yang secara geografis merupakan wilayah yang berada di tengah-tengah Indonesia, tepatnya di sebelah barat dari Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Pulau Lombok merupakan salah satu pulau di provinsi Nusa Tenggara Barat yang memiliki luas 5.435 km<sup>2</sup> dengan pertumbuhan penduduk yang masif yang terdiri dari 5 kabupaten/kota yaitu: Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Utara, Lombok Timur dan Kota Mataram. Pulau Lombok memiliki kawasan yang menjadi fokus dalam perencanaan dan pengembangan infrastruktur pariwisata karena memiliki berbagai potensi untuk dapat dikembangkan menjadi salah satu destinasi pariwisata prioritas, salah satunya yaitu di daerah sekitar pesisir Lombok Barat. Kabupaten Lombok Barat juga didukung oleh isu strategis internasional, sektor pariwisata yang menjadi sektor dengan pertumbuhan tercepat di dunia dalam dua puluh tahun terakhir. Pertumbuhan pesat tersebut dilihat dari jumlah wisatawan internasional meningkat sampai 1,08 milyar pada tahun 2013, dan lebih dari 6 milyar wisatawan melakukan perjalanan di dalam negeri mereka masing-masing. Jumlah wisatawan internasional meningkat menjadi 1,4 milyar pada tahun 2020, dan diperkirakan akan menjadi 1,8 milyar pada tahun 2030. Dari jumlah tersebut, 57% wisatawan diperkirakan akan mengunjungi destinasi wisata di negara yang perekonomiannya sedang tumbuh dan berkembang, hal tersebut sangat menguntungkan apabila Kabupaten Lombok Barat benar-benar bisa mengembangkan sektor pariwisatanya (Subagyo, 2021). Potensi diatas dapat dikembangkan secara berkelanjutan dan dikelola sehingga menjadi daya tarik pariwisata yang kuat untuk segmen pasar, terutama yang mencari pengalaman lingkungan alami yang otentik, lokal, murni dan berkualitas. Terdapat 5 fokus utama rencana induk strategis pembangunan di Pulau

Lombok yang dikutip dari Program Pembangunan Pariwisata Terintegrasi, dan Berkelanjutan (P3TB) kawasan inti pariwisata diantaranya kawasan potensial Kota Mataram, kawasan potensial Geopark Rinjani, *Key Tourism Area (KTA)* Gili-senggigi, dan *Key Tourism Area (KTA)* Pantai selatan. Daerah pesisir selatan di sekitar Lombok Barat ke depannya akan lebih banyak pembangunan guna menunjang perkembangan sektor pariwisata yang dikembangkan secara berkelanjutan. Hal ini tentu berpengaruh dengan meningkatnya kebutuhan pembangunan infrastruktur dan lahan yang dibutuhkan untuk daya tarik dalam bidang pariwisata didukung dengan lokasi di Lombok Barat yang berada di lokasi strategis pergerakan wisatawan. Salah satu wilayah yang diprediksi akan banyak pembangunan guna menunjang fasilitas wisatanya adalah pesisir Lombok Barat disekitar Dusun Cemara. Dusun Cemara merupakan dusun yang berada di Desa Lembar Selatan, Kec. Lembar Kab. Lombok barat. Dusun cemare berada di pesisir pantai dimana daerah tersebut merupakan rawa pasang surut yang disebabkan oleh adanya pengaruh pasang surut tinggi muka air laut.

Karakteristik tanah daerah pesisir umumnya tanah yang lembek, kompleks, tidak stabil, memiliki daya dukung rendah dan merupakan lahan rawa pasang surut yang disebabkan adanya pengaruh pasang surut tinggi muka air laut. Hal ini menjadi tantangan bagi para *engineer* dalam perencanaan pembangunan infrastruktur di daerah pesisir. Tanah berperan sebagai media konstruksi, maka dari itu sebelum perencanaan konstruksi sebaiknya kondisi tanah sebagai media konstruksi di bawahnya perlu dilakukan analisa pada kekuatan konstruksi di atasnya dengan melakukan analisa ataupun survei terhadap tanah di daerah pesisir.

Rawa adalah lahan yang secara alami tergenang air akibat drainase yang terhambat, baik genangan itu terjadi secara periodik atau pun terus menerus selama waktu yang panjang dalam setahun. Digolongkan pula ke dalam rawa, lahan-lahan yang selalu jenuh air karena muka air tanahnya yang dangkal. Rawa dapat digolongkan sebagai wilayah peralihan, karena baik unsur tanah maupun air berperan penting dalam pembentukan ekosistem di dalamnya.

Pada keadaan tertentu tanah mengalami kondisi *Dry Side of Optimum*, *Wet Side of Optimum* pula dimana kadar airnya optimum sehingga struktur tanah mengalami

kembang susut dan tidak konstan. Oleh sebab itu untuk menghasilkan kondisi tanah sesuai dengan yang diharapkan dalam mendukung konstruksi di atas tanah rawa perlu dilakukan proses pengujian pemadatan tanah sebagai langkah awal sebelum penelitian konsolidasi untuk mengetahui perilaku penurunan tanah rawa pada kondisi *Dry Side of Optimum*, *Wet Side of Optimum* dan kadar air optimum. Dari proses penelitian konsolidasi tanah rawa melalui variasi pemadatan tanah dengan sampel kadar air optimum, kering dan basah maka nilai yang didapat dari perilaku penurunan tanah menjadi bahan kajian selanjutnya untuk menentukan stabilitas tanah rawa terutama pada penurunan dalam penentuan jenis konstruksi pondasi serta penentuan beban maksimal di atas lahan rawa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perilaku penurunan tanah rawa apabila tanah diberi beban dan pengangkatan beban pada keadaan *dry side of optimum* dan *wet side of optimum*?
2. Bagaimana pola penurunan tanah rawa apabila tanah diberi beban dan pengangkatan beban pada keadaan *dry side of optimum* dan *wet side of optimum*?
3. Bagaimana perbandingan nilai  $C_c$ ,  $C_v$  dan  $t_{90}$  apabila tanah rawa diberi beban dan pengangkatan beban pada kondisi *dry side of optimum* dan *wet side of optimum*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perilaku penurunan tanah rawa apabila tanah diberi beban dan pengangkatan beban pada keadaan *dry side of optimum* dan *wet side of optimum*.
2. Untuk mengetahui pola penurunan tanah rawa apabila tanah diberi beban dan pengangkatan pbeban pada keadaan *dry side of optimum* dan *wet side of optimum*.
3. Untuk mengetahui perbandingan nilai  $C_c$ ,  $C_v$  dan  $t_{90}$  apabila tanah rawa diberi beban dan pengangkatan beban pada keadaan *dry side of optimum* dan *wet side of optimum*.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Lingkup pembahasan dan masalah pada penelitian yang akan dianalisis dibatasi dengan:

1. Tanah yang diuji diambil dari Desa Cemara, Kec. Lembar Selatan, Kab. Lombok Barat.
2. Penelitian ini tidak menguji kandungan mineral pada tanah.
3. Penelitian ini tidak menguji kandungan kimia pada tanah.
4. Penelitian hanya melakukan pengujian sifat fisik dan mekanis tanah.
5. Pengujian konsolidasi pada tanah rawa dengan memperhatikan uji pemadatan keadaan *Dry Side of Optimum*, *Wet Side of Optimum* serta kadar air optimum, dan membandingkan perilaku penurunan tanah.

#### **1.5 Manfaat**

Hasil penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat antara lain:

1. Guna menambah pengetahuan perihal perilaku tanah rawa pada pengujian konsolidasi serta untuk mengetahui besar penurunan tanah rawa apabila diberi beban dan pengangkatan pembebanan.
2. Hasil yang dapat dipertimbangkan bagi teknisi bidang konstruksi guna penerapan di lapangan khususnya penentuan pondasi yang tepat pada kondisi tanah yang kurang stabil seperti daerah rawa.
3. Sebagai pengurangan resiko kerugian dalam pada pekerjaan konstruksi yang diakibatkan penurunan tanah yang diakibatkan kondisi tanah di lahan rawa sehingga pembangunan dapat berjalan secara aman, efektif dan efisien.
4. Sebagai bahan rekomendasi perencana bidang konstruksi khususnya di daerah pesisir dalam pembangunan infrastruktur guna meningkatkan daya tarik pariwisata berkelanjutan.

## **BAB II**

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

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka atau tinjauan literatur merupakan kegiatan peninjauan kembali pustaka, literatur atau bahan bacaan dari penelitian terdahulu guna menjadi bahan acuan dan referensi dalam penyusunan penelitian.

##### **2.1.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian yang dilakukan oleh Supriadi, dkk pada tahun 2021 dengan judul penelitian “Perilaku Kepadatan Tanah Gambut Terhadap Penurunan Tanah Kondisi *Dry Side of Optimum* dan *Wet Side of Optimum*” dengan sampel tanah yang diuji adalah tanah gambut yang diambil dari Desa Tasik Serai Barat KM 28, Kec. Talang Muandu, Kab. Bengkalis. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan cara pengujian konsolidasi menggunakan standar ASTM D 2435-96, dan pemadatan tanah menggunakan standar SNI 03-2832-1992. Adapun Hasil pengujian konsolidasi pada sampel B (Kadar air optimum 50%) mengalami kecepatan penurunan yang tidak terlalu tinggi dan besarnya penurunan yang tidak terlalu rendah, sehingga sampel B dapat dikatakan tidak baik. Sampel yang mengalami waktu atau lamanya penurunan paling rendah, dan juga besarnya penurunan adalah pada sampel C yakni kondisi tanah *wet side of optimum* dimana kadar airnya lebih 5% (55%) dari kadar air optimumnya. Sedangkan pada sampel A yakni kondisi tanah *dry of optimum* dimana kadar airnya kurang 5% (45%) dari kadar air optimumnya untuk waktu atau lamanya penurunan terjadi paling tinggi dan besarnya penurunan terjadi paling rendah. Hal ini dapat dilihat pada diagram variasi hubungan persentase *dry side of optimum*, kadar air optimum, dan *wet side of optimum*, nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) sebesar 0,60 cm<sup>2</sup>/detik, indeks pemampatan ( $C_c$ ) sebesar 4,579, dan koefisien pemampatan ( $a_v$ ) sebesar 0,57 cm<sup>2</sup>/Kg. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa perilaku penurunan tanah kondisi *Dry Side of Optimum* dan *Wet Side of Optimum* pada kepadatan tanah gambut adalah sampel *Dry Side of Optimum* atau sampel dengan pemadatan lebih kering 5% merupakan sampel terbaik karena kecepatan proses penurunan tanah tercepat dan besaran penurunan terkecil.

Penelitian yang dilakukan oleh Dony,dkk pada tahun 2015 dengan judul “Perilaku Penurunan Tanah Terhadap *Dry Side of Optimum* dan *Wet Side of Optimum* Pada Kepadatan Tanah Organik” dengan sampel tanah yang diuji adalah tanah organik yang diambil dari Desa Pasir Gedong, Kel. Benteng Sari, Kec. Jabung, Kab. Lampung Timur. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan cara pengujian konsolidasi menggunakan standar ASTM D 2435-96. Pada uji kepadatan tanah digunakan sampel *Dry Side of Optimum* kurang 5% (67%) dari kadar air optimumnya, Kadar air optimum (72%) dan *Wet Side Optimum* lebih 5% (77%) dari kadar air optimumnya untuk pengujian konsolidasi. Berdasarkan hasil pengujian tersebut sampel *Dry Side of Optimum* 5% / atau sampel lebih kering 5% adalah dengan kecepatan penurunan tanah tercepat dan besaran penurunan terkecil. Penurunan yang dimaksud adalah kondisi pada saat tanah mencapai lapisan tanah yang stabil, sedangkan besaran penurunan adalah terjadinya proses pemampatan suatu jenis tanah sehingga meminimalisir resiko kerusakan pada konstruksi di atasnya. Hasil yang didapat pada penelitian ini nilai koefisien pemampatan ( $C_v$ ) 0,168 cm<sup>2</sup>/detik, nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) 2,33, dan nilai koefisien pemampatan ( $a_v$ ) 0,28 cm<sup>2</sup>/kg.

Penelitian dilakukan saat ini oleh peneliti Ahmad Adriansyah (2023) menggunakan tanah rawa sebagai sampel tanah yang diuji, lokasi tanah diambil dari Desa Cemare, Kec. Lembar Selatan, Kab. Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Penelitian dilakukan di laboratorium mekanika tanah guna mengamati sifat fisik berupa pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, batas susut, batas plastis dan batas plastis dan mekanik berupa pengujian pemadatan dan konsolidasi tanah. Pengujian utama konsolidasi tanah mengacu pada SNI-2812:2011 tentang pelaksanaan pengujian konsolidasi satu dimensi. Adapun hasil penelitian yang diharapkan pada penelitian ini, sebagai pengembangan dari penelitian terdahulu. Pengujian konsolidasi digunakan sampel tanah pada kondisi *dry side of optimum* yakni sampel tanah dengan pengurangan kadar air 5% (11.7%) dari kadar air optimumnya, kondisi tanah *wet side of optimum* yakni sampel dengan penambahan 5% (21.7%) dari kadar air optimumnya, dan tanah dengan kadar air optimum (16.7%). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sampel tanah yang paling stabil dan penurunan yang paling kecil akibat

pembebanan yang diberikan sehingga dapat ditentukan penanganan yang tepat untuk konstruksi bangunan pada tanah rawa.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Tanah**

Tanah memiliki tiga komponen penyusun utama, yakni butiran padat (*solid*), air dan udara. Air dan udara dalam komponen tanah disebut dengan *void*. Tanah menurut para ahli sebagai berikut:

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai/lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1987).

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang kemudian terikat secara kimia satu sama lain serta dari bahan-bahan organik yang telah lapuk (partikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi rongga kosong diantara partikel padat tersebut (Das, 1995).

