

**PENGARUH DERAJAT KEJENUHAN TANAH GAMBUT
TERHADAP PERILAKU PENURUNAN TANAH**

SKRIPSI

OLEH :

**FEBERTA PANTAR HALAWA
198110167**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 30/11/23

Access From (repository.uma.ac.id)30/11/23

PENGARUH DERAJAT KEJENUHAN TANAH GAMBUT TERHADAP PERILAKU PENURUNAN TANAH

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH :

**FEBERTA PANTAR HALAWA
198110167**

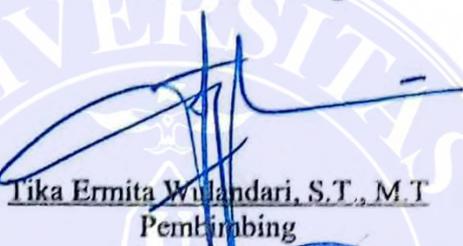


**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Derajat Kejenuhan Tanah Gambut terhadap
Perilaku Penurunan Tanah
Nama : Feberta Pantar Halawa
NPM : 198110167
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Pembimbing

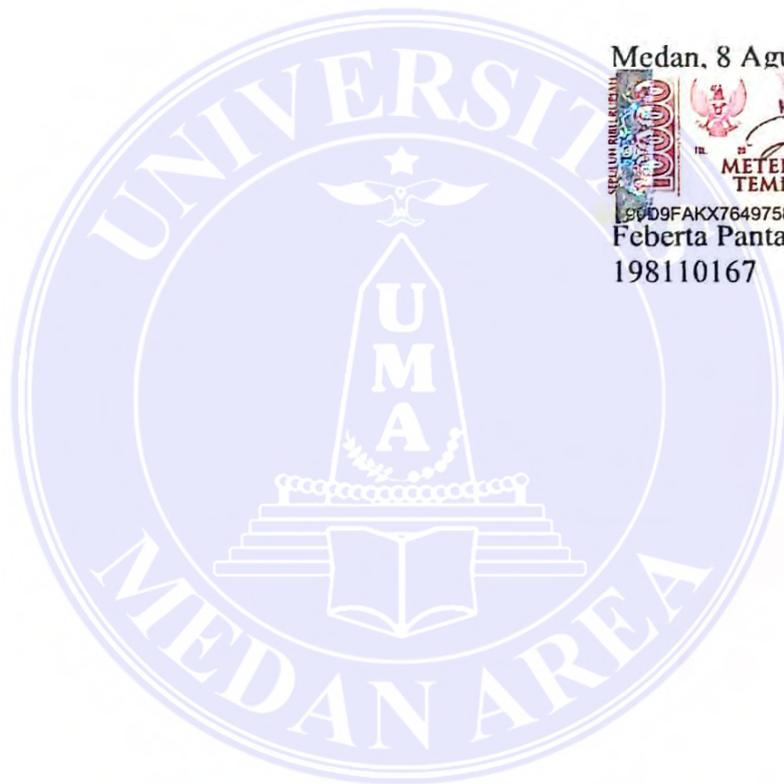

Dr. Rahmat Syah, S.Kom., M.Kom
Dekan


Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 8 Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 8 Agustus 2023


99D9FAKX764975850
Feberta Pantar Halawa
198110167

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Feberta Pantar Halawa
NPM : 198110167
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pengaruh Derajat Kejenuhan Tanah Gambut terhadap Perilaku Penurunan Tanah. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 8 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Feberta Pantar Halawa)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Hilimbowo Idane Tae, Kecamatan Gomo Kabupaten Nias Selatan Provinsi Sumatera Utara Pada tanggal, 23 Juli 1999 dari Ayah Yafeti Halawa dan Ibu Murniati Tafonao Penulis merupakan putra ke 1 dari 4 bersudara. Tahun 2016 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 Hilinawalo Mazino dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Jl. Letda Sujono, Kel. Bandar Selamat, Kecamatan Medan Tembung, Kota Medan, Sumatera Utara.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Geoteknik dengan judul **Pengaruh Derajat Kejenuhan Tanah Gambut terhadap Perilaku Penurunan Tanah**, Ucapan Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari,S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing dan selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran dan nasehat. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh teman-teman mahasiswa/i, angkatan 2019 yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Feberta Pantar Halawa)

ABSTRAK

Tanah mempunyai peran yang sangat penting dalam konstruksi sebuah bangunan, manfaat utama tanah adalah sebagai pendukung pondasi bangunan, oleh karena itu, dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh derajat kejenuhan tanah gambut terhadap uji konsolidasi. Dalam penelitian ini, tanah yang di uji merupakan tanah gambut yang diambil dari jalan Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kecamatan Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang. Pengujian ini dilakukan langsung di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Katolik Santo Thomas, Medan. Dari hasil pengujian yang dilakukan, pengaruh derajat kejenuhan tanah lempung terhadap penurunan tanah yang diambil dari daerah Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kecamatan Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang. Sampel A derajat kejenuhan 20%, sampel B derajat kejenuhan 25%, dan sampel C derajat kejenuhan 30%, Berdasarkan hasil pengujian konsolidasi didapatkan pada kondisi sampel A memiliki derajat kejenuhan sebesar 20 % nilai koefisien konsolidasi (C_v) 0,067 cm^2/detik , nilai indeks pemampatan (C_c) 0,059 dan nilai koefisien konsolidasi (a_v) 0,017 cm^2/kg . Sampel B memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 25 %, nilai koefisien konsolidasi (C_v) 0,061 cm^2/detik , nilai indeks pemampatan (C_c) 0,048 dan nilai koefisien konsolidasi (a_v) 0,026 cm^2/kg . Sampel C memiliki derajat kejenuhan 30 %, nilai koefisien konsolidasi (C_v) 0,051 cm^2/detik , nilai indeks pemampatan (C_c) 0,082 dan nilai koefisien konsolidasi (a_v) 0,024 cm^2/kg . dan didapatkan penurunan, sampel A dengan derajat kejenuhan 20 % mengalami penurunan sebesar 0,176 cm dengan pengembangan 0,45%, sampel B dengan derajat kejenuhan 25 % mengalami penurunan sebesar 0,146 cm dengan pengembangan 0,3%, dan sampel C derajat kejenuhan 30 % mengalami penurunan sebesar 0,369 cm dengan pengembangan 0,28%

Kata kunci : tanah gambut, tanah lempung, penurunan tanah, derajat kejenuhan, konsolidasi

ABSTRACT

Soil has a very important role in the construction of a building, the main benefit of soil is as a support for building foundations, therefore, tests were carried out to determine the effect of the degree of saturation of peat soil on the consolidation test. In this research, the soil tested was peat soil taken from Jalan Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Lubuk Pakam District, Deli Serdang Regency. This test was carried out directly in the Soil Mechanics laboratory at Santo Thomas Catholic University, Medan. From the results of the tests carried out, the effect of the degree of clay soil saturation on soil subsidence was taken from the Labu Beach area, Kuala Namu Emplasm, Lubuk Pakam District, Deli Serdang Regency. Sample A has a degree of saturation of 20%, sample B has a degree of saturation of 25%, and sample C has a degree of saturation of 30%. Based on the results of the consolidation test, it was found that in the condition that sample A had a degree of saturation of 20%, the value of the consolidation coefficient (C_v) was $0.067 \text{ cm}^2/\text{second}$, the compression index (C_c) value is 0.059 and the consolidation coefficient value (a_{i_n}) $0,017 \text{ cm}^2/\text{kg}$. Sample B has a degree of saturation value of 25%, a consolidation coefficient (C_v) value of $0.061 \text{ cm}^2/\text{second}$, the compression index (C_c) value is 0.048 and the consolidation coefficient value (a_{i_n}) $0,026 \text{ cm}^2/\text{kg}$. Sample C has a degree of saturation of 30%, a consolidation coefficient (C_v) value of $0.051 \text{ cm}^2/\text{second}$, compression index (C_c) value 0.082 and consolidation coefficient value (a_{i_n}) $0,024 \text{ cm}^2/\text{kg}$. and a decrease was obtained, sample A with a degree of saturation of 20% experienced a decrease of 0.176 cm with an expansion of 0.45%, sample B with a degree of saturation of 25% experienced a decrease of 0.146 cm with an expansion of 0.3%, and sample C experienced a degree of saturation of 30%. decrease of 0.369 cm with expansion of 0.28%

Keywords: peat soil, clay soil, soil subsidence, degree of saturation, consolidation

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Peneliti Terdahulu	5
2.2 Umum	7
2.3 Sistem Klasifikasi Tanah.....	8
2.4 Tanah Lempung.....	9
2.5 <i>Indeks Properties</i> Tanah.....	11
2.5.1 Berat Volume Tanah	11
2.5.2 Porositas Dan Angka Pori Tanah	13
2.5.3 Kadar Air Dan Derajat Kejenuhan Tanah	13
2.5.4 Berat Jenis (GS)	14
2.5.5 Parameter Batas-Batas <i>Atteberg</i>	14
2.6 Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung :	16
2.6.1 Hidrasi	16
2.6.2 Aktivitas (<i>A</i>)	16
2.6.3 Flokulasi dan Disversi	18
2.6.4 Pengaruh Zat Cair.....	18
2.6.5 Sifat Kembang Susut (<i>Swelling</i>)	19
2.7 Penurunan	24
2.8 Konsolidasi	25
2.9 Analogi Konsolidasi Satu Dimensi	26

2.10	Lempung Normal <i>Normally Consolidated</i> dan <i>Overconsolidated</i> ...	29
2.11	Pengaruh Gangguan Benda Uji pada Grafik e-log p	31
2.12	Landasan Teori	33
2.12.1	Derajat Kejenuhan (Sr).....	33
2.12.2	Pengujian Konsolidasi.....	34
2.12.3	Interpretasi Hasil Pengujian Konsolidasi	37
BAB III METODE PENELITIAN.....		38
3.1	Sampel Tanah	38
3.2	Pelaksanaan Pengujian	38
3.2.1	Pengujian Sifat Fisis Tanah.....	39
3.2.2	Pengujian Konsolidasi.....	44
3.3	Prosedur Pengujian Utama	45
3.4	Analisis Data	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Hasil Pengujian Sifat Fisik	50
4.1.1	Kadar Air Tanah.....	50
4.1.2	Berat Jenis Tanah	52
4.1.3	Batas Cair Tanah	53
4.1.4	Batas Plastis Tanah.....	55
4.1.5	Analisa Saringan Tanah	57
4.1.6	Klasifikasi Tanah.....	63
4.2	Hasil Pengujian Sifat Mekanis	63
4.2.1	Uji Pemadatan Standar	63
4.2.2	Analisa Hasil Pengujian Konsolidasi	65
4.2.3	Variasi Hubungan Sr dengan Nilai Cv, Cc, dan Av.....	74
4.2.4	Perhitungan Pengembangan (<i>Swelling</i>).....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		78
4.2	Kesimpulan.....	78
4.2	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA		xvi
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Komposisi tanah dalam berbagai kondisi.....	12
Gambar 2. Diagram fase tanah.....	12
Gambar 3. Variasi indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung	16
Gambar 4. Batas konsistensi	19
Gambar 5. Analogi piston dan pegas	25
Gambar 6. Reaksi tekanan air pori terhadap beban pondasi	27
Gambar 7. Pengaruh gangguan pada kurva pemampatan	32
Gambar 8. Gambar skema alat pengujian konsolidasi	33
Gambar 9. Sifat khusus grafik hubungan ΔH terhadap $\log t$	34
Gambar 10. Sifat khusus grafik hubungan e - $\log p$	35
Gambar 11. Fase konsolidasi	35
Gambar 12. Lokasi pengambilan sampel	36
Gambar 13. Susunan modul uji konsolidasi.....	45
Gambar 14. Bagan alir penelitian.....	49
Gambar 15. Grafik <i>liquid limit</i>	55
Gambar 16. Grafik hubungan kadar air dengan volume tanah kering	64
Gambar 17. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 1 kg (S_r 20%)	65
Gambar 18. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 2 kg (S_r 20%)	65
Gambar 19. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 4 kg (S_r 20%)	66
Gambar 20. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 8 kg (S_r 20%)	66
Gambar 21. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 1 kg (S_r 25%)	67
Gambar 22. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 2 kg (S_r 25%)	68
Gambar 23. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 4 kg (S_r 25%)	68
Gambar 24. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 8 kg (S_r 25%)	68
Gambar 25. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 1 kg (S_r 30%)	69
Gambar 26. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 2 kg (S_r 30%)	70
Gambar 27. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 4 kg (S_r 30%)	70
Gambar 28. Grafik hubungan S_c dengan t pada beban 8 kg (S_r 30%)	70
Gambar 29. Grafik Hubungan C_v dan S_r	74
Gambar 30. Grafik S_r dan C_c	76

