

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR *GYP SUM*  
TERHADAP INDEKS PLASTISITAS TANAH**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**JHON FERNANDO SIAGIAN  
188110139**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**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 2/4/24

Access From (repository.uma.ac.id)2/4/24

# **ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR *GYP SUM* TERHADAP INDEKS PLASTISITAS TANAH**

## **SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**JHON FERNANDO SIAGIAN  
188110139**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Penambahan Kapur *Gypsum* Terhadap Indeks Plastisitas Tanah  
Nama : Jhon Fernando Siagian  
NPM : 188110139  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

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

  
Dr. Bug Supriatno S.T.M.T  
Fakultas Teknik Dekan

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

Tanggal Lulus : 19 Maret 2024

### 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, 19 Maret 2024



Jhon Fernando Siagian  
188810139

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

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

Nama : Jhon Fernando Siagian  
NPM : 188110139  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pengaruh Penambahan Kapur *Gypsum* Terhadap Indeks Plastisitas Tanah. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/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 : 19 Maret 2024  
Yang menyatakan



(Jhon Fernando Siagian)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 18 Agustus 1999 dari Ayah Alm. Ir. Budiman Siagian dan Ibu Megawati Sitorus, SKm Penulis merupakan putra/i ke 3 dari 3 bersudara. Tahun 2018 Penulis lulus dari SMA/SMK 2018 dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan Gedung Menara Bank Bri Medan terdapat di Jalan Putri Hijau No.2A, Medan



## KATA PENGHANTAR

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 Analisis Pengaruh Penambahan Kapur *Gypsum* Terhadap Indeks Plastisitas Tanah. 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. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Dosen Prodi Teknik Sipil dan teman-teman 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, kritik 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



(Jhon Fernando Siagian)



## ABSTRAK

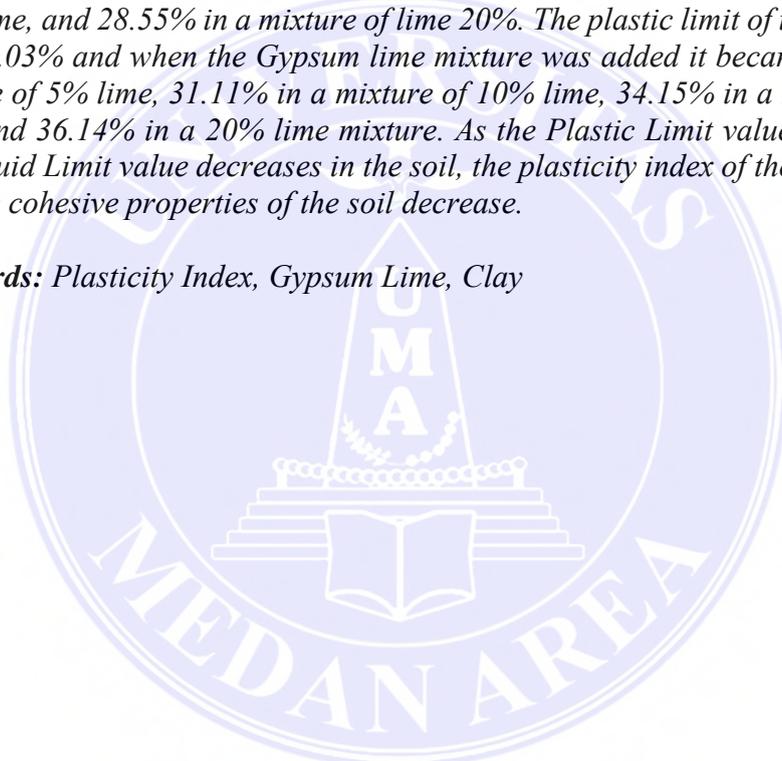
Tanah memiliki peran yang sangat penting dalam konstruksi yaitu pada bangunan gedung, jalan raya, jembatan, bendungan dan bangunan lainnya, sehingga dibutuhkan tanah dengan sifat teknis yang memadai. Pekerjaan akan menemui kesulitan bila menemui tanah yang memiliki karakteristik kembang susut yang besar, hal ini menyebabkan kerusakan terhadap bangunan yang berdiri di atasnya. Untuk memperbaiki sifat tanah gambut dalam bidang teknik sipil dilakukan dengan cara stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah pada prinsipnya untuk perbaikan mutu tanah yang tidak baik, atau meningkatkan mutu dari tanah yang sebenarnya sudah tergolong baik. Sifat tanah gambut seperti: kandungan organik yang tinggi, mudah mengalami penurunan jika terkena air, dan jika tanah mengalami kekeringan tanah mengalami pengerutan. Penambahan Kapur *Gypsum* terhadap tanah tersebut dapat menurunkan nilai batas cair tanah. Batas cair tanah aslinya 63,505% dan ketika ditambahkan campuran kapur menjadi 61,46% pada campuran 5% kapur, 53,47% pada campuran 10% kapur, 49,30% pada campuran 15% kapur, dan 28,55% pada campuran kapur 20%. Batas plastis tanah aslinya 24,03% dan ketika ditambahkan campuran kapur *Gypsum* menjadi 29,16% pada campuran 5% kapur, 31,11% pada campuran 10% kapur, 34,15% pada campuran 15% kapur, dan 36,14% pada campuran kapur 20%. Dengan naiknya nilai Batas Plastis dan turunnya Batas Cair pada tanah tersebut, maka Indeks Plastisitas tanah mengalami penurunan dan membuat sifat kohesif tanah akan semakin menurun.