### **2.2.2 Pengertian Rawa**

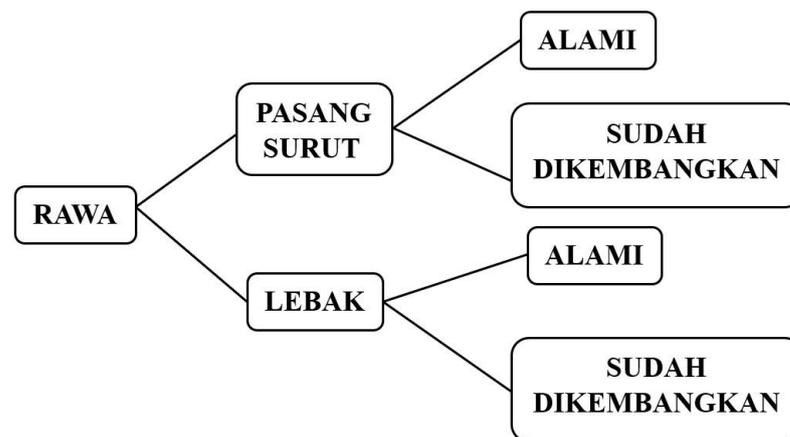
Rawa atau *swamps* merupakan lahan yang memiliki tipikal berupa campuran dari gambut dan mineral yang dalam waktu lama tergenang dan biasanya cenderung subur akibat terdapat endapan dari limpasan lingkungan di sekitarnya. Berdasarkan konferensi Ramsar lahan rawa merupakan daerah payau, gambut atau air, yang terjadi secara alami atau buatan, bersifat permanen atau periodik, dengan air yang diam tergenang atau mengalir, segar, payau atau asin, juga termasuk wilayah air laut yang tidak lebih dari enam meter (Clarkson dan Peters, 2010).

Menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 27 Tahun 1991 yang berisi pengertian tentang rawa, dikatakan bahwa rawa merupakan lahan / wilayah / area yang tergenang air secara alami terjadi terus menerus atau periodik yang disebabkan oleh drainase alami yang terhambat juga memiliki ciri fisik, kimia dan biologis yang spesifik, sedangkan menurut peraturan pemerintah (PP) No. 73 tahun 2013 tentang rawa ditetapkan pengertian lahan rawa adalah wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk

secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi, yang merupakan suatu ekosistem.

Menurut peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat (PUPR) No.29 tahun 2015 tentang rawa sebagai berikut:

- a. Rawa merupakan wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut dan ditumbuhi vegetasi, yang merupakan suatu ekosistem.
- b. Rawa pasang surut merupakan rawa yang terletak di tepi pantai, dekat pantai, muara sungai atau dekat muara sungai dan tergenangi air yang dipengaruhi pasang surut air laut.
- c. Rawa lebak merupakan rawa yang terletak jauh dari pantai dan tergenangi air akibat luapan air sungai dan/atau air hujan yang menggenang secara periodik atau menerus.



Gambar 2.1 Klasifikasi rawa secara fisik

Rawa bisa diartikan daerah dimana muka air pada tanah dekat atau di atas permukaan tanah yang jenuh air dalam jangka waktu tertentu, dimana kelebihan air dapat mengakibatkan kandungan oksigen pada tanah menjadi terbatas. Rawa juga bisa diartikan wilayah atau area yang secara permanen selalu jenuh air, permukaan air tanahnya dangkal, atau tergenang air dangkal dalam waktu yang cukup lama, sehingga air cenderung diam atau tidak mengalir. Selain itu air menjadi faktor utama untuk lahan

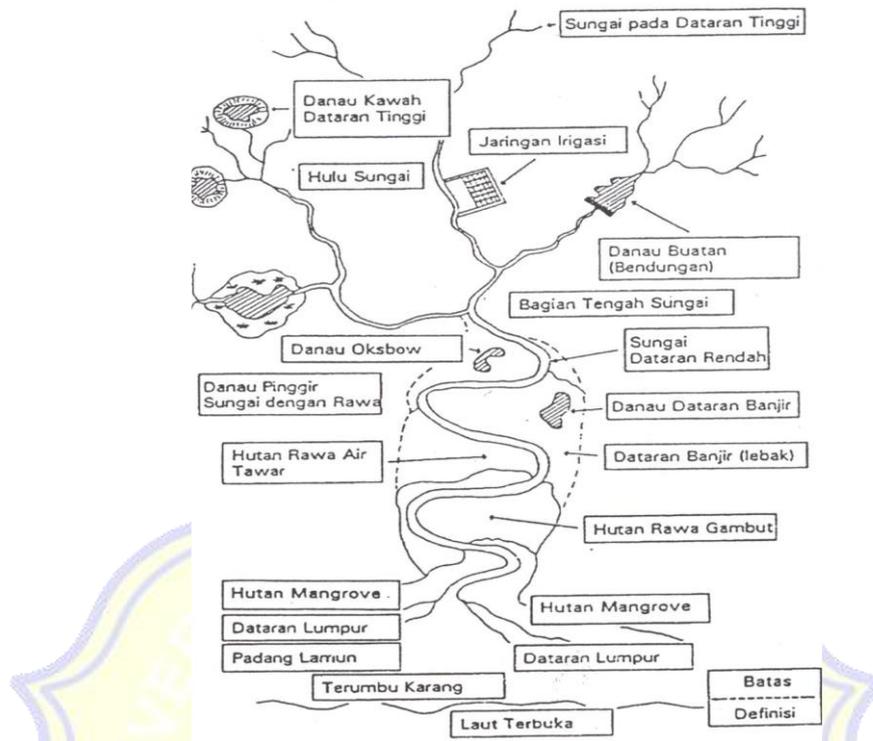
rawa, secara hidrologis wilayah rawa dapat dilihat dari sudut intensitas, durasi, aliran dan frekuensinya.

### **2.2.3 Pembentukan Rawa**

Lahan rawa merupakan ekosistem yang berada pada daerah transisi di antara daratan dan perairan (sungai, danau, atau laut), yaitu antara daratan dan laut, atau di daratan sendiri, antara wilayah lahan kering (*uplands*) dan sungai/danau. Lahan rawa dapat terbentuk secara alamiah atau buatan, pembentukannya dapat berjalan relatif cepat atau sangat lambat yang memakan waktu ribuan bahkan jutaan tahun. Lahan rawa dapat terbentuk melalui berbagai macam proses, setiap bentang lahan rawa memiliki proses pembentukan yang khas sesuai dengan kondisi lingkungan sekitarnya. Menurut *National Park Service, US Department of Interior* bahwa lahan rawa yang berada di daerah dataran banjir sekitar pantai (*Flooding of coastal lowlands*) seperti lahan rawa pasang surut terbentuk akibat peningkatan muka air laut yang membawa sedimen dan atau aliran sungai yang bermuara ke laut membawa sedimen yang kemudian mengendap pada daerah sekitar pantai. Sedangkan lahan rawa dataran banjir sungai seperti lahan rawa lebak berkembang melalui proses erosi dan pengendapan sedimen di lahan sekitar sungai.

Pembentukan lahan rawa, lebih tepatnya disebut dalam istilah pembentukan tanah rawa atau genesis tanah rawa, merujuk pada perubahan sifat-sifat tanah rawa, seperti peningkatan atau penurunan kandungan suatu bahan atau mineral dalam horizon tanah, secara kualitas atau kuantitas atau hilangnya suatu lapisan sedimen. Proses genesis tanah yang terjadi seperti proses kimia, biologi dan fisik, dimana semua proses tersebut terjadi secara simultan. Selama proses genesis maka semua sifat tanah seperti kimia, biologi dan fisik mengalami perubahan.

Berdasarkan rejim hidrologinya, lahan rawa dapat dibedakan atas dua tipologi lahan, yaitu rawa lebak dan rawa pasang surut. Lahan rawa lebak berdasarkan lama genangan dan tinggi genangannya dari permukaan tanah dapat di bagi menjadi dua kelompok, yaitu lebak dangkal dan tengahan. Sedangkan lahan rawa pasang surut berdasarkan luapan pasang dan intensitas drainasenya dapat dibagi menjadi empat tipologi yaitu tipologi A, B, C dan D.



Gambar 2.2 Klasifikasi tanah menurut Konvensi Ramsar

#### 2.2.4 Karakteristik Tanah di Lahan Rawa

Lahan rawa memiliki karakteristik yang berbeda dengan tanah-tanah lainnya. Beberapa karakteristik tanah di lahan rawa adalah sebagai berikut:

1. Kandungan Air Tinggi: Lahan rawa secara alami memiliki kandungan air yang tinggi, hal ini disebabkan tanah berada di bawah permukaan air tanah yang mengakibatkan tanah menjadi jenuh.
2. Tekstur Tanah Berlemak: Tanah di lahan rawa seringkali memiliki tekstur yang berlemak atau berlumpur. Hal ini disebabkan oleh pengendapan material organik yang tinggi dan proses dekomposisi yang terjadi di dalam air.
3. Kandungan Organik yang Tinggi: Lahan rawa kaya akan bahan organik. Material organik yang terkandung di dalamnya dapat memberikan nutrisi tambahan bagi tanaman yang tumbuh di sana. Namun, bahan organik ini juga dapat menyebabkan penurunan pH tanah yang signifikan.

4. Keasaman Tinggi: Tanah di lahan rawa cenderung memiliki pH yang rendah atau asam. Hal ini disebabkan oleh adanya dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam.
5. Drainase yang kurang baik: Salah satu karakteristik penting dari lahan rawa adalah drainase yang kurang baik. Tanah di lahan rawa cenderung memiliki kandungan air yang tinggi dan kemampuan dalam mengalirkan air kurang baik. Hal ini dapat menyebabkan genangan air secara terus menerus atau periodik.

Lahan rawa merupakan keadaan wilayah yang berhubungan dengan keberadaan air sebagai faktor utamanya. Berdasarkan tempatnya, wilayah ini selama terus menerus atau periodeik tergenang air dangkal, selalu jenuh air, atau mempunyai air tanah dangkal, sehingga secara langsung atau tidak langsung kondisi ini dapat mempengaruhi sifat wilayah tersebut. Keadaan jenuh air dapat menyebabkan situasi anaerob, reaksi keseimbangan dalam tanah tidak selalu sama dibandingkan tanah yang aerob hal ini disebabkan karena air menjadi faktor yang utama dalam menentukan keseimbangan tanah tersebut, baik secara kimia, biologi dan fisik.

### **2.2.5 Tanah Organik**

Lahan rawa pasang surut memiliki dua jenis tanah yaitu tanah organik atau dikenal tanah gambut dan bergambut serta tanah mineral yang dikenal dengan tanah sulfat masam. Kedua jenis tanah pada tipologi lahan ini berpotensi dimanfaatkan sebagai areal budi daya tanaman, untuk menggantikan lahan-lahan produktif yang beralih fungsi menjadi lahan nonpertanian. Fungsi utama dari lahan gambut berdasarkan agroekosistemnya adalah untuk produksi dan lingkungan, yang artinya dimana lahan gambut merupakan kawasan budi daya yang sudah lama dimanfaatkan oleh masyarakat untuk usaha tani dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya serta sebagai kawasan konservasi dan restorasi.

Perilaku tanah organik terganggu pada kandungan organiknya, kandungan abu, dan kandungan serat. Semakin tinggi kandungan organiknya maka semakin rendah daya dukungnya dan kekuatan gesernya, juga semakin besar pemampatannya pada tanah tersebut.

Perilaku tanah organik mengacu pada karakteristik dan sifat-sifat tanah yang terkait dengan kandungan organiknya. Tanah organik terbentuk melalui dekomposisi sisa-sisa tumbuhan dan hewan, daun, ranting, akar, dan bahan organik lainnya. Berikut ini adalah beberapa perilaku tanah organik diantaranya:

1. Kemampuan menyimpan air: Tanah organik memiliki kemampuan yang baik untuk menyimpan air. Bahan organik dalam tanah dapat menahan air dan membentuk agregat yang memungkinkan tanah untuk menahan kelembaban lebih baik. Ini sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, terutama di daerah yang rentan kekeringan.
2. Drainase yang Baik: Kandungan bahan organik yang tinggi dapat meningkatkan drainase tanah. Bahan organik memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas dan permeabilitasnya, sehingga air dapat meresap lebih baik ke dalam tanah dan menghindari genangan air yang berlebihan.
3. Ketersediaan Nutrisi: Tanah organik mengandung nutrisi penting, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Bahan organik dalam tanah berfungsi sebagai sumber nutrisi yang tersedia secara lambat dan dapat diakses oleh tanaman seiring waktu.
4. Kesuburan Tanah: Tanah organik umumnya lebih subur dibandingkan dengan tanah non-organik. Kandungan bahan organik yang tinggi meningkatkan ketersediaan nutrisi dan aktivitas organisme tanah yang bermanfaat, seperti bakteri, jamur, dan cacing tanah. Organisme-organisme ini membantu dalam dekomposisi bahan organik, memperbaiki struktur tanah, dan menyediakan nutrisi tambahan.
5. Stabilisasi Tanah: Tanah organik membantu dalam menjaga stabilitas fisik tanah. Bahan organik membantu mengikat partikel tanah bersama-sama membentuk agregat yang kuat. Hal ini meningkatkan daya tahan terhadap erosi tanah oleh air dan angin.

Ditinjau dari segi teknis, para peneliti mengaplikasikan tanah gambut berbeda beda, disebabkan masih sedikit masih sedikit penelitian. (Mac Farlane, 1969). ASTM

D2607-69 dan ASTM D4427-84 (1989), mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kandungan bahan organik, kadar serta berat volume rata-rata.

Noor Endah (1991), menyelidiki jenis tanah gambut di daerah Palangkaraya dan Banjarmasin adalah jenis tanah gambut berserat (fibrous peat). Demikian pula hasil penelitian Puslitbang PU (1991), di Pekan Heram, dan di Pulau Padang Sumatera, jenis tanah tersebut adalah mengandung serat dan kayu-kayuan (*fibrous peat* dan *woody peat*).