DAFTAR TABEL

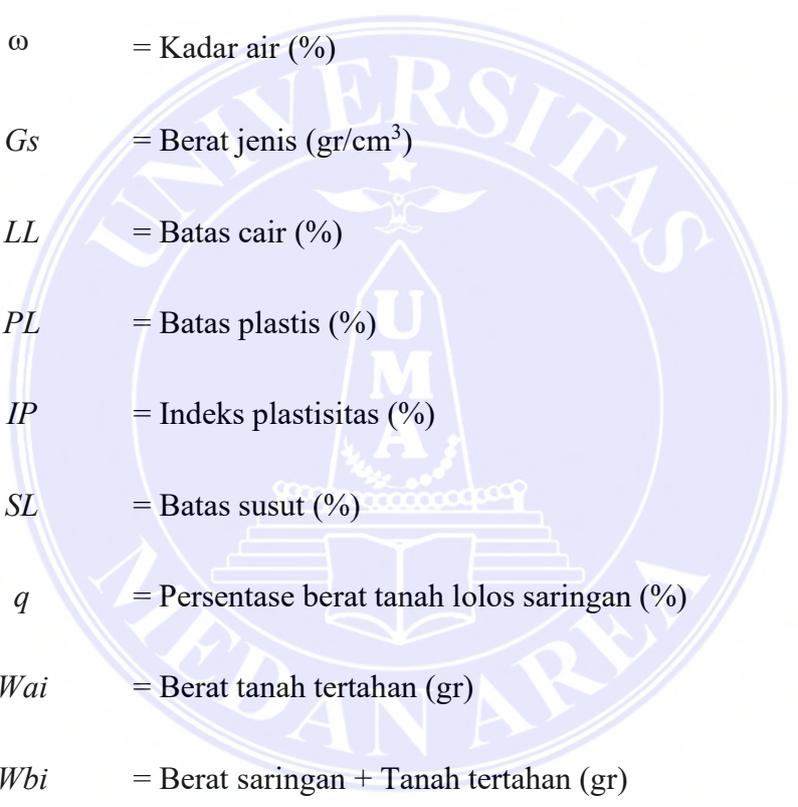
	Halaman
Tabel 1. Derajat kejenuhan dan konsistensi tanah	13
Tabel 2. Berat jenis (GS) berbagai jenis tanah.....	13
Tabel 3. Nilai indeks dan plastisitas tanah	20
Tabel 4. Pengujian Kadar air tanah	50
Tabel 5. Pengujian berat jenis tanah	52
Tabel 6. Pengujian batas cair tanah.....	54
Tabel 7. Pengujian batas plastis dan indeks plastis.....	56
Tabel 8. Nilai indeks plastisitas tanah.....	56
Tabel 9. Analisa saringan sampel A.....	57
Tabel 10. Analisa saringan sampel B	57
Tabel 11. Hasil Pengujian Sifat fisik tanah.....	63
Tabel 12. Hasil derajat kejenuhan tanah	64
Tabel 13. Rekapitulasi hasil perhitungan t_{90}	71
Tabel 14. Nilai koefisien konsolidasi (C_v) pada S_r 20%.....	72
Tabel 15. Nilai koefisien konsolidasi (C_v) pada S_r 25%.....	72
Tabel 16. Nilai koefisien konsolidasi (C_v) pada S_r 30%.....	73
Tabel 17. Rekapitulasi nilai koefisien konsolidasi (C_v)	73
Tabel 18. Perhitungan nilai C_c dan a_v	74
Tabel 19. Nilai C_v dan S_r	74
Tabel 20. Hubungan S_r dan C_c	75
Tabel 21. Nilai pengembangan	77

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah
- Lampiran 2. Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Tanah
- Lampiran 3. Hasil Uji Pemeriksaan Batas-Batas *Atteberg*
- Lampiran 4. Hasil Uji Analisa Saringan
- Lampiran 5. Hasil Uji Konsolidasi Tanah
- Lampiran 6. Gambar alat-alat pengujian
- Lampiran 7. Dokumentasi pengujian



DAFTAR NOTASI



γ	= Berat volume (gr/cm^3)
γ_{dry}	= berat volume kering (gr/cm^3)
γ_{wet}	= berat volume basah (gr/cm^3)
γ_u	= berat volume maksimum (gr/cm^3)
ω	= Kadar air (%)
G_s	= Berat jenis (gr/cm^3)
LL	= Batas cair (%)
PL	= Batas plastis (%)
IP	= Indeks plastisitas (%)
SL	= Batas susut (%)
q	= Persentase berat tanah lolos saringan (%)
W_{ai}	= Berat tanah tertahan (gr)
W_{bi}	= Berat saringan + Tanah tertahan (gr)
W_1	= Berat cawan (gr)
W_2	= Berat cawan + tanah basah (gr)
W_3	= Berat cawan + tanah kering (gr)
W_4	= Berat tanah kering (gr)
W_w	= Berat air (gr)

- W_n = Kadar air pada ketukan ke- n (%)
- e_0 = Angka pori awal
- e_1 = Angka pori saat kondisi primer selesai/ diberi pembebanan
- Δe = Besar perubahan angka pori
- C_c = Indeks Pemampatan





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pembangunan konstruksi sipil, tanah mempunyai peranan yang sangat penting. Dalam hal ini, tanah berfungsi sebagai penahan beban akibat konstruksi di atas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban bangunan dan beban lainnya yang turut diperhitungkan, kemudian dapat meneruskannya ke dalam tanah sampai kelapisan atau kedalaman tertentu. Untuk mencapai suatu kondisi tanah yang memungkinkan untuk menahan beban akibat konstruksi di atasnya, maka diperlukan perencanaan yang matang.

Dari tahun ke tahun ketersediaan lahan untuk pembangunan fasilitas yang diperlukan manusia semakin terbatas yang mengakibatkan tidak dapat dihindarinya pembangunan di atas tanah lempung. Pembangunan konstruksi di atas tanah lempung akan mendapatkan beberapa masalah geoteknik, bila suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan volumenya akan menjadi lebih kecil, peristiwa inilah yang disebut dengan konsolidasi.

Pada waktu konsolidasi berlangsung, gedung atau bangunan di atas lapisan tersebut akan menurun. Dalam bidang teknik sipil ada dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan tersebut, yaitu :

1. Besarnya penurunan yang akan terjadi.
2. Kecepatan penurunan.

Penurunan pada tanah lempung biasanya memakan waktu yang lama, karena daya rembesan air sangat lemah.

Secara umum tanah lempung gambut merupakan tanah lempung yang berada dibawah lapisan tanah gambut, suatu jenis tanah kohesif yang mempunyai sifat yang sangat kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil yaitu kuat geser rendah dan kompresibilitasnya yang besar. Kuat geser yang rendah mengakibatkan terbatasnya beban (beban sementara ataupun beban tetap) yang dapat bekerja diatasnya sedangkan kompresibilitasnya yang besar mengakibatkan terjadinya penurunan setelah pembangunan selesai.

Kemampuan tanah dalam menahan tegangan dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah derajat kejenuhan, kandungan mineral yang terdapat pada tanah tersebut dan juga metode pengujian yang dilakukan. Tanah divisualisasikan sebagai suatu kerangka partikel padat (*solid skeleton*) yang membatasi pori-pori dimana pori-pori tersebut mengandung air dan udara. Sehingga pada prinsipnya tanah dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian padat tanah dan bagian pori atau rongga. Jika bagian pori diisi seluruhnya oleh air maka tanah dikatakan berada dalam kondisi jenuh sempurna. Sebaliknya jika bagian pori diisi oleh udara maka tanah dikatakan dalam keadaan kering sempurna. Sehingga dapat didefinisikan bahwa derajat kejenuhan adalah perbandingan antara volume air dengan volume pori dari suatu tanah. Meningkatnya jumlah air yang dikandung oleh suatu tanah (derajat kejenuhannya meningkat) akan menyebabkan volume tanah meningkat namun kepadatan tanah tersebut akan menurun. Fenomena tersebut dikenal sebagai *swelling*. Terjadinya penurunan kepadatan tanah akan menyebabkan gaya tarik antara partikel-partikel padat tanah semakin berkurang dan

kecenderungan partikel-partikel padat untuk tergelincir dan terguling akan semakin meningkat.

Untuk mengetahui pengaruh dari derajat kejenuhan terhadap perilaku penurunan tanah, dilakukan pengujian Konsolidasi. Pada pengujian ini, derajat kejenuhan tanah dibuat berbeda-beda. Setiap derajat kejenuhan dibuat 3 contoh tanah.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah memberikan sebuah gambaran tentang pengaruh derajat kejenuhan dengan menggunakan variasi 20%, 25%, 30% derajat kejenuhan terhadap penurunan tanah.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan sifat fisik tanah yang diambil dari Jalan Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kec. Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.
2. Untuk mengetahui penurunan dan perbandingan nilai C_c (indeks pemampatan), C_v (koefisien konsolidasi), a_v (koefisien pemampatan) dan t_{90} pada saat pembebanan dan pengembangan pada uji konsolidasi standar terhadap derajat kejenuhan tanah.
3. Untuk menentukan besar penurunan konsolidasi terhadap variasi derajat kejenuhan yang ditinjau dan pengembangan tanah yang terjadi.

1.3 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh derajat kejenuhan tanah gambut berdasarkan uji konsolidasi tanah?

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis dibatasi dengan:

1. Sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah, Sampel tanah yang akan diuji adalah jenis tanah gambut yang diambil dari Jl. Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kec. Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.
2. Pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan adalah:
 - a. Kadar Air
 - b. Berat Jenis
 - c. Batas-Batas *Atterberg*
 - d. Analisa Saringan
3. Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah :
 - a. Pengujian Konsolidasi

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat antara lain :

- a. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat - sifat fisik dan mekanik tanah lempung.
- b. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang teknologi material.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

Christy Anandha Putri (Program Studi Teknik Sipil Universitas Trisakti), “Analisa Perilaku Penurunan Tanah 1d Pada Material Campuran Yang Dipadatkan” (*The Analysis of 1D Settlement from Compacted Soil Mixtures*), Penurunan merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari bagi setiap proses konstruksi. Dimana, tanah akan mengalami penambahan beban yang bekerja di atasnya. Penurunan diperbolehkan untuk terjadi dengan memperhatikan kondisi yang di isyaratkan untuk setiap ketentuan. Idealnya, penurunan tanah terjadi tidak dalam waktu yang lama, karena akan sangat mempengaruhi waktu pembangunan. Pulau Jawa memiliki jenis tanah yang residual, hal ini terbentuk akibat dari pelapukan batuan yang keluar dari semburan gunung berapi dan tidak berpindah tempat. Sifat dan karakteristik tanah residual umumnya memiliki kandungan butir halus yang sangat banyak, sehingga mampu untuk menyerap air lebih tinggi dan dapat dikategorikan sebagai tanah lunak jika kadar air didalamnya cukup tinggi. masalah yang sering dialami oleh tanah lunak adalah besarnya penurunan yang terjadi jika diberikan beban di atasnya. Pengujian terhadap material campuran dengan menggunakan tanah residual dan pasir yang berasal dari Lagadar, Jawa Barat dilakukan untuk mengetahui koefisien kompresibilitas (C_c) yang sangat menentukan penurunan tanah. Material uji dibuat dengan komposisi 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 70%, dan 100% kandungan tanah residual yang dipadatkan pada berat volume kering 1,36 gr/cm³.

Dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa nilai C_c meningkat seiring dengan bertambahnya kandungan tanah residual didalam material campuran. Serta penurunan tanah cenderung stabili hingga kandungan tanah residual mencapai 40%

Muhlis Wambes (Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado), “Pengaruh Derajat kejenuhan Terhadap Kuat Geser Tanah”, Tanah merupakan material yang berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil disamping itu tanah berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Tanah secara umum terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanahnya sendiri serta air dan udara. Kekuatan tanah untuk memikul beban sangatlah menunjang dalam kestabilan suatu struktur bangunan dimana tanah sebagai dasar perkuatan dari struktur bangunan harus memiliki kapasitas dukung dan kuat geser yang tinggi. Penambahan kadar air tanah dapat mengakibatkan perubahan sifat fisik tanah seperti derajat kejenuhan dan kuat geser tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kuat geser dari tanah dengan dipengaruhi derajat kejenuhan yang ada di area jalan Manado-Tomohon. Percobaan ini dilakukan dengan cara mencampurkan tanah asli dengan kadar air yang bervariasi sehingga mendapatkan nilai derajat kejenuhan yang berbeda. Alat konsolidasi digunakan untuk mendapatkan angka pori, indeks pemampatan (C_c) dan koefisien konsolidasi (C_v). Dengan campuran tanah yang sama dilakukan pengujian alat triaksial pada kondisi Unconsolidasi Undrained (UU) untuk mendapatkan parameter geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Muhammad Fachtur Reza, 2021 (Universitas Palangkaraya) “Pengaruh Kadar Air Terhadap Konsolidasi Tanah Lempung”, Tanah lempung yang berkarakteristik sebagai tanah lunak sering kali menimbulkan masalah karena daya

dukung lemah dan masalah waktu konsolidasi yang lama. Tanah seperti ini mengakibatkan penurunan pada bangunan yang dibangun di atasnya, sehingga dapat memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap bangunan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kadar air tanah lempung terhadap nilai konsolidasi pada tanah tersebut menggunakan metode konsolidasi satu dimensi Terzaghi dengan penambahan variasi kadar air sebesar 5%, 10% dan 15% dari kondisi tanah asli. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai indeks pemampatan (C_c), nilai penurunan konsolidasi (S_c), dan nilai koefisien konsolidasi (C_v).