### 2.2.6 Kadar Air

Kadar air tanah merupakan presentase air yang terkandung pada suatu bahan atau tanah yang menjadi sampel penelitian dalam satuan berat berdasarkan berat basahya atau berdasarkan berat keringnya. Perhitungan kadar air tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air } (w) = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan,

- W : Kadar air (%)
- W1 : Berat cawan (gr)
- W2 : Berat cawan + Tanah basah (gr)
- W3 : Berat cawan + Tanah kering (gr)

### 2.2.7 Berat Isi Tanah

Pengujian berat isi tanah dimaksudkan untuk mendapatkan berat isi tanah yang merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volumenya dalam satuan gr/cm<sup>3</sup>. Pelaksanaan pengujian ini menggunakan metode silinder yang dimasukkan ke dalam tanah hingga silinder terisi penuh dengan tanah. Pengujian ini menghitung berat volume tanah kering dan berat berat volume tanah dimana perhitungannya dilakukan dengan cara sebagai berikut. Berat volume tanah basah dihitung dengan persamaan berikut:

$$\gamma_{\text{wet}} = \frac{w_2 - w_1}{V} \text{ gr/cm}^3 \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan,

- $\gamma_{wet}$  : Berat volume tanah basah ( $gr/cm^3$ )
- $W_2$  : Berat silinder kosong (gr)
- $W_3$  : Berat silinder isi tanah basah (gr)
- $V$  : Volume silinder ( $cm^3$ )

Berat volume tanah kering dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1+w} \text{ gr/cm}^3 \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan,

- $\gamma_{wet}$  : Berat volume tanah basah ( $gr/cm^3$ )
- $W_2$  : Berat silinder kosong (gr)
- $W_3$  : Berat silinder isi tanah basah (gr)
- $V$  : Volume silinder ( $cm^3$ )

### 2.2.8 Berat Jenis Tanah

Berat jenis merupakan perbandingan relatif antara massa jenis suatu zat (tanah sebagai bahan uji) dengan massa jenis air terhadap volumenya. Pengujian berat jenis tanah menggunakan alat piknometer yang dilakukan di laboratorium mekanika tanah dapat dihitung sebagai berikut:

$$G = \frac{\text{Berat Butir}}{\text{Berat air dan volume yang sama}} = \frac{W}{W_w}$$

$$G = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan,

- $G$  : Berat jenis tanah
- $W_1$  : Berat piknometer (gr)
- $W_2$  : Berat cawan + Tanah kering (gr)
- $W_3$  : Berat cawan + Tanah + Air (gr)
- $W_4$  : Berat piknometer + air (gr)

### **2.2.9 Batas Atterberg**

Batas *Atterberg* (batas konsistensi tanah) merupakan ukuran yang menjadi parameter utama dalam mengidentifikasi sifat fisik tanah. Batas *Atterberg* menunjukkan nilai kadar air hasil penelitian yang dinyatakan sebagai batas plastis, indeks plastisitas dan batas cair dimana perilaku tanah berubah – ubah sehingga dari hasil tersebut dapat dihubungkan dengan kurva tegangannya masing – masing (Lay dkk, 2019).

#### **2.2.9.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)**

Batas cair diartikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastisnya. Batas cair ditentukan dari pengujian menggunakan alat Cassagrande. Hubungan kadar air dengan jumlah pukulan pada saat pengujian dengan variasi kadar air tanah digambarkan dalam bentuk grafik logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 pukulan.

#### **2.2.9.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)**

Batas plastis (PL) diartikan sebagai kadar air tanah pada kondisi antara plastis dan semi padat dimana presentase kadar air tanah yang digulung hingga berukuran 3.2mm mulai retak – retak permukaannya (Hardiyatmo, 2017).

#### **2.2.9.3 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)**

Indeks plastisitas merupakan selisih batas cair dengan batas plastis. Indeks plastisitas dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$IP = LL - PL$$

dengan,

*IP* : Indeks plastisitas

*LL* : Batas cair

*PL* : Batas plastis

Indeks Plastisitas (IP) adalah keadaan kadar air di mana tanah masih bersifat plastis. Jika tanah mempunyai *PI* tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika IP rendah seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering (Hardiyatmo, 2017). Nilai IP dan macam tanah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis,1962)

No.	PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
1	0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
2	< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
3	7 sampai 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
4	> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hardiyatmo, 2017)

### 2.2.10 Analisa Saringan dan Hidrometer

Analisa saringan dan hidrometer merupakan pengujian yang bertujuan menentukan pembagian gradasi agregat tanah. Pembagian gradasi dilakukan dengan mengayak tanah pada saringan yang disusun berdasarkan urutan no. saringan tertentu yang dimana ukuran gradasi tanah yang lebih besar dari saringan no.200 ( $\phi$  0,075mm) atau yang tertahan saringan no. 200 digunakan untuk analisa saringan. Sedangkan analisa hidrometer merupakan pengujian untuk menentukan distribusi ukuran butiran halus yang lolos saringan no. 200.

### 2.2.11 Pemadatan tanah

Pemadatan tanah merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kadar air tanah optimum dan kepadatan tanah kering optimum pada suatu benda uji (tanah) dengan cara memadatkan tanah dengan kekuatan pemadatan tertentu. Pemadatan juga bertujuan mengurangi pori – pori udara yang terdapat pada tanah dan mencegah terjadinya penyusutan tanah atau tanah amblas (Dwiretnani, 2018). Berat volume tanah basah dihitung dengan persamaan berikut:

$$\gamma_m = \frac{w_2 - w_1}{V} \text{ gr/cm}^3 \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan,

- $\gamma_m$  : Berat volume tanah basah ( $\text{gr/cm}^3$ )
- $W_2$  : Berat silinder kosong (gr)
- $W_3$  : Berat silinder isi tanah basah (gr)
- $V$  : Volume silinder ( $\text{cm}^3$ )

Berat volume tanah kering dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\gamma_{\text{dry}} = \frac{\gamma_{\text{wet}}}{1+w} \text{ gr/cm}^3 \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan,

- $\gamma_{\text{wet}}$  : Berat volume tanah basah (gr/cm<sup>3</sup>)
- W2 : Berat silinder kosong (gr)
- W3 : Berat silinder isi tanah basah (gr)
- V : Volume silinder (cm<sup>3</sup>)

Pengujian pemadatan tanah dilakukan minimal sebanyak 5 sampel dengan variasi kadar air yang berbeda. Setelah dilakukan percobaan dibuatkan grafik hubungan antara kadar air dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan dari pengujian pemadatan tanah memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik atau kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum ( $\gamma_{dry \text{ maks}}$ ).

### 2.2.12 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah cara untuk mengelompokkan beragam jenis tanah berdasarkan karakteristik fisik, kimia, dan biologisnya. Sistem klasifikasi ini membantu guna memahami sifat-sifat tanah dan memilih metode yang tepat untuk pengelolaan tanah.

Sistem klasifikasi tanah membantu dalam memahami sifat-sifat tanah, memilih tanaman yang sesuai, dan merencanakan praktik pengelolaan tanah yang tepat. Dengan memahami karakteristik tanah, petani dan ahli pertanian dapat mengoptimalkan produksi pertanian, mengelola air dengan efisien, dan menerapkan praktik konservasi tanah yang sesuai untuk menjaga kelestarian lingkungan.

Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah ada dua sistem. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*. Yang pertama sistem *Unified Soil Clasification System (USCS)* Sistem klasifikasi tanah Amerika Serikat mengelompokkan tanah ke dalam kategori utama yang disebut ordo tanah (soil order), seperti Spodosols, Entisols, Inceptisols, Aridisols, dan lain-lain. Setiap ordo tanah memiliki kriteria yang spesifik untuk membedakan satu sama lain berdasarkan karakteristik dan proses

pembentukannya. Sistem ini menggunakan hasil pengujian batas *Atterberg* yakni batas plastis (PL), batas cair (LL) dan selisih antara batas plastis dan batas cair yaitu indeks plastisitas (IP) sedangkan Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*) menggunakan hasil pengujian batas *Atterberg* kemudian dihitung dengan persamaan indeks grup. Pada penelitian ini sistem klasifikasi tanah yang digunakan adalah *Unified Soil Classification System* (USCS).

### 2.2.13 Sistem Klasifikasi *Unified* (USCS)

USCS (*Unified Soil Classification System*) adalah sistem klasifikasi tanah yang digunakan secara luas di Amerika Serikat. Sistem ini mengklasifikasikan tanah berdasarkan karakteristik fisik dan sifat mekaniknya. Berikut adalah klasifikasi tanah dalam USCS:

#### 1. Kelompok Utama (Primary Group):

- Gravel (G): Pasir keras, kerikil, dan bebatuan yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari 3 inci (75 mm).
- Sand (S): Tanah dengan butiran berukuran antara 0.05 mm dan 2 mm.
- Silt (M): Tanah dengan butiran halus, dengan ukuran butir antara 0.002 mm dan 0.05 mm.
- Clay (C): Tanah liat, dengan ukuran butir kurang dari 0.002 mm.

#### 2. Gradasi:

- Well-graded (W): Tanah yang memiliki distribusi butiran yang merata di antara fraksi pasir, silt, dan liat.
- Poorly graded (P): Tanah dengan distribusi butiran yang tidak merata dan dominan pada satu fraksi butiran (pasir, silt, atau liat).
- Gap-graded (GAP): Tanah yang memiliki distribusi butiran yang tidak merata, dengan kurangnya fraksi pasir, silt, atau liat tertentu.

#### 3. Konsistensi:

- Low Plasticity (L): Tanah dengan plastisitas rendah, biasanya pasir dan kerikil.
- High Plasticity (H): Tanah dengan plastisitas tinggi, biasanya tanah liat dan lempung.
- Inorganic (I): Tanah yang tidak mengandung bahan organik yang signifikan.

- Organic (O): Tanah yang mengandung bahan organik yang signifikan.

4. Tipe tambahan:

- Organic Soil (Pt): Tanah organik yang didominasi oleh bahan organik terdekomposisi.
- Peat (Pt): Tanah organik dengan tingkat dekomposisi yang rendah.
- Fat Clay (CH): Tanah liat dengan plastisitas tinggi.
- Elastic Silt (ML): Silt dengan karakteristik elastis.

Klasifikasi tanah dalam USCS ditentukan dengan kombinasi dari simbol-simbol di atas. Misalnya, suatu tanah dapat diklasifikasikan sebagai "SW" yang berarti "well-graded sand". Kombinasi simbol yang digunakan akan bervariasi tergantung pada karakteristik tanah yang diamati

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempung	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir lebih dari 50% 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.
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.
Pasir lebih dari 50% lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	P <sub>t</sub>	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

**Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200: Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol double.**

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

Indeks Plastisitas P<sub>t</sub>(%)

Batas Cair LL (%)

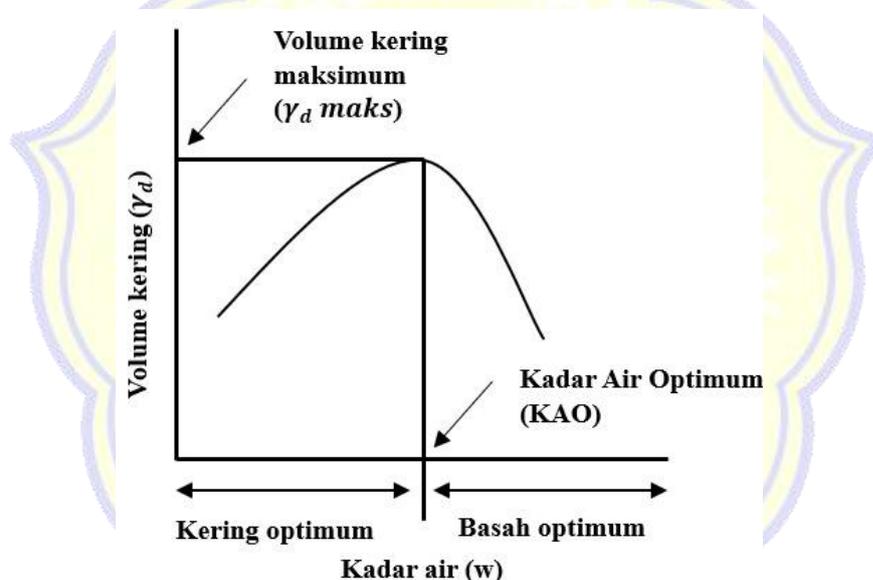
Garis A: PI = 0,73 (LL - 20)

(Sumber: Hardiyatmo, 2017)

Gambar 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

#### 2.2.14 Kondisi Dry Side of Optimum dan Wet Side of Optimum

Sifat teknis tanah setelah dilakukan pengujian pemadatan bergantung pada cara atau usaha pemadatan, jenis tanah, dan kadar air yang terkandung di dalamnya. Dalam usaha pemadatan yang lebih besar akan didapatkan kepadatan yang lebih tinggi. Biasanya, posisi kadar air tanah yang telah dilakukan pengujian pemadatan berdasarkan posisi kadar air pada sisi kering optimum, kadar air optimum, dan pada sisi basah optimum. Kering optimum dapat diartikan sebagai kadar air yang lebih kurang dari kadar air optimumnya, pada kondisi basah optimum dapat diartikan sebagai kadar air yang berarti lebih dari kadar air optimumnya. Sedangkan optimum berarti, kadar air yang kurang lebih mendekati kadar air optimumnya (Hardiyatmo, 2017).

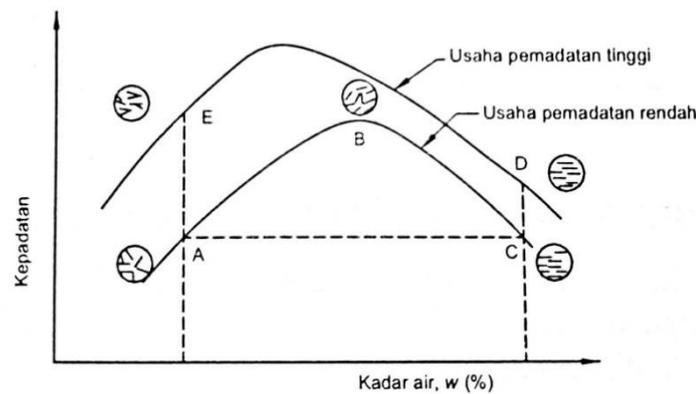


Gambar 2.4 Kondisi *dry side of optimum*, kadar air optimum, dan *wet dry of optimum*

Penyelidikan pada benda uji tanah lempung yang dilakukan pemadatan menunjukkan bahwa apabila lempung dipadatkan pada kondisi kering optimum (*dry side optimum*), susunan yang terdapat pada tanah tidak bergantung pada macam variasi pemadatannya (Seed dan Chan, 1959).

Proses pengujian pemadatan tanah menggunakan sampel kadar air pada keadaan basah optimum akan mempengaruhi kuat geser tanah, struktur tanah, serta kemampuan mampat tanah. Usaha pemadatan yang sama dilakukan dengan cara penambahan kadar air, penyesuaian struktur butiran akan bertambah. Pada tanah

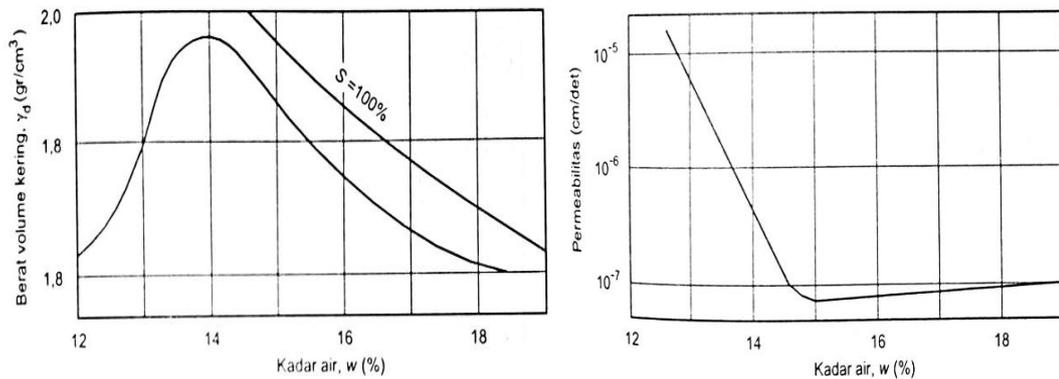
dalam keadaan kering optimum, tanah cenderung akan selalu terflokulasi di mana proses pada saat koloid keluar dari struktur tanah dalam bentuk flok atau serpihan, baik secara langsung atau karena penambahan suatu zat penjernih. Sebaliknya pada tanah dengan kondisi basah optimum struktur tanah akan terdispersi beraturan. Dalam Gambar 2.5, struktur tanah pada titik C lebih teratur dari pada titik A. Jika usaha pemadatan di tambah, penyesuaiannya struktur tanah cenderung lebih beraturan, pun pada saat tanah dalam keadaan kering optimum (Hardiyatmo, 2017).



Gambar 2.5 Pengaruh pemadatan pada susunan tanah (Lambe, 1958 dalam Hardiyatmo, 2017)

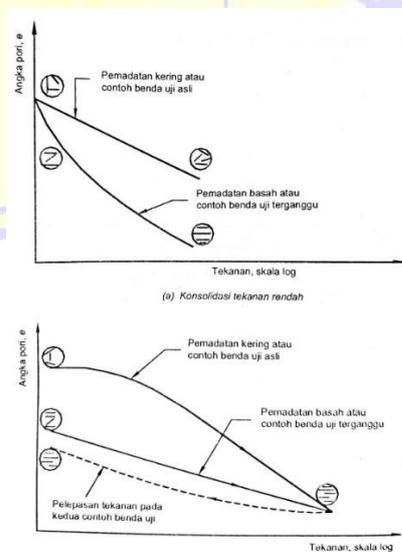
Pada tanah dalam keadaan sisi kering optimum permeabilitas tanah akan terjadi lebih tinggi, sedangkan pada tanah yang dilakukan pengujian pemadatan pada keadaan tanah sisi basah optimum permeabilitas tanah terjadi lebih rendah (Das,1995).

Permeabilitas tanah akan berkurang apabila dilakukan penambahan kadar air pada cara pengujian pemadatan yang sama, kemudian permeabilitas akan mencapai minimum pada kadar air optimumnya (Lambe, 1958). Apabila cara pengujian pemadatan ditambah permeabilitas akan berkurang, hal ini diakibatkan angka pori menjadi berkurang. Perubabahan permeabilitas yang terjadi, bersamaan dengan penambahan kadar air, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 pada gambar tersebut dapat dilihat permeabilitas tanah akan lebih tinggi apabila tanah dilakukan pemadatan saat keadaan tanah kering optimum (*dry side optimum*) dibandingkan pada saat tanah dipadatkan dalam keadaan basah optimum (*wet side optimum*).



Gambar 2.6 Perubahan permeabilitas dengan kadar air yang diberikan (Lambe, 1958 dalam Hardiyatmo, 2017)

Kompresibilitas atau sifat tanah yang mudah mampat dilakukan pengujian pemadatan adalah fungsi dari tingkat tekanan yang diberikan pada tanah lempung. Pada keadaan tingkat tekanan yang relatif rendah, tanah lempung yang dilakukan pengujian pemadatan dalam keadaan tanah basah optimum tanah akan memiliki sifat yang lebih mudah mampat. Dalam tingkat tekanan yang lebih tinggi merupakan kebalikannya tanah menjadi tidak mudah mampat. pada Gambar 2.7 dapat diartikan bila pengurangan angka pori yang lebih besar terjadi pada tanah yang dilakukan pengujian pemadatan saat keadaan tanah basah optimum (*wet side optimum*) untuk penambahan tekanan yang di terapkan (Lambe, 1958).



Gambar 2.7 Perubahan pemampatan pada kadar air yang diberikan (Lambe, 1958 dalam Hardiyatmo, 2017)

### **2.2.15 Penurunan Tanah (*Settlement*)**

Apabila susunan tanah diberi pembebanan di atasnya, maka tanah di bawahnya menerima beban hal tersebut menyebabkan tanah mengalami kenaikan tegangan, akibat dari kenaikan tegangan tersebut salah satunya ditunjukkan dengan tanah dasar yang berkurang ketinggiannya atau mengalami penurunan (*settlement*). Penurunan ketinggian tanah dasar akibat pembebanan tersebut mengakibatkan adanya perubahan partikel tanah, perpindahan partikel tanah yang terjadi pada tanah dan proses keluarnya air pori dari tanah bersamaan dengan volume tanah yang berkurang..

Pada tanah berbutir halus seperti pasir air pori yang terdapat pada tanah dapat mengalir keluar dari rongga tanah dengan mudah dikarenakan tanah berbutir halus mempunyai permeabilitas yang tinggi. Pada tanah yang memiliki sifat kohesif atau *clay*, membutuhkan waktu yang cenderung lama untuk air pori keluar semuanya. Yang menyebabkan hal ini terjadi dikarenakan tanah yang memiliki sifat kohesif mempunyai permeabilitas yang rendah.

Proses keluarnya air dari dalam pori melalui rongga tanah berbarengan dengan volume tanah yang berkurang, hal tersebut yang menyebabkan penurunan lapisan tanah dasar itu disebabkan air pori yang berada di dalam tanah berpasir halus seperti pasir akan mengalir dengan cepat keluar dari tanah, oleh karena itu proses penurunan konsolidasi terjadi secara bersamaan dengan penurunan langsung (Das, 1995).

Tanah jenis gambut keluarnya air dari dalam pori melalui rongga-rongga menyebabkan berubahnya volume yang dikarenakan pembebanan akan terjadi setelah penurunan segera. Hasil dari penurunan konsolidasi akibat beban pada umumnya lebih besar, lambat dan lama ketimbang dengan penurunan segera (Das, 1995).

### **2.2.16 Konsolidasi**

Konsolidasi merupakan proses berkurangnya volume secara perlahan pada tanah yang jenuh dan memiliki permeabilitas yang rendah diakibatkan oleh pembebanan. Yang mempengaruhi berkurangnya volume tersebut ialah kecepatan terperasnya air dari dalam pori keluar melalui rongga tanah. Tanah dengan

berpermeabilitas yang rendah ialah jenis tanah yang memiliki butir halus (lempung dan lanau) (Hardiyatmo, 2018).

Tanah mengalami pemampatan disebabkan oleh bertambahnya beban permukaan tanah sehingga tanah di bawahnya mampat. Pemampatan tersebut disebabkan oleh perpindahan partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori tanah. Faktor-faktor tersebut memiliki hubungan dengan keadaan tanah. Pada umumnya penurunan tanah diakibatkan oleh pembebanan, pembebanan dapat dibagi menjadi dua yakni:

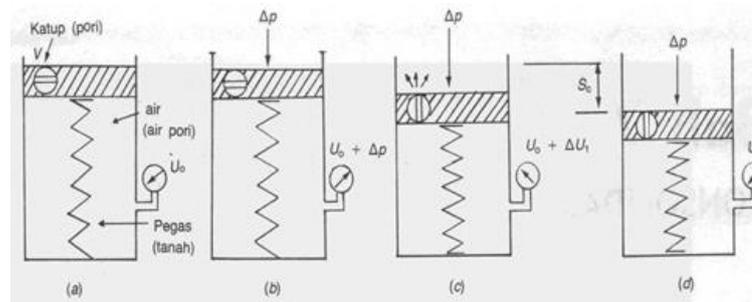
1. Penurunan konsolidasi, adalah hasil dari perubahan volume tanah jenuh air diakibatkan oleh keluarnya air yang terdapat pada pori-pori.
2. Penurunan segera (*immadiate settlement*), adalah hasil dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

Suatu lapisan tanah yang dapat mampat kemudian diberi pembebanan berupa tegangan maka penurunan akan terjadi dengan segera. Tanah yang cenderung memiliki kadar air yang tinggi seperti tanah rawa kondisinya tidak stabil dan daya dukung yang rendah serta kompresibilitas yang tinggi. Perlu adanya perbaikan tanah agar penurunan konsolidasi kembali tidak terjadi pada saat suatu konstruksi mulai atau sudah dibangun di atas lahan rawa. Pengurangan resiko tersebut dengan usaha meningkatkan kuat geser tanah, mengurangi kompresibilitas tanah, serta mengurangi permeabilitas tanah.

### **2.2.17 Analogi Konsolidasi Satu Dimensi**

Mekanisme konsolidasi satu dimensi (*one dimension consolidation*) dapat digambarkan dengan cara analisis silinder dengan piston yang berlubang dihubungkan dengan pegas, diisi air sampai memenuhi volume silinder. Pegas dianggap terbebas dari tegangan-tegangan dan tidak ada gesekan antar dinding silinder dengan tepi pistonnya. Pegas diandaikan sebagai tanah yang mudah mampat, sedangkan air dalam piston diandaikan sebagai air pori dan lubang pada piston adalah kemampuan tanah dalam meloloskan air atau permeabilitas tanahnya. Pada Gambar 2.8 dibawah mengilustrasikan kondisi dimana sistem dalam keseimbangan

dengan tidak adanya beban ( $\Delta p$ ) yang bekerja. Kondisi ini identik dengan lapisan tanah yang dalam keseimbangan dengan tekanan *overburden* di atasnya. Alat pengukur tekanan yang dihubungkan dengan silinder memperlihatkan tekanan hidrostatik sebesar  $u_0$ , pada lokasi tertentu didalam tanah.



Gambar 2.8 Analogi Piston dan Pegas. (a) sebelum dibebani, (b) dibebani dengan katup tertutup, (c) katup dibuka, air terdrain, piston turun, (d) piston tidak lagi turun, konsolidasi selesai.

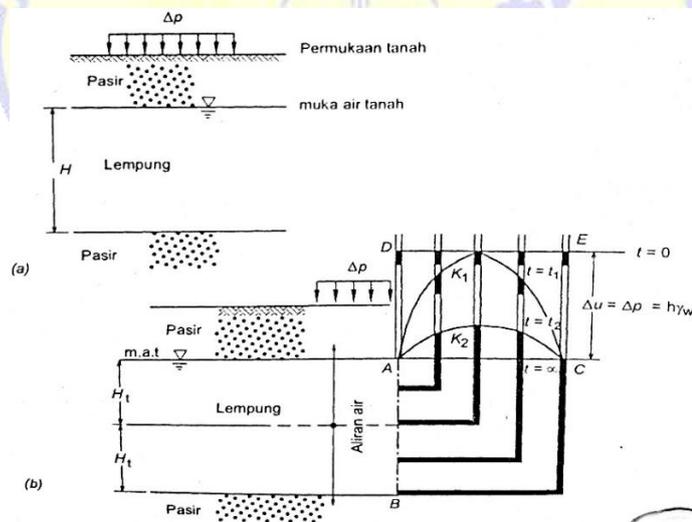
Bila tegangan sebesar  $\Delta p$  dikerjakan diatas piston dengan posisi katup V tertutup maka akibat tekanan ini piston tetap tidak akan bergerak selama air tidak keluar dari silinder. Hal ini disebabkan karena air dianggap tidak mudah mampat. Pada kondisi ini, tekanan  $\Delta p$  pada piston tidak dipindah ke pegas, tapi sepenuhnya didukung oleh air. Pengukur tekanan air dalam silinder menunjukkan kenaikan tekanan  $\Delta u = \Delta p$ , atau pembacaan tekanan sebesar  $u_0 + \Delta p$ . Kenaikan tekanan  $\Delta u$  disebut dengan kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*). Kondisi pada kedudukan katup V tertutup digambarkan sebagai kondisi tanpa drainasi (*undrained*) didalam tanah.

Jika kemudia katup V dibuka, air akan keluar lewat lubang dengan kecepatan yang dipengaruhi oleh luas lubangnya, besarnya lubang yang terdapat pada piston diilustrasikan sebagai rongga pori tanah. Hal ini akan menyebabkan piston bergerak ke bawah, sehingga pegas secara berangsur-angsur mendukung beban akibat  $\Delta p$ . Pada setiap kenaikan tekanan yang didukung oleh pegas, kelebihan tekanan air pori ( $\Delta u$ ) didalam silinder berkurang dari  $u_0 + \Delta p$  menjadi  $u_0 + \Delta u_i$ . Kondisi ini diilustrasikan pada saat tanah sedang mengalami konsolidasi. Akhirnya pada suatu saat, tekanan air pori nol dan seluruh tekanan didukung oleh pegasnya dan kemudian piston diam.

Kedudukan ini diilustrasikan sebagai kondisi terdrainasi (*drained*) dan konsolidasi berakhir.

Pada keadaan yang lain, tekanan yang terjadi pada pegas identik dengan kondisi tegangan efektif di dalam tanah, sedang tegangan air di dalam silinder identik dengan tekanan air pori. Kenaikan tekanan  $\Delta p$  akibat beban yang diterapkan identik dengan tambahan tegangan normal yang bekerja. Gerakan piston diilustrasikan sebagai perubahan volume tanah, dimana gerakan ini dipengaruhi oleh kompresibilitas (kemudahmampatan) pegasnya, yaitu ekuivalen dengan kompresibilitas tanahnya.