2.2 Umum

Tanah merupakan lapisan kerak bumi yang berada di lapisan paling atas, yang juga merupakan tabung reaksi alami yang menyangga seluruh kehidupan yang ada di bumi. Tanah mempunyai ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda-beda antara tanah di suatu tempat dengan tempat yang lain. Sifat-sifat tanah itu meliputi fisika dan sifat kimia. Beberapa sifat fisika tanah antara lain tekstur, struktur dan kadar lengas tanah. Untuk sifat kimia menunjukkan sifat yang dipengaruhi oleh adanya unsur maupun senyawa yang terdapat di dalam tanah tersebut.

Adapun menurut para ahli teknik sipil, tanah dapat didefinisikan sebagai :

1. Tanah adalah kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).
2. Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai/lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1987)

3. Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang terikat secara kimia satu dengan yang lain dan dari bahanbahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara parikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).
4. Secara umum tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butir tanahnya serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antar butir-butir tersebut (Wesley, 1997).

2.3 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran

butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah Sistem *Unified Soil Clasification System* (USCS) dan Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*). Tetapi pada penelitian ini penulis memakai system klasifikasi tanah *unified* (USCS).

2.4 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tidak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Sedangkan untuk jenis tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi di atasnya.

Tanah lempung terdiri dari berbagai golongan tekstur yang agak susah dicirikan secara umum. Sifat fisik tanah lempung umumnya terletak di antara sifat tanah pasir dan liat. Pengolahan tanah tidak terlampau berat, sifat merembeskan airnya sedang dan tidak terlalu melekat.

Warna tanah pada tanah lempung tidak dipengaruhi oleh unsur kimia yang terkandung di dalamnya, karena tidak adanya perbedaan yang dominan dimana

kesemuanya hanya dipengaruhi oleh unsur Natrium saja yang paling mendominasi. Semakin tinggi plastisitas, grafik yang dihasilkan pada masing-masing unsur kimia belum tentu sama. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur warna tanah dipengaruhi oleh nilai *Liquid Limit* (LL) yang berbeda-beda.

Tanah lempung terdiri dari butir – butir yang sangat kecil (< 0.002 mm) dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah (L.D Wesley, 1977).

Mineral lempung merupakan senyawa alumunium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu *silica tetrahedral* dan alumunium *octahedral*. Silicon dan alumunium mungkin juga diganti sebagian dengan unsur lain yang disebut dengan substitusi isomorfis. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

- a. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm.
- b. Permeabilitas rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum daripada yang dipadatkan

pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air, oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999).

Partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Karena itu, tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Beberapa mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung yakni : *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite* (Hardiyatmo, 2006).

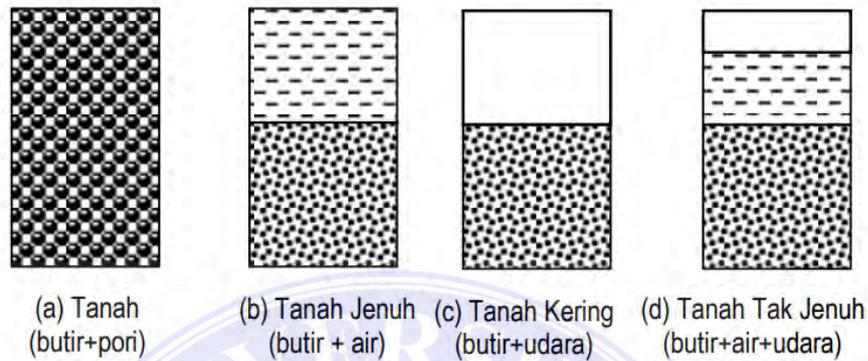
2.5 Indeks Properties Tanah

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya bahwa sifat fisis atau properti tanah dasar pada suatu konstruksi, sangat mempengaruhi berbagai elemen konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Properti tanah ditunjukkan dengan berbagai parameter yang disebut dengan indeks properti atau indeks sifat-sifat fisis tanah, seperti berat volume, kadar air, porositas, angka pori, derajat kejenuhan, derajat kepadatan, derajat kerapatan, berat jenis, analisis butiran, batas cair, batas plastis, batas susut, dan sebagainya. Sedangkan parameter seperti, koefisien konsolidasi, kohesi, sudut geser dalam, dan lain sebagainya adalah merupakan parameter teknis tanah, yang dipengaruhi oleh sifat-sifat fisis tanah.

2.5.1 Berat Volume Tanah

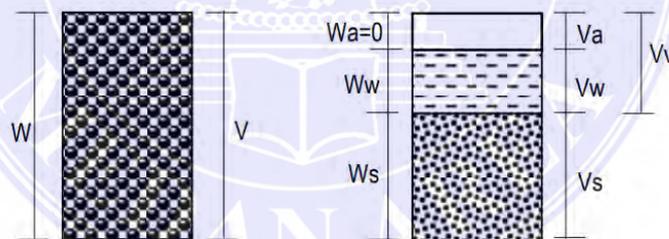
Material tanah dapat terdiri atas dua atau tiga unsur, yakni butiran, air dan udara. Pada dalam kondisi tanah jenuh terdapat dua unsur, yakni butiran dan air, dan pada tanah yang kering juga hanya terdapat dua unsur yakni

butiran dan udara. Sedangkan pada tanah dengan kondisi tak jenuh terdapat tiga unsur, yakni butiran, air dan udara. Ketiga kondisi tersebut dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 1. Komposisi tanah dalam berbagai kondisi (Hardiyatmo, 2010)

Masing-masing elemen tanah tersebut (butir, air dan udara), memiliki volume dan berat. Untuk memahami sifat-sifat tanah secara fisis, maka parameter tanah harus dijabarkan lebih terperinci sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Fase Tanah (Hardiyatmo, 2010)

Keterangan :

W = berat total tanah

V_a = volume udara

W_a = berat udara = 0 (diabaikan)

V_w = volume air

W_w = berat air

V_v = volume pori

V = volume total tanah

V_s = volume butir

2.5.2 Porositas Dan Angka Pori Tanah

Porositas (*Porosity*) adalah perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Nilai porositas dapat dinyatakan dalam satuan persen (%) atau dalam satuan decimal. Parameter ini dituliskan dengan formula sebagai berikut :

$$n = \frac{V_v}{V}$$

Angka Pori adalah perbandingan antara rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s). Parameter ini dituliskan dengan formula sebagai berikut :

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

2.5.3 Kadar Air Dan Derajat Kejenuhan Tanah

Kadar Air (*Water Content*) adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) di dalam massa tanah, yang dinyatakan dengan formula sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Derajat Kejenuhan adalah perbandingan antara volume air (V_w) dengan volume total rongga pori (V_v). Parameter ini dituliskan dengan

formula sebagai berikut : $s = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$

Apabila tanah dalam kondisi jenuh air, maka nilai $S = 1$. Nilai derajat kejenuhan ini dapat digunakan untuk mengklasifikasi konsistensi tanah (lihat tabel berikut).

Tabel 1. Derajat Kejenuhan Dan Konsistensi Tanah (Hardiyatmo, 2002)

Konsistensi Tanah	Derajat Kejenuhan (S)
Tanah Kering	0,00
Tanah Agak Lembab	>0 – 0,25
Tanah Lembab	0,26 – 0,50
Tanah Sangat Lembab	0,51 – 0,75
Tanah Basah	0,76 – 0,99
Tanah Jenuh Air	1,00

2.5.4 Berat Jenis (GS)

Berat Jenis atau Berat Spesifik (*Specific Gravity*) : yaitu perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada temperature 4°C

Tabel 2. Berat Jenis (Gs) berbagai jenis tanah (Hary Christiady, 1992)

Jenis Tanah	Berat Jenis (GS)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Anorganik	2,62 - 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 2,58

2.5.5 Parameter Batas-Batas *Atterberg*

Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Pada konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. *Atterberg* pada tahun 1911 memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan

mempertimbangkan kandungan kadar air tanah yang bervariasi. Batas-batas tersebut dinamakan batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*), dan batas susut (*Shrinkage Limit*). Nilai kadar air yang digunakan dinyatakan dalam persen dengan pengujian untuk batas cair menggunakan alat yang dinamakan Casagrande, untuk batas susut menggunakan cawan yang terbuat dari logam yang kemudian diukur seberapa besar susut tanah dengan menggunakan air raksa. Pada pengujian batas plastis cukup dengan menggiling-gilingkan tanah diatas permukaan yang rata sampai tanah tersebut mengalami retak-retak.

a. Batas cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah keadaan dimana kadar air tanah pada kondisi tanah mulai berubah dari keadaan plastis menjadi cair atau sebaliknya yaitu batas antara keadaan cair dan keadaan plastis atau juga batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji Casagrande, kemudian dihubungkan kadar air dan jumlah pukulan yang didapatkan dari hasil pengujian menggunakan alat Casagrande digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan.

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah keadaan dimana kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu presentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm tanah mulai retak-retak ketika digulung.

c. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) adalah keadaan dimana kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu presentase kadar air pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

d. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dengan batas plastis. Indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisitasan suatu tanah. Hal ini disebabkan oleh PI yang merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis.

2.6 Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung :

2.6.1 Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperature yang lebih tinggi dari 60° sampai 100° C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

2.6.2 Aktivitas (A)

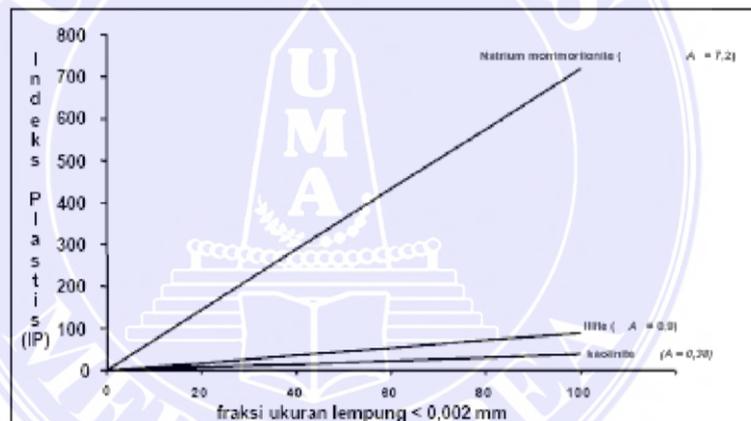
Mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (PI) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm atau dapat pula dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$A = \frac{PI}{\% \text{ berat fraksi berukuran lempung}}$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat disimpulkan plastisitas tanah lempung tergantung dari :

- a. Sifat mineral lempung yang ada pada butiran
- b. Jumlah mineral

Bila ukuran butiran semakin kecil, maka luas permukaan butiran akan semakin besar. Pada konsep *Atterberg*, jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah.



Gambar 3. Variasi indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung (Hary Christady, 2006)

Gambar di atas mengklasifikasikan mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya, yaitu :

1. *Montmorillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ($A \geq 7,2$)
2. *Illite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ($A \geq 0,9$ dan $< 7,2$)
3. *Kaolinite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ($A \geq 0,38$ dan $< 0,9$)
4. *Polygorskite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ($A < 0,38$)

2.6.3 Flokulasi dan Disversi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal (*amorphous*) maka daya negatif netto, ion-ion H^+ di dalam air, gaya *Van der Waals*, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flok (*flock*) yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H^+), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

2.6.4 Pengaruh Zat Cair

Fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di laboratorium untuk batas *Atterberg*, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (*dipolar*). Fenomena hanya terjadi pada air yang

molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

2.6.5 Sifat Kembang Susut (*Swelling*)

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan bangunan. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- 1) Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
- 2) Kadar air.
- 3) Susunan tanah.
- 4) Konsentrasi garam dalam air pori.
- 5) Sementasi.
- 6) Adanya bahan organik, dll.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang.