Walaupun model piston dan pegas ini agak kasar, tetapi cukup dapat menggambarkan apa yang terjadi pada tanah kohesif jenuh diberi beban di laboratorium maupun di lapangan. Disini diperlihatkan suatu pondasi yang dibangun diatas tanah lempung yang diapit oleh lapisan tanah pasir dengan muka air tanah dibatas lapisan lempung sebelah atas. Segera sesudah pembebanan, lapisan lempung mengalami kenaikan tegangan sebesar  $\Delta p$ . Air pori didalam lapisan lempung ini dapat mengalir dengan baik ke lapisan pasirnya dan pengaliran air hanya ke atas dan ke bawah saja. Dianggap pula bahwa besarnya tambahan tegangan  $\Delta p$  sama pada kedalaman manapun lapisan lempungnya.



(Sumber: Peck et al., 1974 dalam Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.9 Reaksi tekanan air pori saat konsolidasi (a) Pondasi pada tanah lempung jenuh (b) Diagram perubahan tekanan air pori terhadap waktu

Jalannya proses konsolidasi diamati lewat pipa-pipa piezometer yang dipasang sepanjang kedalamannya, sedemikian rupa sehingga tinggi air dalam pipa piezometer menyatakan besarnya kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) di kedalaman pipanya.

Akibat tambahan tekanan  $\Delta p$ , yaitu sesaat setelah beban pada pondasi bekerja, tinggi air dalam pipa piezometer naik setinggi  $h = \Delta p / \gamma_w$  atau terdapat kenaikan tekanan air pori sebesar  $\Delta p = h \gamma_w$  digambarkan pada garis *DE*, *DE* ini menyatakan distribusi kelebihan tekanan air pori awal. Dalam waktu tertentu, tekanan air pori pada lapisan yang lebih dekat dengan lapisan pasir akan berkurang, sedangkan tekanan air pori lapisan lempung bagian tengah masih tetap. Kondisi ini digambarkan sebagai kurva *K1*. Pada tahapan waktu setelahnya, ketinggian air dalam pipa digambarkan dalam kurva *K2*. Selang beberapa waktu, tinggi air dalam pipa piezometer mencapai kedudukan yang sama dengan kedudukan muka air tanah pada saat kondisi awal sebelum diberi beban (garis *AC*). Garis *AC* ini menggambarkan kondisi pada saat konsolidasi telah selesai, dimana kelebihan tekanan air pori  $\Delta u$  telah nol.

Saat tahap awal, tiap pertambahan beban akan didukung seluruhnya oleh tekanan air pori, dalam hal ini berupa kelebihan tekanan air pori  $\Delta u$  yang besarnya sama dengan  $\Delta p$ . pada kondisi ini tidak ada perubahan tegangan efektif didalam tanahnya. Sesudah air pori perlahan keluar melalui rongga pori tanah, secara berangsur-angsur tanah menjadi turun dan padat, beban perlahan-lahan berpindah ke butiran tanah, dan tegangan efektif menjadi bertambah. Akhirnya, kelebihan tekanan air pori menjadi nol atau dapat dinyatakan selesai penurunan konsolidasi primer. Pada kondisi ini, tekanan air pori sama dengan tekanan hidrostatis telah sama dengan kondisi muka air tanahnya.

### **2.2.18 Pengaruh Gangguan Benda Uji Pada Grafik *e-log p***

Kondisi tanah yang mengalami pebebanan seperti yang ditunjukkan dalam grafik *e-log p* yang diperoleh dari laboratorium, tidak sama dengan kondisi pembebanan tanah asli pada lokasi dilapangan. Beda reaksi terhadap beban antara

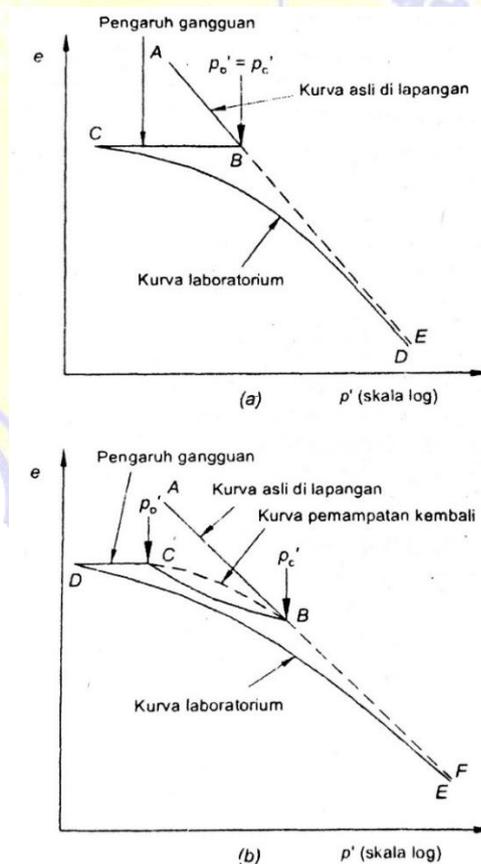
benda uji di laboratorium dan dilapangan adalah karena adanya gangguan tanah benda uji (*soil disturbance*) selama persiapan pengujian oedmeter. Karena dibutuhkan untuk mengetahui hubungan angka pori- tegangan efektif pada kondisi asli dilapangan, maka diperlukan koreksi terhadap hasil pengujian di laboratorium. Gangguan benda uji dapat dijelaskan sebagai berikut (Perloff dan Baron, 1976):

Di lapangan, elemen tanah dipengaruhi oleh tegangan efektif-vertikal  $\sigma_z'$  dan tegangan efektif horizontal  $\sigma_z' = K_0 \sigma_z'$  (dengan  $K_0$  adalah koefisien tekanan lateral tanah diam). Umumnya  $K_0$  tidak sama dengan 1, yaitu kurang dari 1 untuk lempung *normally consolidated* atau sedikit *normally overconsolidated* (*slightly overconsolidated*) dan lebih dari 1 untuk lempung *terkonsolidated sangat berlebihan* (*heavily overconsolidated*). Ketika contoh tanah diambil dari dalam tanah dengan pengeboran tekanan keliling luar (*external confining pressure*) hilang. Kecendrungan tanah jenuh setelah terambil dari dalam tanah untuk mengembang karena hilangnya tekanan keliling, ditahan oleh berkembangnya tekanan air pori negatif akibat tegangan kapiler (*capillary tension*). Jika udara tidak keluar dari larutannya, volume contoh tidak akan berubah dan tegangan keliling efektif ( $\sigma_z'$ ) sama dengan besarnya tekanan air pori ( $-u$ ). Dalam kondisi ini  $\sigma_z' n = \sigma_z' n$ .

Jadi, nilai banding  $\sigma_z' / \sigma_z'$  berubah dengan perubahan yang tergantung pada nilai  $K_0$ . Regangan yang ditimbulkan menyebabkan kerusakan benda uji, atau benda uji menjadi terganggu. Pengaruh ini telah diselidiki oleh Skempton dan Sowa (1963), Ladd dan Lambe (1963), dan Ladd (1964). Pengaruh dari pengambilan contoh tanah, dan lain-lain pengaruh kerusakan benda uji.

Kurva pemampatan asli diperlihatkan sebagai garis penuh *AB*, yang menggambarkan kondisi asli dilapangan, dengan  $P_o' = P_c'$ . Tambahan beban pada lapisan tanah akan menghasilkan perubahan angka pori ( $e$ ) menurut patah-patah *BE*, yaitu perpanjangan kurva pemampatan asli dilapangan. Akan tetapi, akibat gangguan tekanan konsolidasi efektif benda uji pada waktu dibawa dilaboratorium berkurang, walupun angka pori tetap. Ketika benda uji dibebani kembali dilaboratorium, pengurangan angka pori yang terjadi akibat gangguan, contohnya adalah seperti kondisi yang ditunjukkan oleh kurva laboratorium *CD*.

Dalam hal lempung *overconsolidated* sejarah tegangan dilapangan disajikan oleh kurva pemampatan asli ke titik dimana tekanan prakonsolidasi ( $P_c'$ ) tercapai (bagian AB). Sesudah itu, karena sesuatu hal terjadi di waktu lampau, beban berkurang sampai mencapai tekanan *overburden* ( $P_o'$ ). Kurva garis penuh BC memperlihatkan hubungan  $e$ -log  $P'$  dilapangan selama pengurangan bebannya. Penambahan beban dilapangan akan mengikuti kurva pemampatan kembali yang berupa garis patah-patah CB, yang bila beban bertambah hingga melampaui tekanan prakonsolidasi, kurva akan terus kebawah mengikuti pelurusan dari kurva pemampatan asli dilapangan (bagian BF). Akibat gangguan contohnya, maka tekanan konsolidasi efektif tereduksi pada angka pori konstan, yang bila kemudian diadakan pengujian dilaboratorium kurvanya akan mengikuti garis penuh DE. Penambahan derajat gangguan benda uji, mengakibatkan kurva laboratorium akan cenderung bergeser lebih ke kiri.

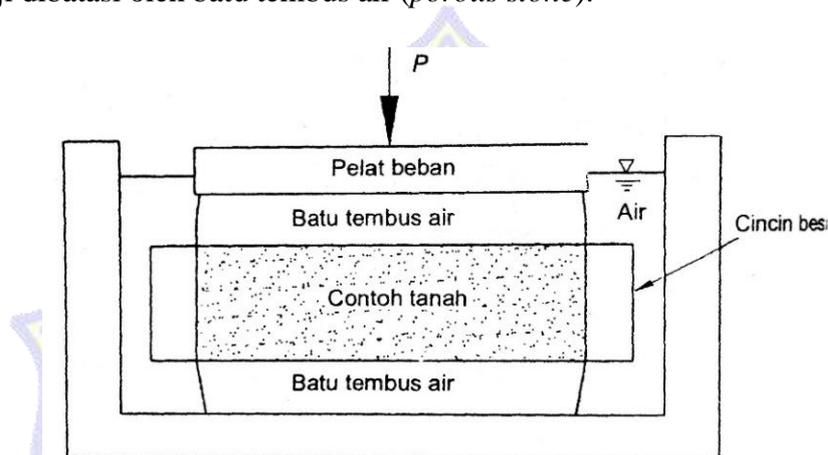


(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.10 Contoh Pengaruh Gangguan Pada Kurva Pemampatan

### 2.2.19 Pengujian Konsolidasi Tanah

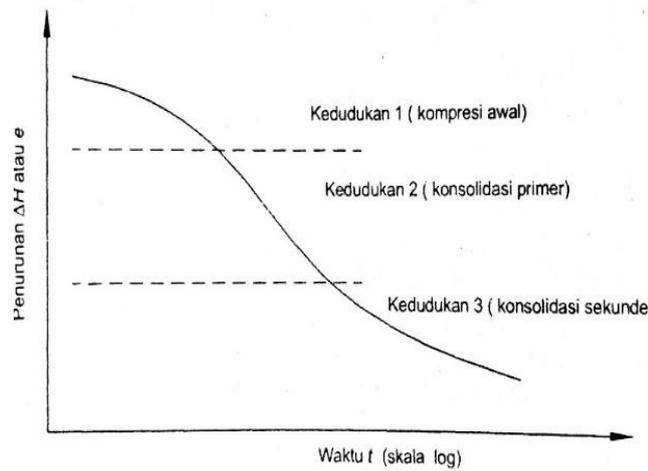
Pemampatan tanah disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, perpindahan partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori dan sebab-sebab lain. Pengujian konsolidasi satu dimensi (*one-dimensional consolidation*) biasanya dilakukan dilaboratorium dengan alat *oedometer* atau *konsolidometer*. Contoh tanah yang mewakili elemen tanah yang mudah mampat pada lapisan tanah yang diselediki, dimasukkan secara hati-hati kedalam cincin besi. Bagian atas dan bawah dari benda uji dibatasi oleh batu tembus air (*porous stone*).



(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.11 Skema Alat Pengujian Konsolidasi

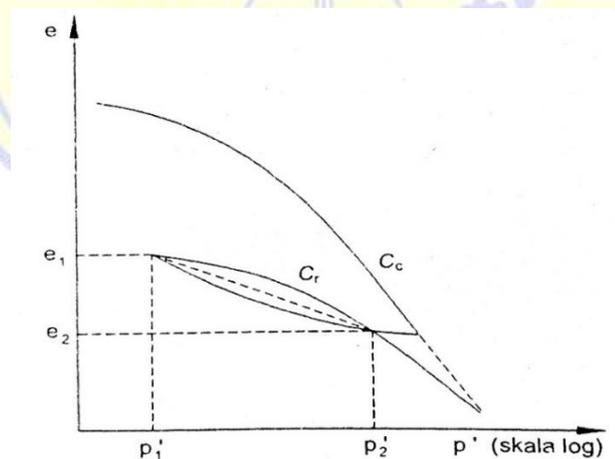
Beban  $P$  diterapkan pada benda uji tersebut, dan penurunan diukur dengan arloji pembacaan (*dial gauge*). Beban diterapkan dalam periode 24 jam, dengan benda uji tetap terendam dalam air. Penambahan beban secara periodik diterapkan pada contoh tanahnya. Penelitian oleh Leonard (1962) menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh jika penambahan beban adalah dua kali beban sebelumnya, dengan urutan besar beban 1; 2; 4; 8;  $\text{kg/cm}^2$ . Untuk tiap penambahan beban, deformasi dan waktunya dicatat, kemudian diplot pada grafik semi logaritmis, Gambar 2.12 memperlihatkan sifat khusus dari grafik hubungan antara penurunan  $\Delta H$  dan logaritma waktu ( $\log t$ ). Kurva bagian atas (kedudukan 1). Merupakan bagian dari kompresi awal disebabkan oleh pembebanan awal dari benda uji. Bagian garis lurus (kedudukan 2), menunjukkan proses konsolidasi primer. Bagian garis lurus terendah (kedudukan 3), menunjukkan proses konsolidasi sekunder.



(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.12 Sifat Khusus Grafik Hubungan  $\Delta H$  atau  $e$  Terhadap  $\log t$

Pada tiap penambahan beban selama pengujiannya, tegangan yang terjadi adalah tegangan efektif. Bila berat jenis tanah (*specific gravity*), dimensi awal dan penurunan pada tiap pembebanan dicatat, maka nilai angka pori ( $e$ ) dapat diperoleh. Selanjutnya hubungan tegangan efektif dan angka pori ( $e$ ) diplot pada grafik semi logaritmik.



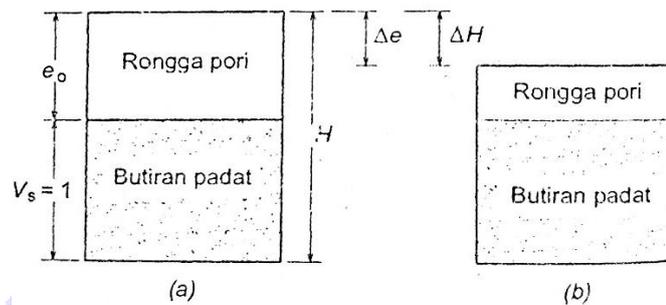
(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.13 Sifat Khusus Grafik Hubungan  $e$ - $\log p'$

### 2.2.19.1 Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi

Pada konsolidasi satu dimensi, perubahan tinggi ( $\Delta H$ ) per satuan dari tinggi awal ( $H$ ) adalah sama dengan perubahan volume ( $\Delta V$ ) per satuan volume awal, atau dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta V}{V} \dots\dots\dots(2.7)$$



(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.14 Fase Konsolidasi (a) Sebelum konsolidasi, (b) Sesudah konsolidasi

Bila volume pada  $V_a = 1$  volume pori awal adalah  $e_0$ , maka kedudukan akhir pada proses konsolidasi dapat di lihat pada Gambar 2.14 Volume padat besarnya tetap, angka pori berkurang karena adanya  $\Delta e$ . Dari Gambar 2.14 dapat diperoleh persamaan berikut:

$$H = H \frac{\Delta e}{1+e_0} \dots\dots\dots(2.8)$$

### 2.2.19.2 Koefisien Pemampatan (*Coefficient of Compression*) ( $a_v$ ) dan Koefisien Perubahan Volume (*Coefficient of Volume Change*) ( $m_v$ )

Koefisien pemampatan ( $a_v$ ) adalah koefisien yang menyatakan kemiringan kurva e-p. Jika tanah dengan volume ( $V_1$ ) mampat sehingga volumenya menjadi ( $V_2$ ), dan mampatnya tanah dianggap hanya sebagai akibat pengurangan rongga pori, maka perubahan volume hanya dalam arah vertikal dapat dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$\frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{(1+e_2)-(1+e_1)}{1+e_1} = \frac{e_1 - e_2}{1+e_1} \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan,

$e_1 =$  Angka pori pada tegangan  $P_1'$

$e_2 =$  Angka pori pada tegangan  $P_2'$

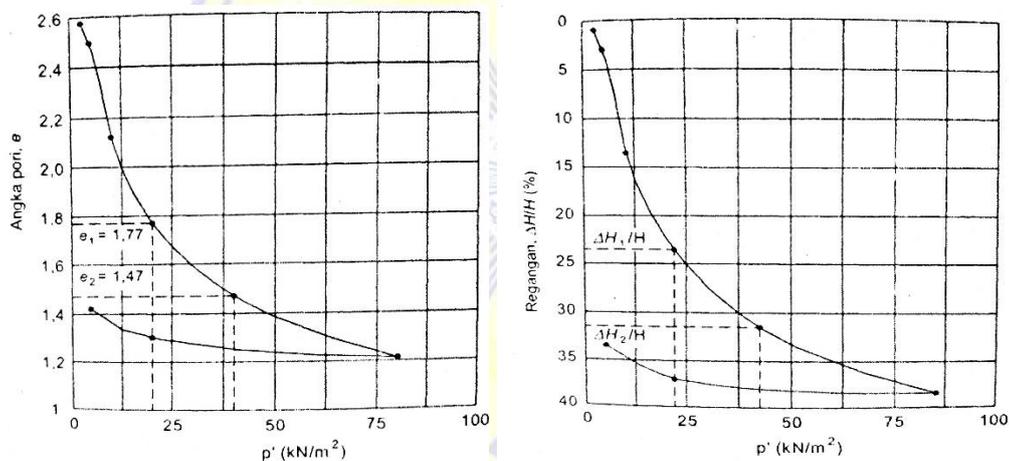
$V_1 =$  Volume pada tegangan  $P_1'$

$V_2 =$  Volume pada tegangan  $P_2'$

Kemiringan kurva  $e - P'$  ( $a_v$ ) didefinisikan pada persamaan berikut:

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta p} = \frac{(e_1 - e_2)}{P_2 - P_1} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana kurva  $e - P'$  ( $a_v$ ) berturut - turut adalah angka pori pada tegangan  $P_1'$  dan  $P_2'$ .



(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.15 hasil Pengujian Konsolidasi (a) Plot Angka Pori terhadap Tegangan Efektif  $e - P'$  (b) Plot Regangan terhadap Tegangan Efektif  $\Delta H/H - P'$

Koefisien perubahan volume ( $m_v$ ) didefinisikan sebagai perubahan volume persatuan penambahan tegangan efektif. Satuan dari  $m_v$  adalah kebalikan dari tegangan ( $\text{cm}^2/\text{Kg}$ ). Perubahan volume dapat dinyatakan dengan perubahan ketebalan ataupun angka pori. Jika terjadi penambahan tegangan efektif  $P$  ke  $P'$ , maka angka pori akan berkurang dari  $e_1$  ke  $e_2$  dengan perubahan  $\Delta H$ .

Perubahan volume :  $\frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{H_1 - H_2}{H_1}$  (Karena area contoh tetap)

$$\frac{(e_1 - e_2)}{1 + e_1} \dots\dots\dots(2.11a)$$

Substitusi persamaan (12a) ke persamaan (11) diperoleh :

$$\text{Perubahan volume} = \frac{(a_v - \Delta p)}{1 + e_1}$$

Karena  $m_v$  adalah perubahan volume/satuan penambahan tegangan, maka:

$$m_v = \frac{(a_v - \Delta p)}{1 + e_1} \frac{1}{\Delta p} = \frac{(a_v - \Delta p)}{1 + e_1} \dots\dots\dots(2.11b)$$

Nilai  $m_v$  untuk tanah tertentu tidak konstan, tetapi tergantung dari besarnya tegangan yang ditinjau.

### 2.2.19.3 Indeks Pemampatan (*Compression Index*) ( $C_c$ )

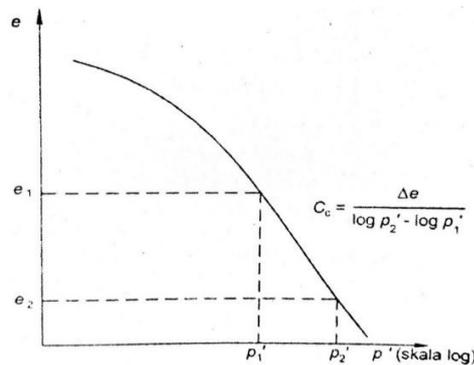
Indeks pemampatan atau indeks kompresi ( $C_c$ ) adalah kemiringan dari bagian garis lurus grafik  $e - \log p'$ . Untuk dua titik terletak pada bagian lurus dari grafik laboratorium dalam Gambar 2.12.  $C_c$  dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log p'_2 - \log p'_1} = \frac{e_1 - e_2}{(\log p'_2/p'_1)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dari penelitian, Untuk tanah *normally consolidated*, Terzaghi dan Peck (1967) mengusulkan nilai  $C_c$  sebagai berikut:

$$C_c = 0,009 (LL - 10) \dots\dots\dots(2.13)$$

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



(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.16 Indeks Pemampatan  $C_c$  pada kurva laboratorium

Beberapa nilai  $C_c$ , yang didasarkan pada sifat-sifat tanah pada tempat-tempat tertentu (Azzouz et al, 1976) sebagai berikut :

- $C_c = 0,01 W_N$  ( untuk lempung Chicago).....(2.14)
- $C_c = 0,0046 (LL - 9)$  (untuk lempung Brasilia) .....(2.15)
- $C_c = 0,208 e_0 + 0,0083$  (untuk lempung Chicago).....(2.16)
- $C_c = 0,0115 W_N$  (untuk tanah organik, gambut) .....(2.17)

Dengan  $W_N$  adalah kadar air asli lapangan (%) dan  $e_0$  angka pori.

#### 2.2.19.4 Koefisien Konsolidasi (*Coefficient Consolidation*) ( $C_v$ )

Kecepatan penurunan dapat dihitung dengan menggunakan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ). Kecepatan penurunan perlu diperhitungkan bila penurunan konsolidasi yang terjadi pada suatu struktur diperkirakan sangat besar. Bila penurunan sangat kecil, kecepatan penurunan tidak begitu penting diperhatikan, karena penurunan yang terjadi sejalan dengan waktunya akan tidak menghasilkan perbedaan yang begitu besar.

Derajat konsolidasi pada sembarang waktunya, dapat ditentukan dengan menggambarkan grafik penurunan vs. waktu untuk satu beban tertentu yang diterapkan pada alat konsolidometer. Caranya dengan mengukur penurunan total pada akhir fase konsolidasi. Kemudian dari data penurunan dan waktunya, sembarang waktu yang dihubungkan dengan derajat konsolidasi rata-rata tertentu (misalnya  $U = 50\%$ ) ditentukan. Hanya sayangnya, walaupun fase konsolidasi telah berakhir, yaitu ketika

tekanan air pori telah nol, benda uji dalam konsolidometer masih terus mengalami penurunan akibat konsolidasi sekunder. Karena itu, tekanan air pori mungkin perlu diukur selama proses pembebanannya atau suatu interpretasi data penurunan dan waktu harus dibuat untuk menentukan kapan konsolidasi telah selesai.

Jika sejumlah kecil udara terhisap masuk dalam air pori akibat penurunan tekanan pori dari lokasi aslinya di lapangan, kemungkinan terdapat juga penurunan yang berlangsung dengan cepat, yang bukan bagian dari proses konsolidasi. Karena itu, tinggi awal atau kondisi sebelum adanya penurunan saat permulaan proses konsolidasi juga harus diinterpretasikan. (Hardiyatmo, 2018)

#### 2.2.19.5 Metode Kecocokan Log - Waktu (*Log – Time Fitting Method*)

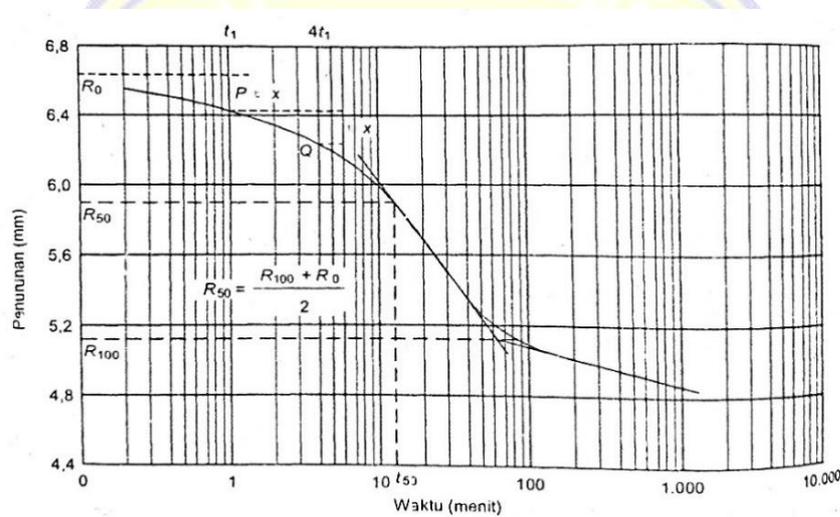
Prosedur untuk menentukan nilai koefisien konsolidasi  $C_v$  diberikan oleh Casagrande dan Fadum (1940). Cara ini sering disebut metode kecocokan log- waktu Casagrande (*Casagrande log-time fitting method*). Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Gambarkan grafik penurunan terhadap log waktu, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.17 untuk satu beban yang diterapkan.
2. Kedudukan titik awal kurva ditentukan dengan pengertian bahwa kurva awal mendekati parabol. Tentukan dua titik yaitu pada saat  $t_1$  (titik  $P$ ) dan saat  $4t_1$  (titik  $Q$ ). Selisih ordinat (jarak vertikal) keduanya diukur, misalnya  $x$ . Kedudukan  $R = R_0$  digambar dengan mengukur jarak  $x$  ke arah vertikal di atas titik  $P$ . Untuk pengontrolan, ulangi dengan pasangan titik yang lain.
3. Titik  $U = 100\%$ , atau titik  $R_{100}$ , diperoleh dari titik potong dua bagian linier kurvanya, yaitu titik potong bagian garis lurus kurva konsolidasi primer dan sekunder.
4. Titik  $U = 50\%$ , ditentukan dengan  $R_{50} = (R_0 + R_{100})/2$ . Dari sini diperoleh waktu  $t_{50}$ . Nilai  $T_v$  sehubungan dengan  $U = 50\%$  adalah 0,197. Selanjutnya koefisien konsolidasi  $C_v$ , diberikan oleh persamaan sebagai berikut :

$$C_v = \frac{0,026.Hr^2}{t_{50}} \dots\dots\dots(2.18)$$

Pada pengujian konsolidasi dengan drainasi atas bawah,  $H_t$  diambil setengah dari tebal rata-rata benda uji pada beban tertentu. Jika temperatur rata-rata dari tanah asli di lapangan diketahui dan ditemui perbedaan dengan temperatur rata-rata pada waktu pengujian, koreksi nilai  $C_v$  harus diberikan.

Terdapat beberapa hal dimana cara log-waktu Casagrande tidak dapat diterapkan. Jika konsolidasi sekunder begitu besar pada waktu fase konsolidasi primer selesai, mungkin 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. penurunan, salah satu pengukuran tekanan air pori atau cara lain untuk menginterpretasikan  $C_v$ , harus diadakan.