Tanah Lempung mempunyai beberapa jenis, antara lain :

a. Tanah Lempung Gambut

Tanah gambut (*peat Soil*) adalah campuran dari fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, tanah gambut dikategorikan sebagai tanah dengan kandungan organik tinggi karena mempunyai karakteristik yang kurang baik dan sangat merugikan konstruksi yang dibangun di atasnya, dari sifat fisiknya mempunyai kadar organik tinggi, kadar air tinggi, angka pori besar, mengandung serat sehingga mempunyai

sifat plastis yang kecil sedangkan dari sifat teknis tanah gambut memiliki sifat pemampatan (kompresibilitas) tinggi dan daya dukung rendah akibatnya pemampatan pada tanah gambut sangat lama (Junaidi dkk, 2018)

b. Tanah Lempung Berlanau

Lanau adalah tanah atau butiran penyusun tanah/batuan yang berukuran di antara pasir dan lempung. Sebagian besar lanau tersusun dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lanau adalah sebagai berikut (Das, 1991). :

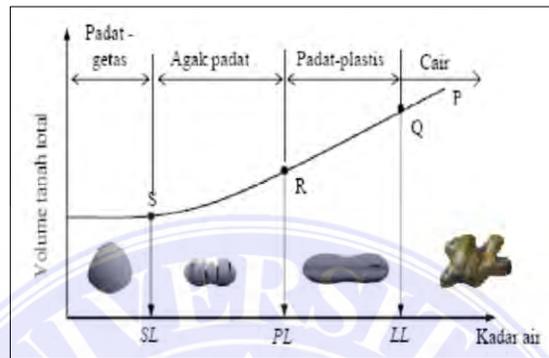
1. Ukuran butir halus, antara 0,002 – 0,05 mm.
2. Bersifat kohesif.
3. Kenaikan air kapiler yang cukup tinggi, antara 0,76 – 7,6 m.
4. Permeabilitas rendah.
5. Potensi kembang susut rendah sampai sedang.
6. Proses penurunan lambat.

Lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung. Tanah lempung berlanau merupakan tanah yang memiliki sifat plastisitas sedang dengan Indeks Plastisitas 7-17 dan kohesif.

b. Tanah Lempung Plastisitas Rendah

Plastisitas merupakan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak/remuk. Sifat dari plastisitas tanah lempung sangat di pengaruhi oleh besarnya kandungan air yang berada di dalamnya dan juga disebabkan adanya partikel mineral

lempung dalam tanah. Sifat dari plastisitas tanah lempung sangat di pengaruhi oleh besarnya kandungan air yang berada di dalamnya. Atas dasar air yang terkandung didalamnya (konsistensinya) tanah dibedakan atau dipisahkan menjadi 4 keadaan dasar yaitu padat, semi padat, plastis, cair.



Gambar 4. Batas Konsistensi (Hardiyatmo, 2002)

Bila pada tanah yang berada pada kondisi cair (titik P) kemudian kadar airnya berkurang hingga titik Q, maka tanah menjadi lebih kaku dan tidak lagi mengalir seperti cairan. Kadar air pada titik Q ini disebut dengan batas cair (*liquid limit*) yang disimbolkan dengan LL. Bila tanah terus menjadi kering hingga titik R, tanah yang dibentuk mulai mengalami retak-retak yang mana kadar air pada batas ini disebut dengan batas plastis (*plastic limit*), PL. Rentang kadar air dimana tanah berada dalam kondisi plastis, antara titik Q dan R, disebut dengan indek plastisitas (*plasticity index*), PI, yang dirumuskan :

$$PI = LL - PL$$

dengan,

$$LL = \text{Batas Cair (Liquid Limit)}$$

$$PL = \text{Batas Plastis (Liquid Plastic)}$$

Dari Nilai PI yang dihitung dengan persamaan diatas akan ditentukan berdasarkan (Atterberg, 1911). Adapun batasan mengenai indeks plastisitas tanah ditinjau dari; sifat, dan kohesi. Seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Nilai indeks plastisitas dan sifat tanah (Hardiyatmo, 2002)

PI %	PI %	Sifat	Tanah Kohesi
0		Non Plastis	Non Kohesif
< 7		Plastisitas Rendah	Kohesi Sebagian
7 - 17		Plastisitas Sedang	Kohesif
> 17		Plastisitas Tinggi	Kohesif

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa lempung plastisitas rendah memiliki nilai *index* plastisitas (PI) < 7 % dan memiliki sifat kohesi sebagian yang disebabkan oleh mineral yang terkandung didalamnya.

Dalam sistem klasifikasi Unified (Das, 1995). Tanah lempung plastisitas rendah memiliki simbol kelompok CL yaitu Tanah berbutir halus 50% atau lebih, lolos ayakan No. 200 dan memiliki batas cair (LL) ≤ 50 %.

c. Tanah Lempung Berpasir

Pasir merupakan partikel penyusun tanah yang sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Sifat-sifat yang dimiliki tanah pasir adalah sebagai berikut (Das, 1991) :

- a. Ukuran butiran antara 2 mm – 0,075 mm.
- b. Bersifat non kohesif.
- c. Kenaikan air kapiler yang rendah, antara 0,12 – 1,2 m.
- d. Memiliki nilai koefisien permeabilitas antara 1,0 – 0,001 cm/det.
- e. Proses penurunan sedang sampai cepat.

Klasifikasi tanah tergantung pada analisis ukuran butiran, distribusi ukuran butiran dan batas konsistensi tanah. Perubahan klasifikasi utama dengan penambahan ataupun pengurangan persentase yang lolos saringan no. 4 atau no. 200 adalah alasan diperlukannya mengikut sertakan deskripsi verbal beserta simbol-simbolnya, seperti pasir berlempung, lempung berlanau, lempung berpasir dan sebagainya. Pada tanah lempung berpasir persentase didominasi oleh partikel lempung dan pasir walaupun terkadang juga terdapat sedikit kandungan kerikil ataupun lanau. Identifikasi tanah lempung berpasir dapat ditinjau dari ukuran butiran, distribusi ukuran butiran dan observasi secara visual. Sedangkan untuk batas konsistensi tanah digunakan sebagai data pendukung identifikasi karena batas konsistensi tanah lempung berpasir disuatu daerah dengan daerah lainnya akan berbeda tergantung jenis dan jumlah mineral lempung yang terkandung di dalamnya.

Suatu tanah dapat dikatakan lempung berpasir bila lebih dari 50% mengandung butiran lebih kecil dari 0,002 mm dan sebagian besar lainnya mengandung butiran antara 2 – 0,075 mm. Pada Sistem Klasifikasi *Unified* (ASTM D 2487-66T) tanah lempung berpasir digolongkan pada tanah dengan simbol CL yang artinya tanah lempung berpasir memiliki sifat kohesi sebagian karena nilai plastisitasnya rendah ($PI < 7$).

Untuk tanah urugan dan tanah pondasi, Sistem Klasifikasi *Unified* mengklasifikasikan tanah lempung berpasir sebagai (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1988).

- a. Stabil atau cocok untuk inti dan selimut kedap air.
- b. Memiliki koefisien permeabilitas.

- c. Efektif menggunakan penggilas kaki domba dan penggilas dengan ban bertekanan untuk pemadatan di lapangan.
- d. Berat volume kering 1,52-1,92 t/m³.
- e. Daya dukung tanah baik sampai buruk.

Penggunaan untuk saluran dan jalan, Sistim Klasifikasi *Unified* mengklasifikasikan tanah lempung berpasir sebagai (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1988).

- a. Cukup baik sampai baik sebagai pondasi jika tidak ada pembekuan.
- b. Tidak cocok sebagai lapisan tanah dasar untuk perkerasan jalan.
- c. Sedang sampai tinggi kemungkinan terjadi pembekuan.
- d. Memiliki tingkat kompresibilitas dan pengembangan yang sedang.
- e. Sifat drainase kedap air.
- f. Alat pemadatan lapangan yang cocok digunakan penggilas kaki domba dan penggilas dengan ban bertekanan.
- g. Berat volume kering antara 1,6 – 2 t/m³.
- h. Memiliki nilai CBR lapangan antara 5-15 %.
- i. Koefisien reaksi permukaan bawah 2,8 – 5,5 kg/cm³.

2.7 Penurunan

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami penurunan (*settlement*). Penurunan yang terjadi dalam tanah disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah tersebut. Jumlah dari penurunan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Pada tanah berpasir yang sangat tembus air

(*permeable*), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori keluar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat.

Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapis tanah itu karena air pori didalam tanah berpasir dapat mengalir keluar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi secara bersamaan (Das, 1995).

Hal ini berbeda dengan lapis tanah lempung jenuh air yang mampu mampat (*compressible*) Koefisien rembesan lempung adalah sangat kecil dibandingkan dengan koefisien rembesan ijuk sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat dalam waktu yang sangat lama. Untuk tanah lempung perubahan volume yang di Sebakkan oleh keluarnya air dari dalam pori (konsolidasi) akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi biasanya jauh lebih besar dan lebih lambat serta lama dibandingkan dengan penurunan segera (Das, 1995).

2.8 Konsolidasi

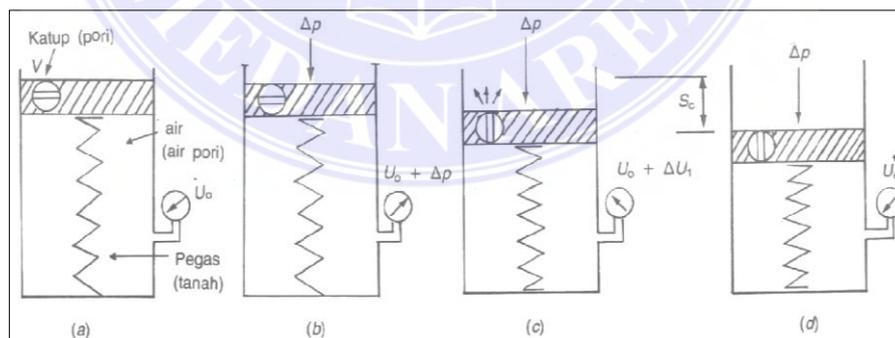
Bila suatu lapisan tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori dalam tanah tersebut akan segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir kelapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Karena permeabilitas yang rendah, proses ini membutuhkan waktu.

Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga

tanahnya. Proses konsolidasi dapat diamati dengan pemasangan piezometer, untuk mencatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya. Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu.

2.9 Analogi Konsolidasi Satu Dimensi

Mekanisme konsolidasi satu dimensi (*one dimensional consolidation*) dapat digambarkan dengan cara analisis seperti yang disajikan pada Gambar 3. 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 melukiskan keadaan tanah yang mudah mampat, sedangkan air melukiskan air pori dan lubang pada piston kemampuan tanah dalam meloloskan air atau permeabilitas tanahnya. Gambar 5. (a) melukiskan kondisi dimana sistem dalam keseimbangan. Kondisi ini identik dengan lapisan tanah yang dalam keseimbangan dengan tekanan *overburden*. Alat pengukur tekanan yang dihubungkan dengan silinder memperlihatkan tekanan hidrostatik sebesar u_o , pada lokasi tertentu didalam tanah.



Gambar 5. Analogi piston dan pegas (Hardiyatmo, 2018)

Bila tegangan sebesar Δp dikerjakan diatas piston dengan posisi katup V tertutup (Gambar 5.b), maka akibat tekanan ini piston tetap tidak akan bergerak. Hal ini disebabkan karena air tidak mudah mampat. Pada kondisi ini, tekanan pada

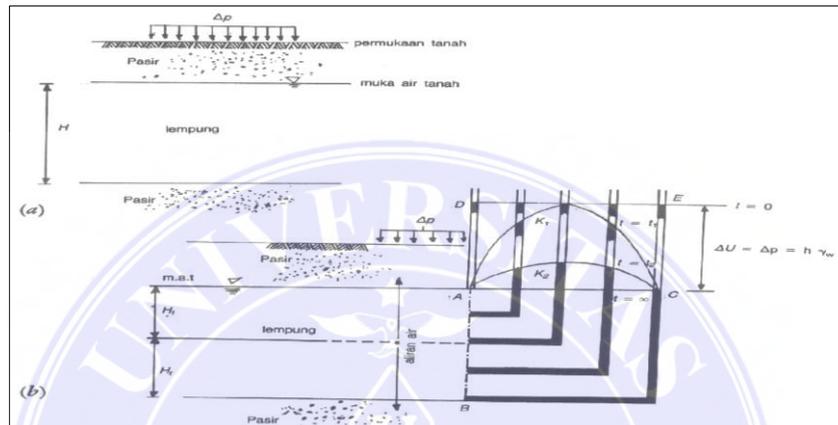
piston tidak dipindah ke pegas, tapi sepenuhnya didukung oleh air. Pengukur tekanan air dalam silinder menunjukkan kenaikan tekanan $\Delta_u = \Delta_p$, atau pembacaan tekanan sebesar $u_o + \Delta_p$. Kenaikan tekanan Δ_u disebut dengan kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*). Kondisi pada kedudukan katup V tertutup melukiskan kondisi tanpa drainasi (*undrained*) didalam tanah.