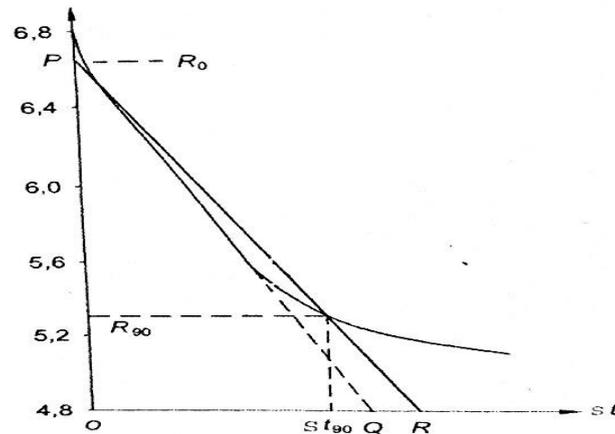
(Sumber: Casagrande, 1940 dalam Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.17 Metode Kecocokan log-waktu

#### 2.2.19.6 Metode Akar Waktu (*Square Root of Time Method*) (Taylor, 1948)

Penggunaan dari cara ini adalah dengan menggambarkan hasil pengujian konsolidasi pada grafik hubungan akar dari waktu terhadap penurunannya. Kurva teoritis yang terbentuk, biasanya linier sampai dengan kira-kira 60% konsolidasi. Karakteristik cara akar waktu, yaitu dengan menentukan  $U = 90\%$  konsolidasi, dimana  $U = 90\%$  absis  $OR$  akan sama dengan 1,15 kali absis  $OQ$ . Prosedur untuk

memperoleh derajat konsolidasi  $U = 90\%$ , dapat dilihat pada Gambar 2.18 sebagai berikut:



(Sumber: Taylor, 1948 dalam Hardiyatmo, 2017)

Gambar 2.18 Metode Akar Waktu

1. Gambarkan grafik hubungan antara penurunan dengan akar waktu dari data hasil pengujian konsolidasi pada beban tertentu yang diterapkan.
2. Titik  $U = Q$  diperoleh dengan memperpanjang garis dari bagian awal kurva yang lurus sehingga memotong koordinatnya di titik P dan memotong absis di titik Q. Anggapan kurva awal berupa garis lurus adalah konsisten dengan anggapan bahwa kurva awal berbentuk parabola.
3. garis lurus  $PR$  digambar dengan absis  $OR$  sama dengan 1,15 kali absis  $OQ$ . Perpotongan dari  $PR$  dan kurvanya ditentukan titik  $R90$  pada absis.
4.  $T_v$  untuk  $U = 90\%$  adalah 0,112. Pada keadaan ini, koefisien konsolidasi  $C_v$  diberikan menurut persamaan sebagai berikut:

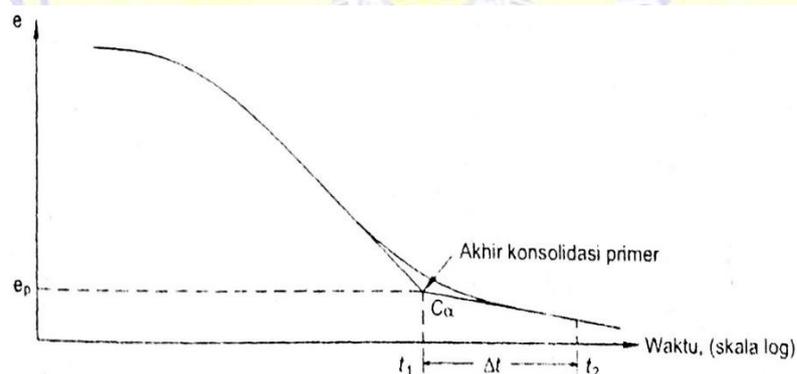
$$C_v = \frac{0,112.Hr^2}{t_{90}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Jika akan menghitung batas konsolidasi primer  $U = 100\%$ , titik  $R100$  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. Metode akar waktu membutuhkan pembacaan penurunan (kompresi) dalam periode waktu yang lebih pendek dibandingkan dengan metode log-waktu. Tetapi kedudukan garis lurus tidak selalu diperoleh dari penggambaran metode akar waktu. Dalam hal menemui kasus demikian, metode log-waktu seharusnya digunakan.

### 2.2.19.7 Konsolidasi Sekunder

Konsolidasi sekunder terjadi setelah proses konsolidasi primer berhenti dan pada kondisi ini tegangan efektif telah konsta. Lintasan kurva konsolidasi sekunder didefinisikan sebagai kemiringan kurva ( $C_{\alpha}$ ) pada bagian akhir dari kurva  $\Delta H-\log t$  atau dari kurva  $e-\log t$ . Untuk memperoleh kemiringan kurva konsolidasi sekunder yang baik, perlu memperpanjang proses pengamatan pengujian di laboratorium. Dengan cara ini akan mempermudah hitungan kemiringan kurva kompresi sekunder  $C_{\alpha}$ . Dengan melihat gambar 2.19, persamaan untuk memperoleh indeks pemampatan sekunder (*secondary compression ratio*) ( $C_{\alpha}$ ) diperoleh dengan cara sebagai berikut:



(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Gambar 2.19 Penentuan indeks pemampatan sekunder ( $C_{\alpha}$ .)

$$C_{\alpha} = \frac{\Delta e}{\log(t_2/t_1)} \dots\dots\dots(2.20)$$

dengan,

- $C_{\alpha}$  = Indeks pemampatan sekunder
- $\Delta e$  = Perubahan angka pori
- $t$  = Waktu

Penurunan akibat konsolidasi sekunder, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_s = H \frac{C_\alpha}{1 + e_p} \log \frac{t_2}{t_1} \dots\dots\dots(2.21)$$

dengan,

$e_p$  = Angka pori saat kondisi primer selesai

$H$  = Tebal benda uji awal atau tebal lapisan tanah yang ditinjau

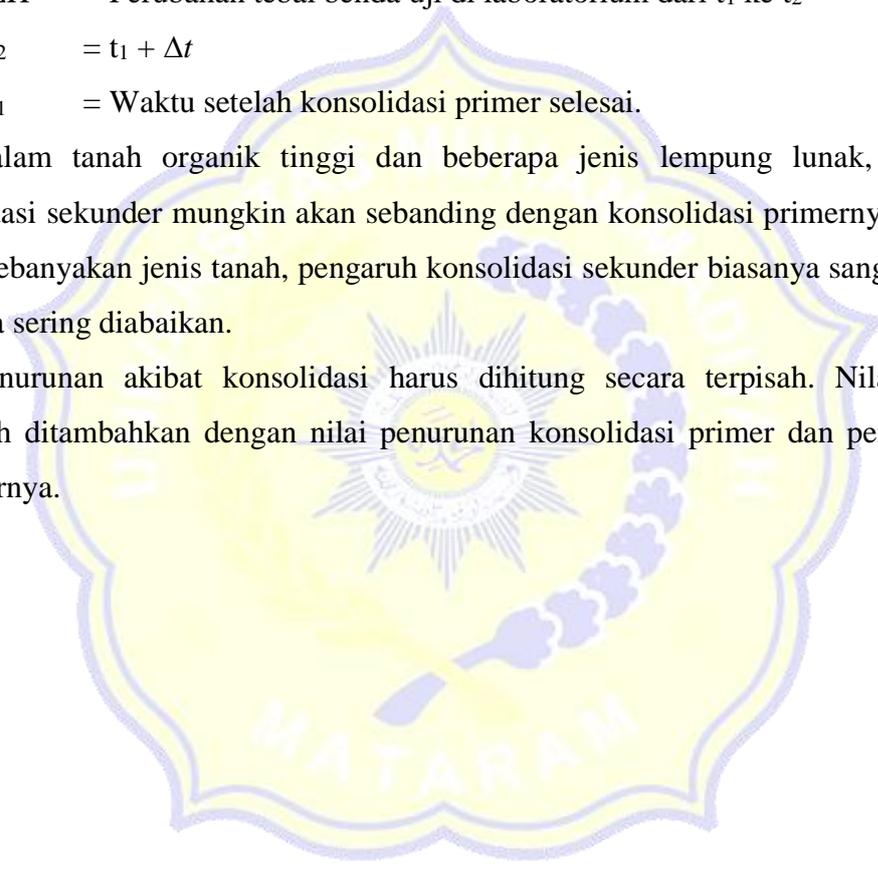
$\Delta H$  = Perubahan tebal benda uji di laboratorium dari  $t_1$  ke  $t_2$

$t_2$  =  $t_1 + \Delta t$

$t_1$  = Waktu setelah konsolidasi primer selesai.

Dalam tanah organik tinggi dan beberapa jenis lempung lunak, jumlah konsolidasi sekunder mungkin akan sebanding dengan konsolidasi primernya. Akan tetapi, kebanyakan jenis tanah, pengaruh konsolidasi sekunder biasanya sangat kecil sehingga sering diabaikan.

Penurunan akibat konsolidasi harus dihitung secara terpisah. Nilai yang diperoleh ditambahkan dengan nilai penurunan konsolidasi primer dan penurunan sekundernya.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Tanah yang diuji pada penelitian ini menggunakan material tanah rawa yang berasal dari Dusun Cemara, Desa Lembar Selatan, Kec. Lembar, Kab. Lombok Barat.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan sampel tanah

(Sumber: *Google Earth*, 2023)

### 3.2 Persiapan Penelitian

#### 3.2.1 Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Cemara, Kecamatan Lembar Selatan, Kabupaten Lombok Barat. Alat yang digunakan saat pengambilan sampel yakni sekop, cecang, alat ukur (meteran), linggis, plastik dan karung. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman minimal 50 cm yang bertujuan untuk menghindari tanah sedimen atau endapan pada permukaan tanah yang masih banyak mengandung air. Adapun dokumentasi pengambilan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Tanah

### 3.2.2 Alat

Alat - alat yang digunakan dalam dalam penelitian ini antara lain:

1. Cawan  
Digunakan sebagai wadah benda uji.



Gambar 3.3 Cawan

2. Piknometer  
Digunakan pada pengujian berat jenis tanah.



Gambar 3.4 Piknometer

3. Pengaduk tanah  
Digunakan untuk mengambil, mengaduk dan mencampur tanah.



Gambar 3.5 Pengaduk Tanah

4. Timbangan  
Digunakan untuk menimbang sampel tanah dan cawan.



Gambar 3. 6 Timbangan ketelitian 0.01

5. Alat Cassagrande  
Digunakan dalam pengujian batas cair tanah.



Gambar 3.7 Alat Cassagrande

6. Penumbuk  
Digunakan dalam pengujian pemadatan tanah.



Gambar 3.8 Alat penumbuk

7. Cetakan  
Digunakan sebagai cetakan dalam pengujian pemadatan tanah.



Gambar 3.9 Cetakan

8. Saringan  
Digunakan sebagai alat penyaring tanah pada pengujian analisa saringan (uji gradasi).



Gambar 3.10 Saringan

9. Oven

Digunakan sebagai alat pengering serta untuk mengetahui kadar air pada sampel tanah yang diuji.



Gambar 3.11 Oven

10. Alat Uji Konsolidasi

Alat pengujian konsolidasi (oedometer/konsolidometer)



Gambar 3.12 Alat Uji Konsolidasi

11. Spatula

Digunakan untuk mengaduk / mencampur tanah.



Gambar 3.13 Spatula

12. Plat kaca

Digunakan pada pengujian batas plastis tanah sebagai alas benda uji.



Gambar 3.14 Plat Kaca

13. Mesin penggetar

Digunakan pada pengujian analisa saringan (uji gradasi) sebagai mesin pengayak otomatis.



Gambar 3.15 Mesin Ayakan

14. Kompor

Digunakan pada pengujian berat jenis tanah.



Gambar 3.16 Kompor

15. *Ring & Extruder*

Digunakan sebagai cetakan dan untuk mengeluarkan tanah.



Gambar 3.17 Ring & Extruder

16. *Dial Gauge*

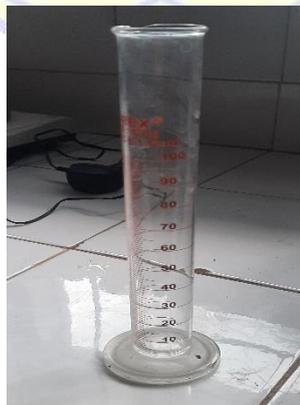
Digunakan untuk mengjitung penurunan pada pengujian konsolidasi.



Gambar 3.18 *Dial gauge*

17. Gelas ukur

Digunakan untuk menakar air saat membuat variasi air pada pemadatan.



Gambar 3.19 Tabung ukur 100 ml

### 3.2.3 Bahan

Bahan yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah sampel tanah yang diambil dari Desa Cemare, Kec. Lembar Selatan, Kab. Lombok barat yang kemudian dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

### 3.3 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian sifat fisik dan mekanis tanah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

### 3.4 Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium

Pengujian yang sifat fisik dan mekanis tanah yang di lakukan sebagai berikut :

#### 3.4.1 Kadar Air (*Moisture Content*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen.

1. Bahan-bahan yang diuji antara lain:
  - a. Sampel tanah seberat 40 – 50 gram sebanyak 3 sampel
  - b. Air secukupnya
2. Peralatan yang diperlukan :
  - a. Cawan sebanyak 3 buah
  - b. *Oven*
  - c. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.
3. Perhitungan
  - a. Berat air (A)  $= W_2 - W_3$
  - b. Berat tanah kering (B)  $= W_3 - W_1$
  - c. Kadar air ( $\omega$ )  $= \frac{A}{B} \times 100\%$

dengan,

W1 = Berat cawan yang digunakan

W2 = Berat cawan + tanah basah

W3 = Berat cawan + tanah kering

Perbedaan kadar air di antara ketiga sampel tersebut maksimum sebesar 5% dengan nilai rata-rata sampel.

### 3.4.2 Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah.

1. Bahan yang diuji:

Sampel tanah yang akan diuji seberat 60 – 70 gram sebanyak 2 sampel

2. Peralatan yang diperlukan :

- a. Ring (*cincin*).
- b. Spatula
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.

3. Perhitungan

- a. Berat ring (W1)
- b. Volume cincin (cm<sup>3</sup>)
- c. Berat cincin dan tanah basah (W2)
- d. Berat tanah Basah (W3) = W2 – W1
- e. Berat volume ( $\gamma$ )  $\longrightarrow \gamma = \frac{W}{V}$  (gr/cm<sup>3</sup>) atau t/m<sup>3</sup>)

### 3.4.3 Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

1. Bahan yang diuji:

- a. Sampel tanah yang akan diuji seberat 10 gram sebanyak 2 sampel
- b. Air

2. Peralatan yang diperlukan :
  - a. Labu ukur 100 ml / *picnometer*.
  - b. *Thermometer* dengan ketelitian 0,01 C.
  - c. Timbangan ketelitian 0,01 gr.
  - d. *Boiler* (tungku pemanas) atau *hot plate*.
3. Perhitungan

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

dengan,

$G_s$  = Berat jenis

$W_1$  = Berat picnometer (gr)

$W_2$  = Berat picnometer dan tanah kering (gr)

$W_3$  = Berat picnometer tanah dan air (gr)

$W_4$  = Berat picnometer dan air (gr)

#### 3.4.4 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair.

1. Bahan yang diuji:
  - a. Sampel tanah yang telah di oven.
  - b. Air sebanyak 300 cc.
2. Peralatan yang diperlukan :
  - a. Alat batas cair (mangkuk *Cassagrande*)
  - b. Alat pembuat alur (*grooving tool*)
  - c. Spatula.
  - d. Gelas ukur 100 cc.
  - e. 8 buah cawan ( 1 sampel 2 uji)
  - f. *Porselin dish*
  - g. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.
  - h. *Oven*.

3. Perhitungan :

- a. Menghitung kadar air (w) masing-masing sampel sesuai dengan jumlah ketukan.
- b. Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logaritmik, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.
- c. Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.

### 3.4.5 Batas Plastis & Indeks Plastisitas (*Plastic Limit & Plasticity Index*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat.

1. Bahan yang diuji:
  - a. 10 - 20 gram sampel tanah lolos saringan no. 40 yang telah dikeringkan
  - b. Air sebanyak 50 cc.
2. Peralatan yang diperlukan :
  - a. Spatula.
  - b. Gelas ukur 100 cc.
  - c. 3 buah cawan.
  - d. Plat kaca.
  - e. *Porselin dish*
  - f. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.
  - g. Oven.
3. Perhitungan :
  - a. Nilai batas plastik (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji
  - b. Plastik Indeks (PI) adalah harga rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji, dengan rumus:  $PI = LL - PL$

### 3.4.6 Analisa Saringan dan Hidrometer (*Sieve Analysis*)

Pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 ( $\varnothing$  0,075 mm).

1. Bahan-bahan yang digunakan:
  - a. Tanah asli yang telah di oven sebanyak 50 gr.
  - b. Air bersih atau air suling 1500 cc
2. Peralatan yang diperlukan:
  - a. Saringan (*sieve*) 1 set.
  - b. Mesin pengetar (*sieve shaker*).
  - c. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.
  - d. Pan
3. Perhitungan:
  - a. Berat masing-masing saringan ( $W_{ci}$ ).
  - b. Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan ( $W_{bi}$ ).
  - c. Berat tanah yang tertahan ( $W_{ai}$ ) =  $W_{bi} - W_{ci}$ .
  - d. Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan ( $\sum W_{ai} \approx W_{tot}$ ).
  - e. Presentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan ( $P_i$ ).

$$P_i = \frac{W_{bi} - W_{ci}}{W_{total}} \times 100\%$$

- f. Presentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan ( $q$ ):

$$q_i = 100\% - p_i\%$$

$$q(1+1) = q_i - p(1+1)$$

Keterangan :

$i = 1$  (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan no. 200)

### 3.4.7 Pengujian Konsolidasi

Pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat pemampatan (perubahan volume) suatu jenis tanah pada saat menerima beban tertentu. Pengujian berdasarkan SNI 2812-2011.

1. Bahan-bahan yang digunakan:
  - a. Sampel tanah yang terdiri dari beberapa kondisi yakni tanah asli, tanah dengan kadar air optimum, kondisi *dry side of optimum* dan *wet side of optimum*.
  - b. Air bersih secukupnya.
2. Peralatan yang diperlukan:
  - a. Frame alat konsolidasi dan konsolidometer.
  - b. Cincin (cetakan) benda uji.
  - c. *Extruder*.
  - d. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
  - e. *Stopwatch*
  - f. *Dial* deformasi
  - g. *Oven*
  - h. Spatula

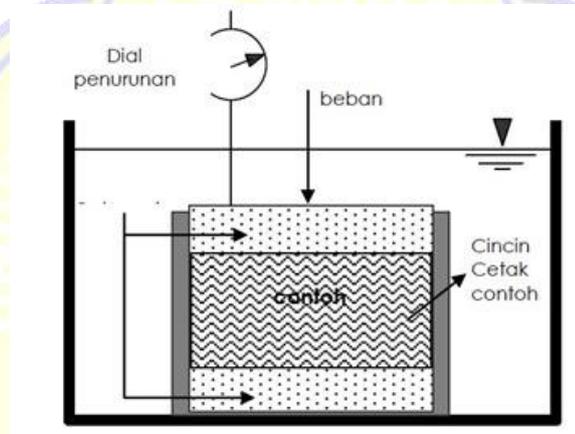
### 3.5 Prosedur Pengujian Utama

1. Pengujian sifat fisik tanah:
  - a. Kadar air tanah
  - b. Berat isi tanah
  - c. Berat jenis tanah
  - d. Batas cair tanah
  - e. Batas plastis tanah
  - f. Analisa saringan & hidrometer
2. Pengujian mekanis tanah dengan menyiapkan sampel tanah asli dengan pembagian sampel yaitu Sampel A, Sampel B dan Sampel C masing-masing terdiri dari 3 sampel.

- a. Sampel A  
Sampel tanah asli dicampur air 162.5 ml, yaitu berdasarkan KAO 11.70% dengan kepadatan *dry side optimum*.
  - b. Sampel B  
Sampel tanah asli dicampur air 275 ml, yaitu berdasarkan KAO 16.70% dengan kepadatan optimum.
  - c. Sampel C  
Sampel tanah asli dicampur air 387.5 ml, yaitu berdasarkan KAO 21.70% dengan kepadatan *wet side optimum*.
  - d. Sampel D  
Sampel tanah asli dengan kadar air 65.41% (Berdasarkan pengujian kadar air).
3. Melakukan uji pemadatan standar (*standar proctor*) untuk mendapatkan kadar air optimum dengan cara :
- a. Menyiapkan sampel tanah asli seberat 2000 gr.
  - b. Menyiapkan gelas ukur yang berisi air seberat 1000 ml.
  - c. Mencampur tanah dengan air sampai didapkannya kadar air optimum rencana.
  - d. Setelah air dicampur dengan sampel tanah diamkan selama  $\pm 24$  jam.
  - e. Setelah didiamkan atau diperam  $\pm 24$  jam masukkan sampel tanah ke dalam mol untuk dilakukannya pemadatan standar.
  - f. Pemadatan dilakukan dengan 3 lapisan dimana pada setiap masing-masing lapisan ditumbuk atau dipadatkan sebanyak 25 kali tumbukan.
  - g. Setelah ditumbuk dan dipadatkan, menimbang berat mol + tanah lalu ambil beberapa untuk melihat kadar air mula-mula sampel tersebut.
4. Prosedur Pengujian Utama Konsolidasi:
- Pengujian konsolidasi ini dilakukan pada sampel tanah asli. Adapun langkah-langkah prosedur pengujiannya antara lain :
- 1) Masukkan sampel tanah ke dalam cetakan benda uji sehingga cetakan terisi penuh dengan sampel tanah kemudian timbang cetakan beserta sampel benda uji untuk mendapatkan berat tanah basah (Ww).

- 2) Setelah sampel dimasukkan ke dalam cetakan benda uji tersebut, lalu melakukan penyusunan modul ke dalam sel konsolidasi dengan urutan yang dari bawah :
  - a. Siapkan batu pouros
  - b. Siapkan kertas pori
  - c. Masukkan sampel tanah dalam cincin
  - d. Siapkan silinder tembaga untuk meratakan beban
  - e. Lalu mengisi sel konsolidasi dengan air secukupnya

Prosedur tahapan pemasangan pada pengujian konsolidasi dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Susunan Modul Uji Konsolidasi

- 3) Mencatat pembacaan awal tanpa diisi air dan berikan beban awal kemudian diamkan selama 24 jam. Besarnya beban awal adalah :
 
$$P_0 = h \cdot V_0$$
- 4) Setelah 24 jam baca pembacaan pada dial dengan *loading* sebesar 1000 gr, kemudian dilakukan pencatatan. Pembacaan dilakukan pada interval waktu 0", 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', 30', 1, 2, 4, 8, dan 24 jam.
- 5) Kemudian mengulang kembali langkah d untuk masing-masing pembebanan 1000, 2000, 4000, 8000 gr dengan interval waktu 24 jam dan dilakukannya pencatatan pada saat pembacaan dial.

- 6) Setelah melakukan pembacaan pada pembebanan 1000, 2000, 4000, 8000 gr, kemudian melakukan pembacaan pengembangan.
- 7) 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 24jam.
- 8) Kemudian mengulang kembali langkah poin 7 untuk pembacaan pengembangan dengan berat 2000 gr.
- 9) Mengeluarkan sampel tanah uji dari alat konsolidasi lalu dilakukannya penimbangan dan memasukkan ke dalam oven untk mendapatkan berat kering sampel ( $W_d$ ) sehingga dapat ditentukan kadar airnya.

### **3.6 Tahapan Penelitian**

#### **3.6.1 Studi Pustaka**

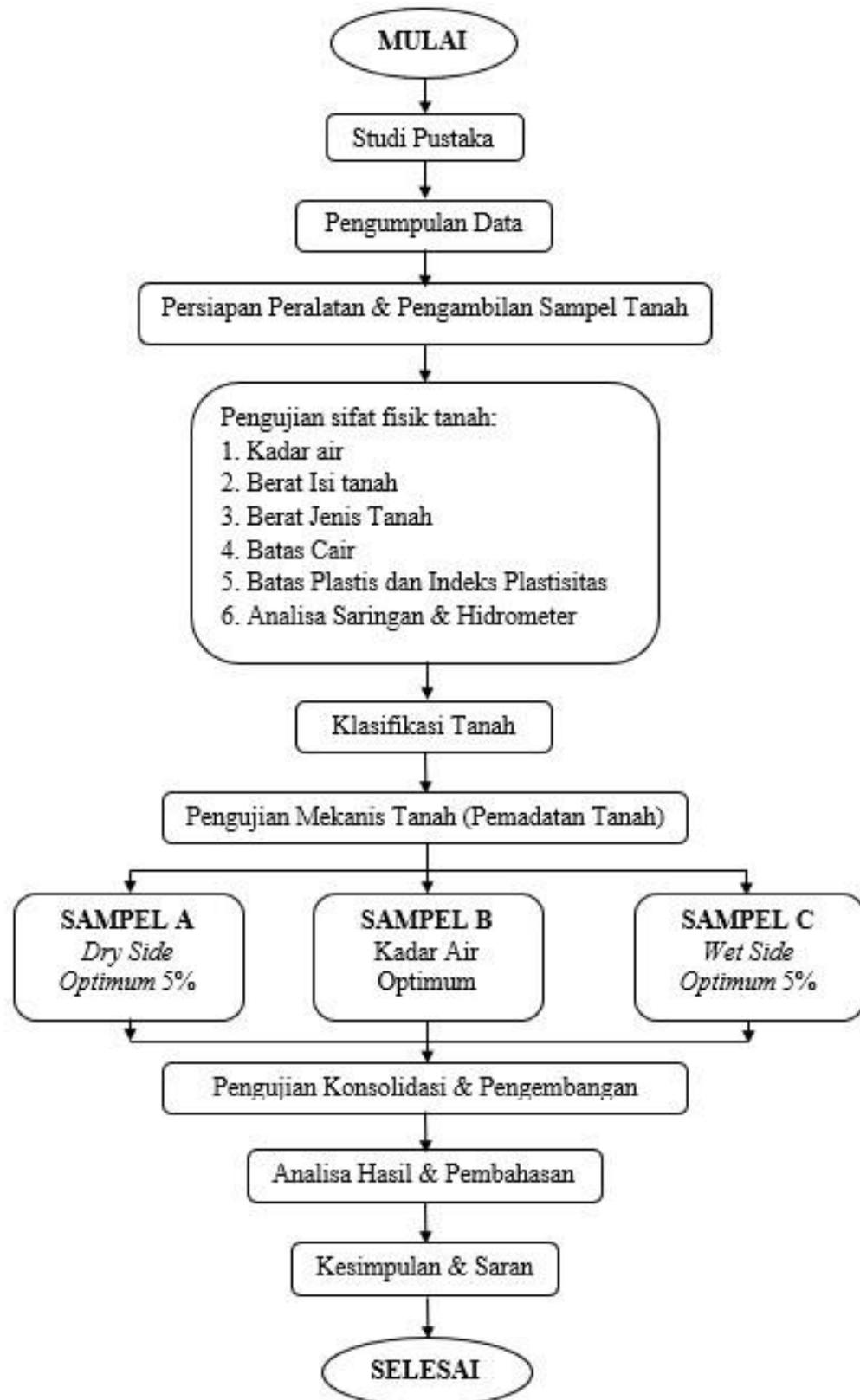
Studi pustaka merupakan langkah yang dilakukan para peneliti guna mencari sumber referensi yang akan digunakan sebagai acuan pemahaman awal melakukan penelitian. Studi pustaka juga sebagai pengetahuan tentang data-data dalam referensi pada tahap-tahap pengujian.

#### **3.6.2 Pengumpulan Data**

Merupakan kegiatan mencatat seluruh hasil pengujian, setiap hasil pengujian dicatat pada buku catatan agar mengurangi resiko kekeliruan serta kurang tepatnya dalam asumsi pembacaan hasil pengujian.

#### **3.6.3 Analisis Data**

Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan dan diolah kemudian hasil dari pembacaan penurunan perilaku pembebanan dan pengembangan tanah rawa yang dicampur dengan air dalam kondisi sampel terendam, dari data terhadap perilaku penurunan dan dapat ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, dan diagram.



Gambar 3.21 Bagan Alir Penelitian