Jika kemudian katup V dibuka, air akan keluar lewat lubang dengan kecepatan yang dipengaruhi oleh luas lubangnya. Hal ini akan menyebabkan piston bergerak ke bawah, sehingga pegas secara berangsur-angsur mendukung beban akibat Δ_p . Pada setiap kenaikan tekanan yang didukung oleh pegas, kelebihan tekanan air pori (Δ_u) didalam silinder berkurang. Akhirnya pada suatu saat, tekanan air pori nol dan seluruh tekanan didukung oleh pegasnya dan kemudian piston diam (Gambar 5.d). Kedudukan ini melukiskan kondisi dengan drainasi (*drained*).

Pada sembarang waktunya, tekanan yang terjadi pada pegas identik dengan kondisi tegangan efektif didalam tanah. Sedang tegangan air didalam silinder identik dengan tekanan air pori. Kenaikan tekanan Δ_p akibat beban yang diterapkan identik dengan tambahan tegangan normal yang bekerja. Gerakan piston menggambarkan perubahan volume tanah, dimana gerakan ini dipengaruhi oleh kompresibilitas (kemudah mampatan) pegasnya, yaitu ekuivalen dengan kompresibilitas tanahnya.

Walaupun model piston dan pegas ini agak kasar, tetapi cukup menggambarkan apa yang terjadi bila tanah kohesif jenuh dibebani di laboratorium maupun dilapangan. Sebagai contoh nyatanya dapat dilihat pada Gambar 6 (a), 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 Δp . 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 Δp sama disembarang kedalaman lapisan lempungnya.



Gambar 6. Reaksi tekanan air pori terhadap beban pondasi (Hardiyatmo, 2018)
 a. Pondasi pada tanah lempung jenuh
 b. Diagram perubahan tekanan air pori dengan waktunya

Jalannya proses konsolidasi diamati lewat pipa-pipa piezometer yang dipasang sepanjang kedalamannya (Gambar 6.b), sedemikian rupa sehingga tinggi air dalam pipa piezometer menyatakan besarnya kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) di kedalaman pipanya.

Akibat tambahan tekanan Δp , yaitu segera setelah beban pondasi bekerja, tinggi air dalam pipa piezometer naik setinggi $h = \Delta p/\gamma_w$, atau menurut garis *DE*, garis *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. Kedudukan ini dinyatakan dengan kurva K_1 .

Dalam tahapan waktu sesudahnya, ketinggian air dalam pipa ditunjukkan dalam kurva K_2 . Setelah waktu yang lama, tinggi air dalam pipa piezometer mencapai kedudukan yang sama dengan kedudukan muka air tanah (garis AC). Kedudukan garis AC ini menunjukkan kedudukan proses konsolidasi telah selesai, yaitu ketika kelebihan tekanan air pori telah nol.

Pada mulanya, tiap kenaikan beban akan didukung sepenuhnya oleh tekanan air pori, dalam hal ini berupa kelebihan tekanan air pori Δ_u yang besarnya sama dengan Δ_p . Dalam kondisi demikian tidak ada perubahan tegangan efektif didalam tanahnya. Setelah air pori sedikit demi sedikit terperas keluar, secara berangsur-angsur tanah mampat, beban perlahan-lahan ditransfer kebutiran tanah, dan tegangan efektif bertambah. Akhirnya, kelebihan tekanan air pori menjadi nol. Pada kondisi ini, tekanan air pori sama dengan tekanan hidrostatis yang diakibatkan oleh air tanahnya.

2.10 Lempung Normal *Normally Consolidated dan Overconsolidated*

Mengenai istilah *normally consolidated* (terkonsolidasi normal) dan *overconsolidated* (terkonsolidasi berlebihan), istilah *normally consolidated* dan *overconsolidated* digunakan untuk menggambarkan suatu sifat penting dari lapisan tanah lempung. Lapisan tanah lempung biasanya terjadi dari proses pengendapan. Pada proses pengendapannya, lempung akan mengalami konsolidasi ataupun penurunan akibat tekanan tanah yang mengendap di atasnya. Lapisan-lapisan tanah yang di atas ini suatu ketika mungkin kemudian hilang akibat proses alam. Hal ini berarti tanah lapisan bawah pada suatu saat dalam sejarah geologinya pernah mengalami konsolidasi akibat dari tekanan yang lebih besar dari tekanan yang bekerja sekarang. Lapisan semacam ini disebut lapisan *overconsolidated* (OC) atau

terkonsolidasi berlebihan. Bila tegangan efektif yang bekerja pada waktu sekarang adalah tegangan maksimumnya, maka endapan lempung ini disebut lempung pada kondisi *normally consolidated* (NC) atau *terkonsolidasi normal*.

Jadi lempung pada kondisi *normally consolidated*, bila tekanan prakonsolidasi (*preconsolidation pressure*) (p_c') sama dengan tekanan *overburden* efektif (p_o'). Sedang lempung pada kondisi *overconsolidated*, jika *tegangan prakonsolidasi* lebih besar dari tekanan *overburden* efektif yang ada pada waktu sekarang ($p_c' > p_o'$). Nilai banding *overconsolidation* (*Overconsolidation ratio, OCR*) didefinisikan sebagai nilai banding *tekanan prakonsolidasi* terhadap tegangan efektif yang ada, atau bila dinyatakan dalam persamaan :

$$OCR = \frac{p_c'}{p_o'}$$

Tanah *normally consolidated* mempunyai nilai $OCR = 1$, dan tanah dengan $OCR > 1$ adalah *overconsolidated*. Dapat ditemui pula, tanah lempung mempunyai $OCR < 1$. Dalam hal ini tanah adalah sedang dalam (keadaan) konsolidasi (*underconsolidated*). Kondisi *underconsolidated* dapat terjadi pada tanah-tanah yang baru saja diendapkan baik secara geologis maupun oleh manusia. Dalam kondisi ini, lapisan lempung belum mengalami keseimbangan akibat beban di atasnya. Jika tekanan air pori diukur dalam kondisi *underconsolidated*, tekanannya akan melebihi hidrostatisnya.

Telah disebutkan bahwa akibat perubahan tegangan efektif, tanah dapat menjadi *overconsolidated*. Perubahan tegangan efektif ini, misalnya akibat adanya perubahan tegangan total, atau perubahan tekanan air pori. Lapisan tanah yang *terkonsolidasi* sebenarnya tidak dalam kondisi seimbang seperti yang sering dipikirkan. Perubahan volume dan rayapan sangat mungkin masih berlangsung

pada tanah tersebut. Dalam lapisan tanah asli, dimana permukaan tanah tersebut horizontal, keseimbangan mungkin didapatkan. Tetapi kalau tanah tersebut dalam kemiringan, rayapan dan perubahan volume mungkin masih terjadi.

2.11 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 oedometer. Karena dibutuhkan untuk mengetahui hubungan angka poritegangan efektif pada kondisi asli dilapangan, maka diperlukan koreksi terhadap hasil pengujian dilaboratorium.

Dilapangan, elemen tanah dipengaruhi oleh tegangan efektif-vertikal σ'_z dan tegangan efektif horizontal $\sigma'_z = K_o \sigma'_z$ (dengan K_o adalah koefisien tekanan lateral tanah diam). Umumnya K_o 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 (σ'_z) sama dengan besarnya tekanan air pori ($-u$). Dalam kondisi ini $\sigma'_z = \sigma'_z - u$.

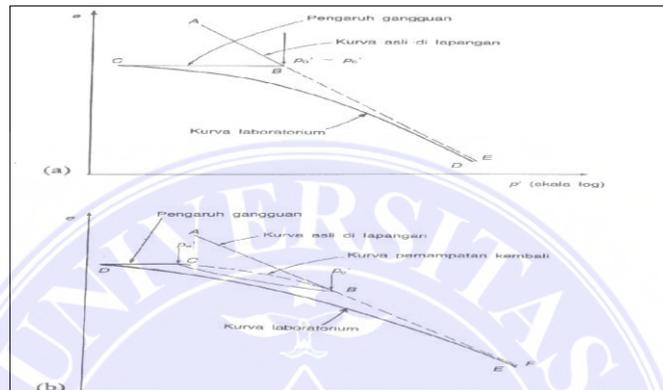
Jadi, nilai banding σ_z' / σ_z' berubah dengan perubahan yang tergantung pada nilai K_o . Regangan yang ditimbulkan menyebabkan kerusakan benda uji, atau benda uji menjadi terganggu. Pengaruh ini telah diselidiki oleh Skewmpton dan Sowa (1963), Ladd dan Lambe (1963), dan Ladd (1964).

Pengaruh dari pengambilan contoh tanah, dan lain-lain pengaruh kerusakan benda uji diberikan dalam Gambar 5.

Sejarah pembebanan dari suatu contoh tanah lempung *normally consolidated* disajikan dalam Gambar 7 (a). 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 garis 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* (Gambar 7.b), 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 kurvana akan mengikuti garis penuh DE. Penambahan derajat gangguan benda uji, mengakibatkan kurva laboratorium akan cenderung bergeser lebih kekiri.



Gambar 7. Pengaruh gangguan pada kurva pemampatan (Hardiyatmo, 2018)
 (a) Lempung *Normally Consolidated*
 (b) Lempung *Overconsolidated*

2.12 Landasan Teori

2.12.1 Derajat Kejenuhan (Sr)

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat, yaitu :

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

dimana : e = Angka pori (*Void ratio*)

V_v = Volume pori

V_s = Volume butiran padat

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total, yaitu :

$$n = \frac{V_v}{V}$$

dimana : n = Porositas (*Porosity*)

V_v = Volume pori

V = Volume tanah total

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dan volume pori, yaitu :

$$S_r = \frac{V_w}{V_v}$$

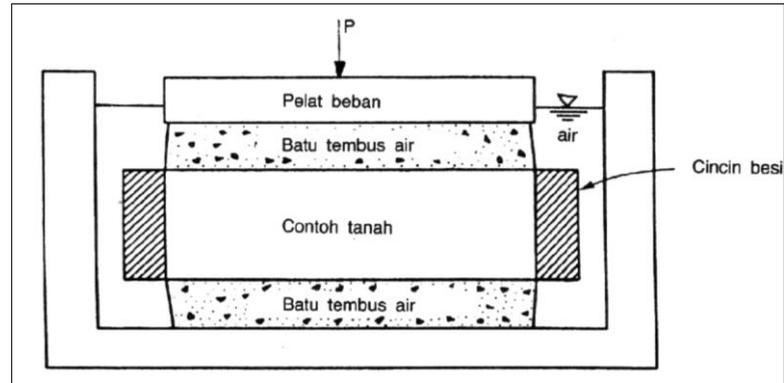
Dimana : S_r = Derajat kejenuhan (*degree of saturation*)

V_v = Volume pori

V_w = Volume tanah total

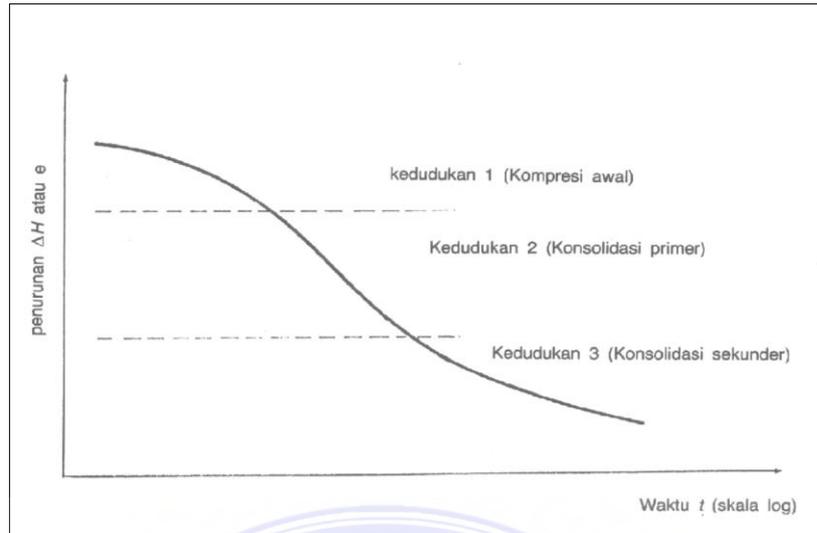
2.12.2 Pengujian Konsolidasi

Pengujian konsolidasi satu dimensi (*one-dimensional consolidation*) biasanya dilakukan dilaboratorium dengan alat oedometer atau konsolidometer. Gambar skematik alat ini dapat dilihat pada Gambar 8. Contoh tanah yang mewakili elemen tanah yang mudah mampat pada lapisan tanah yang diselediki, dimasukan secara hati-hati kedalam cincin besi. Bagian atas dan bawah dari benda uji dibatasi oleh batu tembus air (*porous stone*).



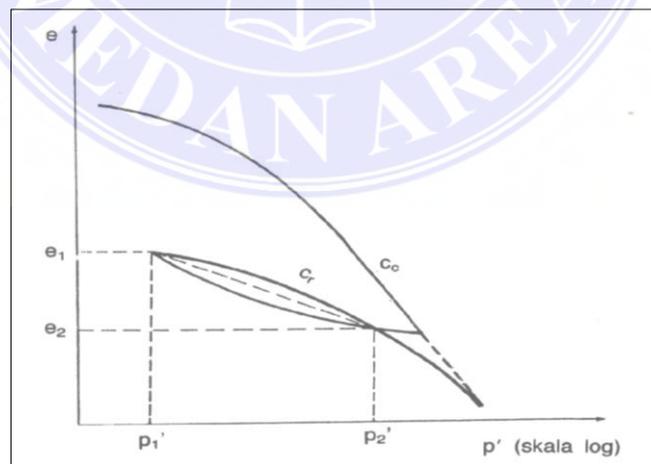
Gambar 8. Gambar skema alat pengujian konsolidasi (Hardiyatmo, 2018)

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 0,25; 0,50; 1; 2; 4; 8; 16 kg/cm^2 . Untuk tiap penambahan beban, deformasi dan waktunya dicatat, kemudian diplot pada grafik semi logaritmis, Gambar 9. memperlihatkan sifat khusus dari grafik hubungan antara penurunan ΔH 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.



Gambar 9. Sifat khusus grafik hubungan ΔH terhadap $\log t$ (Hardiyatmo, 2018)

Untuk 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 logaritmis (Gambar 10).

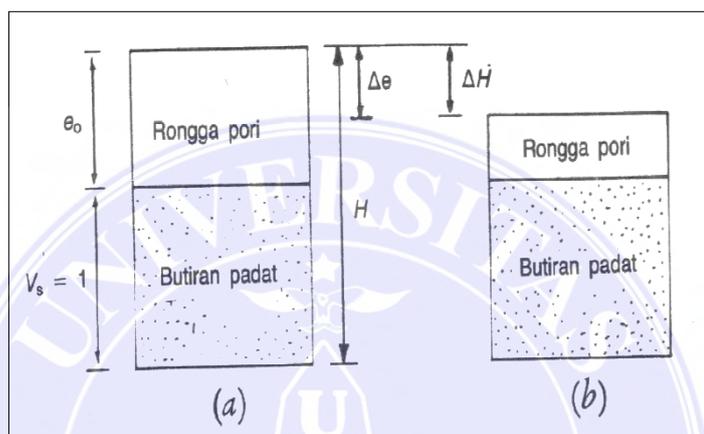


Gambar 10. Sifat khusus grafik hubungan e - $\log p$ (Hardiyatmo, 2018)

2.12.3 Interpretasi Hasil Pengujian Konsolidasi

Pada konsolidasi satu dimensi, perubahan tinggi (ΔH) persatuan dari awal (H) adalah sama dengan perubahan volume (ΔV) per satuan volume awal,

$$\text{atau } \frac{\Delta H}{\Delta V} = \frac{\Delta H}{V} \quad (1)$$

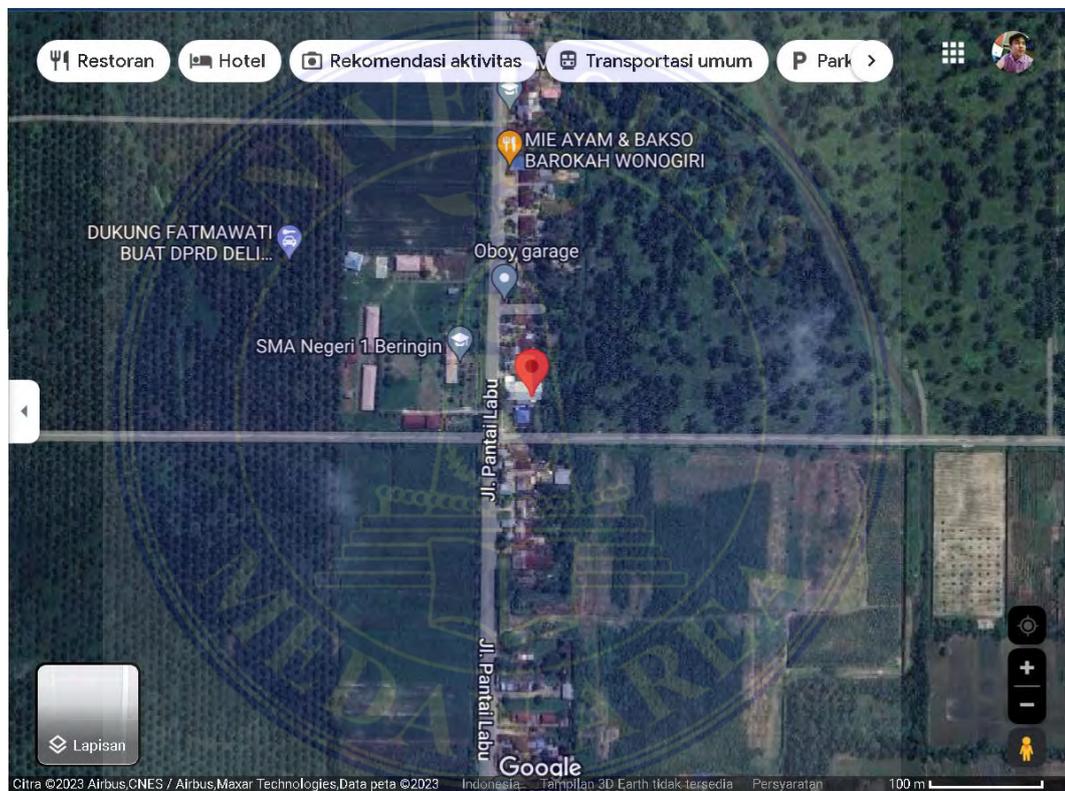


Gambar 11. Fase Konsolidasi (Hardiyatmo, 2018)
 (a) Sebelum konsolidasi
 (b) Sesudah konsolidasi

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sampel Tanah

Sampel tanah yang akan diuji adalah jenis tanah lempung gambut yang diambil dari Jalan Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kec. Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara.



Gambar 12. Lokasi Pengambilan Sampel (Google Maps, 2023)

3.2 Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan dalam 2 tahap. Pertama adalah pengujian sifat fisik dan kedua pengujian konsolidasi tanah lempung gambut. Tahap pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas katolik Santo Thomas Medan.

3.2.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

a. Kadar Air (*Water 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.

Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98.

Bahan - bahan:

- 1) Sampel tanah yang akan diuji seberat 30 – 50 gram sebanyak 2 sampel
- 2) Air secukupnya

Peralatan yang digunakan:

1. Container sebanyak 2 buah
2. Oven
3. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
4. Desicator

Perhitungan :

- a. Berat air (W_w) $= W_{cs} - W_{ds}$
- b. Berat tanah kering (W_s) $= W_{ds} - W_c$
- c. Kadar air (ω) $= \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$

Dimana:

W_c = Berat cawan yang akan digunakan

W_{cs} = Berat benda uji + cawan

W_{ds} = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

Perbedaan kadar air diantara ketiga sampel tersebut maksimum sebesar 5% dengan nilai rata-rata

b. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan 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.

Pengujian berdasarkan ASTM D 854-02.

Bahan-bahan :

- 1) Sampel tanah lempung seberat 30 – 50 gram sebanyak 2 sampel.
- 2) Air Suling.

Peralatan :

- 1) Labu Ukur 100 ml / picnometer.
- 2) *Thermometer* dengan ketelitian 0,01 ° C.
- 3) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 4) *Boiler* (tungku pemanas) atau *Hot plate*.

Perhitungan :

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

Dimana : G_s = Berat jenis

W_1 = Berat picnometer (gram)

W_2 = Berat picnometer dan tanah kering (gram).

W_3 = Berat picnometer, tanah dan air (gram)

W_4 = Berat picnometer dan air bersih (gram)

c. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian berdasarkan ASTM D4318-00.

Bahan-bahan :

- 1) Sampel tanah yang telah dikeringkan di udara atau oven.
- 2) Air bersih atau air suling sebanyak 300 cc.

Peralatan :

- 1) Alat batas cair (mangkuk *cassagrande*).
- 2) Alat pembuat alur (*grooving tool*) ASTM untuk tanah yang lebih plastis.
- 3) Spatula.
- 4) Gelas ukur 100 cc.
- 5) *Container* 4 buah.
- 6) Plat kaca.
- 7) Porselin dish (mangkuk porselin)
- 8) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 9) *Oven*.

Perhitungan :

- 1) Menghitung kadar air (w) masing-masing sampel sesuai dengan jumlah ketukan
- 2) Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logaritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.

- 3) Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.
- 4) Menentukan nilai batas cair pada ketukan ke-25 atau $x = \log 25$

d. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Bahan-bahan :

- 1) Sampel tanah sebanyak 100 gram yang telah dikeringkan.
- 2) Air bersih atau suling sebanyak 50 cc.

Peralatan :

- 1) Plat kaca.
- 2) Spatula.
- 3) Gelas ukur 100 cc.
- 4) *Container* 2 buah.
- 5) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 6) *Oven*.

Perhitungan :

- 1 Nilai batas plastik (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji
- 2 Plastik Indeks (PI) adalah harga rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji, dengan rumus: $PI = LL - PL$

e. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan 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).

Pengujian berdasarkan ASTM D 422.

Bahan-bahan :

- 1) Tanah asli yang telah dikeringkan dengan oven sebanyak 300 gram.
- 2) Air bersih atau air suling 1000 cc.

Peralatan :

- 1) Saringan (*sieve*) 1 set.
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3) Mesin pengetar (*sieve shaker*).
- 4) Kuas halus.
- 5) Oven.
- 6) Pan.

Perhitungan :

- 1) Berat masing-masing saringan (W_{ci}).
- 2) Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan (W_{bi}).
- 3) Berat tanah yang tertahan (W_{ai}) = $W_{bi} - W_{ci}$.
- 4) Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan ($\sum W_{ai} = W_{tot.}$).
- 5) Persentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan (P_i)

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

- 6) Persentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan (q_i) :

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

$$q(1+1)=qi - p(i + 1)$$

Dimana : $i = 1$ (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan nomor 200).

3.2.2 Pengujian Konsolidasi

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat pemampatan (perubahan volume) suatu jenis tanah pada saat menerima beban tertentu.

Pengujian berdasarkan ASTM D 2435-96.

Bahan-bahan:

- 1) Sampel tanah asli (*undisturbed sample*) yang diambil melalui tabung contoh atau sumur percobaan.
- 2) Air bersih secukupnya.

Peralatan yang digunakan:

- 1) Frame alat konsolidasi dan Consolidometer
- 2) Cincin (cetakan) benda uji.
- 3) *Extruder*
- 4) Batu pori dan bola baja
- 5) Piringan (plat penekan)
- 6) *Stopwatch*
- 7) Dial deformasi
- 8) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 9) Pisau pemotong dan Oven

3.3 Prosedur Pengujian Utama

1. Pengujian sifat fisik tanah yaitu pengujian :
 - a. Kadar Air
 - b. Berat Jenis
 - c. Analisa Saringan
 - d. Batas Plastis
 - e. Batas Cair

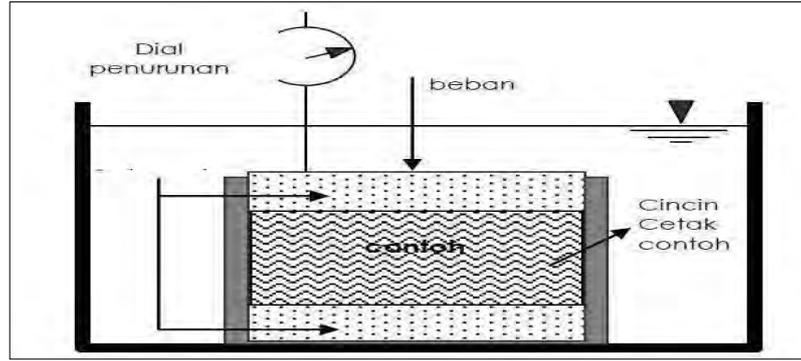
2. Melakukan uji pemadatan standar berdasarkan pencampuran sampel tanah asli dengan derajat kejenuhan yang berbeda dengan pembagian sampel yaitu Sampel A, Sampel B, dan Sampel C masing-masing terdiri dari 3 sampel.
 - a. Sampel A
Sampel tanah asli dicampur dengan air berdasarkan KAO 19,31% dengan nilai derajat kejenuhan yang didapat sekitar 20 %.
 - b. Sampel B
Sampel tanah asli dicampur dengan air berdasarkan KAO 24,31% dengan nilai derajat kejenuhan yang didapat sekitar 25 %.
 - c. Sampel C
Sampel tanah asli dicampur dengan air berdasarkan KAO 29,31% dengan nilai derajat kejenuhan yang didapat sekitar 30 %.

3. Melakukan uji pemadatan standar dengan cara :
 - a. Menyiapkan sampel tanah asli seberat 2000 gr
 - b. Menyiapkan gelas ukur 1000 ml
 - c. Mencampur tanah berdasarkan KAO yang direncanakan
 - 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 masingmasing lapisan ditumbuk atau dipadatkan sebanyak 25 kali tumbukan.
 - g. Setelah ditumbuk dan dipadatkan, menimbang berat mol + tanah lalu ambil beberapa untuk melihat kadar air sampel tersebut.
4. Prosedur Pengujian Utama Konsolidasi

Pengujian konsolidasi ini dilakukan pada sampel tanah dengan derajat kejenuhan yang berbeda. Adapun langkah-langkah prosedur pengujiannya antara lain :

- a. Memasukkan sampel tanah yang sudah dicampur dengan air serta dipadatkan ke dalam cetakan benda uji sampel tanah sehingga cetakan terisi penuh dengan sampel tanah.
- b. Setelah sampel dicetak di cetakan benda uji tersebut, lalu melakukan penyusunan modul ke dalam sel konsolidasi dengan urutan yang dari bawah
 1. Batu pourus
 2. Kertas pori
 3. Sampel tanah dalam ring
 4. Kertas Pori
 5. Batu pourus
 6. Silinder tembaga yang berfungsi meratakan beban
 7. Penahan dengan 3 mur



Gambar 13. Susunan Modul Uji Konsolidasi (Ari, 2014)

- c. Mencatat pembacaan awal tanpa di isi air dan berikan beban awal kemudian diamkan selama 24 jam. Besarnya beban awal adalah :

$$P_o = \gamma_w \cdot h \cdot V_o$$

Dimana :

γ_w = Berat isi basah

h = Kedalaman pengambilan tanah

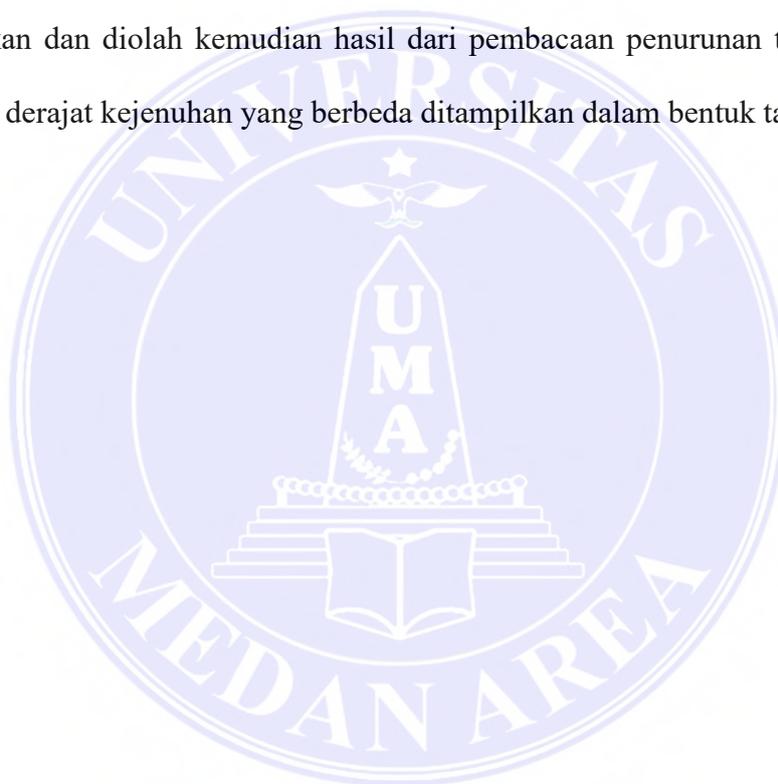
V_o = Volume sampel tanah

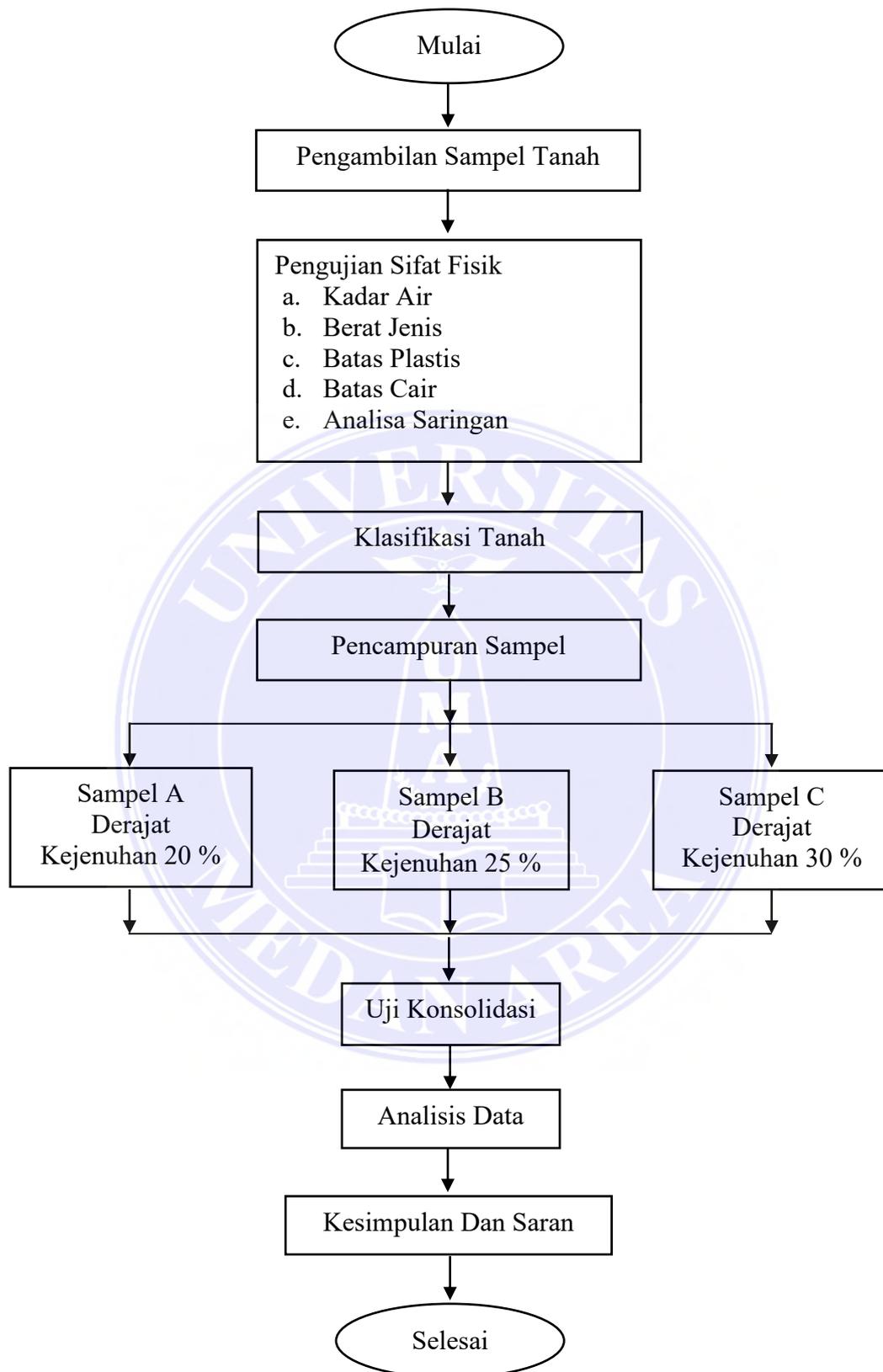
- d. Setelah 24 jam baca pembacaan pada dial dengan *loading* sebesar 1000 gr, kemudian dilakukan pencatatan. Pembacaan dilakukan pada interval waktu 0", 9,6", 38", 1', 2', 25', 4', 9', 16', 25', 36', 49', 64' dan 24 jam.
- e. Kemudian mengulang kembali langkah untuk masing-masing pembebanan, 2, 4, 8, kg dengan interval waktu 24 jam dan dilakukannya pencatatan pada saat pembacaan dial.
- f. Setelah melakukan pembacaan pada pembebanan 1000, 2000, 4000, 8000 gr, kemudian melakukan pembacaan pengembangan.
- g. Pengembangan awal yaitu dengan melepas beban hingga tersisa beban seberat 1 kg, kemudian melakukan pembacaan dial pada interval waktu 0", 9,6", 38", 1', 2', 25', 4', 9', 16', 25', 36', 49', 64' dan 24 jam.

- h. Kemudian mengulang kembali langkah g untuk pembacaan pengembangan dengan berat 1000 gr
- i. 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.

3.4 Analisis Data

Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari percobaan yang telah dilakukan dan diolah kemudian hasil dari pembacaan penurunan tanah lempung dengan derajat kejenuhan yang berbeda ditampilkan dalam bentuk tabel dan dibuat grafik.





Gambar 14. Bagan Alir Penelitian (Analisis Peneliti, 2023)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

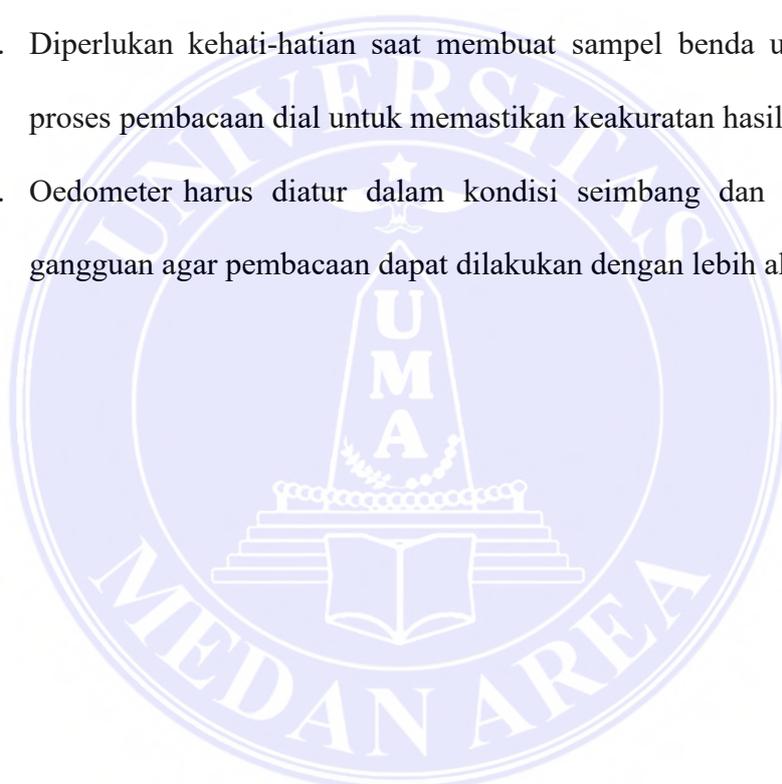
5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan pengujian sifat fisik yang dilakukan, tanah yang diambil dari Jl. Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kec. Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara, tanah di wilayah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai tanah dengan tingkat plastisitas yang tinggi, dengan indeks plastisitas $>11\%$, dan berat jenis rata-rata 2,17. Berdasarkan klasifikasi tanah menggunakan sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*), tanah ini termasuk dalam kategori tanah gambut (*peat*) dengan kandungan organik yang tinggi dan disimbolkan dengan "PT".
2. Berdasarkan hasil pengujian konsolidasi didapatkan pada kondisi sampel A memiliki derajat kejenuhan sebesar 20 % nilai koefisien konsolidasi (C_v) $0,067 \text{ cm}^2/\text{detik}$, nilai indeks pemampatan (C_c) 0,059 dan nilai koefisien konsolidasi (a_v) $0,017 \text{ cm}^2/\text{kg}$. Sampel B memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 25 %, nilai koefisien konsolidasi (C_v) $0,061 \text{ cm}^2/\text{detik}$, nilai indeks pemampatan (C_c) 0,048 dan nilai koefisien konsolidasi (a_v) $0,026 \text{ cm}^2/\text{kg}$. Sampel C memiliki derajat kejenuhan 30 %, nilai koefisien konsolidasi (C_v) $0,051 \text{ cm}^2/\text{detik}$, nilai indeks pemampatan (C_c) 0,082 dan nilai koefisien konsolidasi (a_v) $0,024 \text{ cm}^2/\text{kg}$.
3. Berdasarkan hasil pengujian konsolidasi, didapatkan sampel A dengan derajat kejenuhan 20 % mengalami penurunan sebesar 0,176 cm dengan pengembangan 0,45%, sampel B dengan derajat kejenuhan 25 %

mengalami penurunan sebesar 0,146 cm dengan pengembangan 0,3%, dan sampel C derajatkejenuhan 30 % mengalami penurunan sebesar 0,369 cm dengan pengembangan 0,28%

5.2 Saran

1. Disarankan untuk menggunakan sampel tanah dalam keadaan jenuh air, dan penting untuk menutupnya dengan rapat agar kadar air aslinya tetap terjaga.
2. Diperlukan kehati-hatian saat membuat sampel benda uji dan selama proses pembacaan dial untuk memastikan keakuratan hasilnya.
3. Oedometer harus diatur dalam kondisi seimbang dan terhindar dari gangguan agar pembacaan dapat dilakukan dengan lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Idharmahadi. 1992. *Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*.
- Andar. S, Veny. 2014. *Perilaku loading unloading pada tanah lempung yang disubstitusi material bergradasi kasar (pasir)*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ansyarulhaq (2017). *Ekspansifitas Tanah Lempung Penujak Dipadatkan Pada Variasi Kadar Air Dengan Tingkat Kepadatan Tetap*. Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- ASTM International.(2005). *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D 2216)*, United State : ASTM International
- ASTM International.(2006). *Standard Test Method for Amount of Material in Soils Finer than No. 200 (75- μ m) Sieve (ASTM D 1140)*, United State : ASTM International
- ASTM International.(2005). *Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index Soils (ASTM D 4318)*, United State : ASTM International
- Bowles. J. E. 1989. *Sifat – sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Jilid III. Yogyakarta
- Hardiyatmo, H.C.(2018). *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2019). *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Jilid VII. Yogyakarta.

Nakazawa, K., Sosrodarsono, S, 1983. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Pradya Paramita, Jakarta.

Sangaji, A (2014). *Pengaruh Derajat Kejenuhan Tanah Organik Terhadap Perilaku Penurunan Tanah*. Skripsi, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung.

Sari, A. P (2021). *Pengaruh Kadar Air Terhadap Besarnya Penurunan Pada Uji Konsolidasi*. Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

(SNI 2812: 2011). (2011) Cara Uji Konsolidasi Tanah Satu Dimensi

(SNI 1964:2008). (2008). Cara Uji Berat Jenis Tanah.

(SNI 1965:2008). (2008). Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan Di Laboratorium.

Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	WATER CONTENT	<i>Date :</i> Oktober 2023	
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by :</i> Feberta Pantar Halawa	
<i>Location :</i> Lab. Mekanika Tanah		<i>Checked by :</i>	
<i>BH :</i>		<i>depth :</i>	
		SAMPEL	
No.	NomorPengujian	I	II
1	Berat Cawan (W_1), gram	8,84	8,90
2	Berat Cawan + Tanah Basah (W_2), gram	39,37	50,78
3	Berat Cawan + Tanah kering (W_3), gram	26,29	32,98
4	Berat Air ($W_2 - W_3$), gram	18,06	24,08
5	Berat Tanah Kering ($W_3 - W_1$), gram	13,08	17,8
6	Kadar air, $w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	72,42	73,92
7	Kadar air rata – rata ($W_{rata - rata}$)	73,17	



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	SPECIFIC GRAVITY	<i>Date</i> : Oktober 2023	
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by</i> : Feberta Pantar Halawa	
<i>Location</i> : Lab. Mekanika Tanah		<i>Checked by</i> :	
	<i>BH</i> :	<i>depth</i> :	

No.	Keterangan	SAMPLER (gr)	
		I	II
1	Berat piknometer (W_1), gram	38,13	39,29
2	Berat piknometer + tanah (W_2), gram	61,97	65,95
3	Berat tanah ($W_2 - W_1$), gram	30,79	35,30
4	Berat piknometer + tanah + air (W_3), gram	150	149,01
5	Berat piknometer + air (W_4), gram	139,60	139,57
6	Berat isi air : ($W_4 - W_1$) - ($W_3 - W_2$), gram	65,95	66,40
7	Temperatur air (T), °C	30	30
8	Berat jenis (G) (pada T°C) = $\frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,29	2,05
9	Faktor koreksi suhu (α)	0,99568	0,99568
10	G_s (pada 25°C) = G_s (pada T°C). A	2,280	2,041
11	Berat jenis rata-rata ($G_{s, rata-rata}$)	2,17	



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	ATTEBERG LIMIT	<i>Date :</i> Oktober 2023			
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by :</i> Feberta Pantar Halawa <i>Checked by :</i>			
<i>Location :</i> Lab. Mekanika Tanah	<i>BH :</i>	<i>depth :</i>			

No.	Pengujian	5 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 35	Batas Plastis	
1	Jumlah Ketukan	8	19	25	35		
2	Berat cawan (W_1), gr	14,91	13,78	14,53	14,55	13,7	13,72
3	Berat cawan + tanah basah (W_2), gr	34,32	33,92	33,51	33,54	32,7	32,92
4	Berat cawan + tanah kering (W_3), gr	25,9	26,19	26,53	26,91	28,6	28,71
5	Berat air ($W_2 - W_3$), gr	8,42	7,73	6,98	6,63	14,9	14,99
6	Berat tanah kering ($W_3 - W_1$), gr	10,99	12,41	12	12,36	4,06	4,21
7	Kadar air, $\times 100\%$	76,61	62,28	58,16	53,64	27,2	28,09
8	Kadar air rata - rata (%)	62,6777				27,67	



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	SHIEVE ANALYSIS	<i>Date :</i> Oktober 2023
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by :</i> Feberta Pantar Halawa <i>Checked by :</i>
<i>Location :</i> Lab. Mekanika Tanah	<i>BH :</i>	<i>depth :</i>

Sampel A

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Butir Tertinggal (gr)	Persentase Berat Butiran Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Berat Butiran Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Lolos (%)
4	4,75	2,04	0,68	0,68	99,4
10	2	5,33	1,77	2,45	97,55
20	0,85	10,70	3,56	6,01	93,99
40	0,425	10,28	3,42	9,43	90,57
60	0,25	16,75	5,58	15,01	84,99
80	0,18	21,93	7,31	22,32	77,68
100	0,15	23,11	7,70	30,02	69,98
200	0,075	55,54	18,51	48,53	51,47
Pan		154,32	51,44	100,00	-
Σ		300 gram			
Total					



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	SHIEVE ANALYSIS	<i>Date</i> : Oktober 2023
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by</i> : Feberta Pantar Halawa <i>Checked by</i> :
<i>Location</i> : Lab. Mekanika Tanah	<i>BH</i> :	<i>depth</i> :

Sampel B

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Butir Tertinggal (gr)	Persentase Berat Butiran Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Berat Butiran Tertinggal (%)	Persentase Kumulatif Lolos (%)
4	4,75	1,00	0,33	0,33	99,67
10	2	2,23	0,74	1,07	98,93
20	0,85	4,18	1,39	2,46	97,54
40	0,425	4,10	1,36	3,82	96,62
60	0,25	10,64	3,54	7,36	92,64
80	0,18	22,86	7,62	14,98	85,02
100	0,15	25,37	8,45	23,43	76,57
200	0,075	60,12	20,04	43,47	56,53
Pan		169,38	56,46	100	-
Σ		300 gram			
Total					



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	CONSOLIDATION TEST	<i>Date :</i> Oktober 2023
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by :</i> Feberta Pantar Halawa <i>Checked by :</i>
<i>Location :</i> Lab. Mekanika Tanah	Sr : 20 %	<i>depth :</i>

t (jam)	t (menit)	t _{0,5} (menit)					
			1	2	4	8	1
0 detik	0,00	0,00	0	-40	-33	5	63,5
15 detik	0,25	0,50	9	-38,8	-21,5	19	57
30 detik	0,5	0,71	10	-38,6	-21,2	20,5	56
1 menit	1	1,00	10,2	-38	-19	23	57
2 menit	2	1,41	10,5	-37,5	-18	25,8	56,5
4 menit	4	2,00	10,5	-37	-16,8	28,5	56,2
8 menit	8	2,83	10,5	-36,5	-15,8	31	54
15 menit	15	3,87	10,2	-36,2	-13,5	34	52
30 menit	30	5,48	7,8	-35,8	-11,2	37	51,5
1 jam	60	7,75	4	-35	-9	40	49
2 jam	120	10,95	-4	-34,8	-7	45,5	42,5
4 jam	240	15,49	-15	-34,5	-4	48,2	36
8 jam	480	21,91	-20	-34	-1	56	30
24 jam	1440	37,95	-40	-33	5	63,5	24

Data			
Diameter ring (D)	=	53,34	cm
Tinggi ring (benda uji) (H)	=	19,85	cm
Luas ring (benda uji) (A)	=	19,64	cm ²
Volume ring (benda uji)	=	39,286	cm ³
Berat ring (W ₁)	=	45,22	gr
Berat tanah basah + ring (W ₂)	=	82,83	Gr
Berat tanah kering + ring (W ₃)	=	61,72	Gr
Berat tanah basah (W ₂ - W ₁)	=	37,61	Gr
Berat tanah kering (W ₃ - W ₁)	=	16,55	Gr



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	CONSOLIDATION TEST	<i>Date :</i> Oktober 2023
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by :</i> Feberta Pantar Halawa <i>Checked by :</i>
<i>Location :</i> Lab. Mekanika Tanah	Sr : 25 %	<i>depth :</i>

t (jam)	t (menit)	t _{0,5} (menit)					
			1	2	4	8	1
0 detik	0,00	0,00	0	-10	2	35,2	93
15 detik	0,25	0,50	10	-6	12	47,5	90
30 detik	0,5	0,71	12	-5,5	14	48,4	88
1 menit	1	1,00	12,5	-5,2	15	50	85
2 menit	2	1,41	13	-5	15,6	52	82
4 menit	4	2,00	13,8	-4,8	16,2	53,4	79
8 menit	8	2,83	13,8	-4,2	18	55	77
15 menit	15	3,87	13,2	-4	18,5	58	75,8
30 menit	30	5,48	12,6	-3	22	61	72,4
1 jam	60	7,75	10,4	-2	24,5	66,2	69,2
2 jam	120	10,95	7,8	-1	26,8	70,5	65
4 jam	240	15,49	4,5	1	31	78,2	60,1
8 jam	480	21,91	-4	1,8	33,6	85	55,6
24 jam	1440	37,95	-10	2	35,2	93	51

Data			
Diameter ring (D)	=	53,34	cm
Tinggi ring (benda uji) (H)	=	19,85	cm
Luas ring (benda uji) (A)	=	19,64	cm ²
Volume ring (benda uji)	=	39,286	cm ³
Berat ring (W ₁)	=	45,22	gr
Berat tanah basah + ring (W ₂)	=	82,83	Gr
Berat tanah kering + ring (W ₃)	=	61,72	Gr
Berat tanah basah (W ₂ - W ₁)	=	37,61	Gr
Berat tanah kering (W ₃ - W ₁)	=	16,55	Gr



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	CONSOLIDATION TEST	<i>Date :</i> Oktober 2023
SOIL INVESTIGATION		<i>Test by :</i> Feberta Pantar Halawa <i>Checked by :</i>
<i>Location :</i> Lab. Mekanika Tanah	Sr : 30 %	<i>depth :</i>

t (jam)	t (menit)	t _{0,5} (menit)					
			1	2	4	8	1
0 detik	0,00	0,00	0	-10	4,5	41	111,5
15 detik	0,25	0,50	10	-2	13	55	101,7
30 detik	0,5	0,71	12	-1,5	15	56	101,6
1 menit	1	1,00	12,5	-1,2	16	58	101,5
2 menit	2	1,41	13	-1	17,5	60	101,4
4 menit	4	2,00	13	-0,5	18,8	62,5	100
8 menit	8	2,83	13	0	19	65	98
15 menit	15	3,87	12,9	0	21,5	67,8	96,5
30 menit	30	5,48	12	0,5	23,2	70	92,5
1 jam	60	7,75	10	2	25,5	80	87
2 jam	120	10,95	8	2	29,5	85	80
4 jam	240	15,49	4,5	3	32	90	72
8 jam	480	21,91	1,5	4	37,2	102	68
24 jam	1440	37,95	-10	4,5	41	115	56

Data			
Diameter ring (D)	=	53,34	cm
Tinggi ring (benda uji) (H)	=	19,85	cm
Luas ring (benda uji) (A)	=	19,64	cm ²
Volume ring (benda uji)	=	39,286	cm ³
Berat ring (W ₁)	=	45,22	gr
Berat tanah basah + ring (W ₂)	=	82,83	Gr
Berat tanah kering + ring (W ₃)	=	61,72	Gr
Berat tanah basah (W ₂ - W ₁)	=	37,61	Gr
Berat tanah kering (W ₃ - W ₁)	=	16,55	Gr