**Kata Kunci:** Indeks Plastisitas, Kapur *Gypsum*, Tanah

## ABSTRACT

*Soil has a very important role in construction, namely in buildings, roads, bridges, dams and other buildings, so soil with adequate technical properties is needed. Work will encounter difficulties if you encounter soil that has large shrinkage characteristics, this causes damage to the building standing on it. To improve the properties of peat soil in the field of civil engineering, soil stabilization is carried out. Soil stabilization is in principle to improve the quality of soil that is not good, or improve the quality of soil that is actually already classified as good. The characteristics of peat soil include: high organic content, easy degradation when exposed to water, and if the soil experiences dryness the soil shrinks. Adding Gypsum Lime to the soil can reduce the liquid limit value of the soil. The liquid limit of the original soil was 63.505% and when the lime mixture was added it became 61.46% in a mixture of 5% lime, 53.47% in a mixture of 10% lime, 49.30% in a mixture of 15% lime, and 28.55% in a mixture of lime 20%. The plastic limit of the original soil was 24.03% and when the Gypsum lime mixture was added it became 29.16% in a mixture of 5% lime, 31.11% in a mixture of 10% lime, 34.15% in a mixture of 15% lime, and 36.14% in a 20% lime mixture. As the Plastic Limit value increases and the Liquid Limit value decreases in the soil, the plasticity index of the soil decreases and the cohesive properties of the soil decrease.*

**Keywords:** *Plasticity Index, Gypsum Lime, Clay*



## DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGHANTAR.....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Defisini Tanah.....	5
2.2 Klasifikasi Tanah .....	13
2.2.1 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO .....	16
2.2.2 Berat Jenis Tanah ( <i>Spescific Gravity</i> ).....	18
2.2.3 Batas Konsistensi ( <i>Atterberg Limit</i> ).....	19
2.3 Tanah Gambut.....	23
2.4 klasifikasi Tanah .....	26
2.5 Stabilisasi Tanah .....	28
2.5.1 Stabilisasi Mekanik.....	31
2.5.2 Stabilisasi Fisik .....	31
2.5.3 Stabilisasi Kimia .....	31
2.6 Modifikasi Tanah .....	31
2.7 Stabilitas Tanah Gambut.....	31
2.8 Kapur.....	32
2.9 Pematatan Tanah .....	33
2.10 <i>California Bearing Ratio (CBR)</i> .....	35
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	39
3.2 Metode Pengambilan Sampel.....	39
3.3 Bahan Uji .....	39
3.4 Metode Penelitian.....	40
3.5 Pengujian Laboratorium.....	41

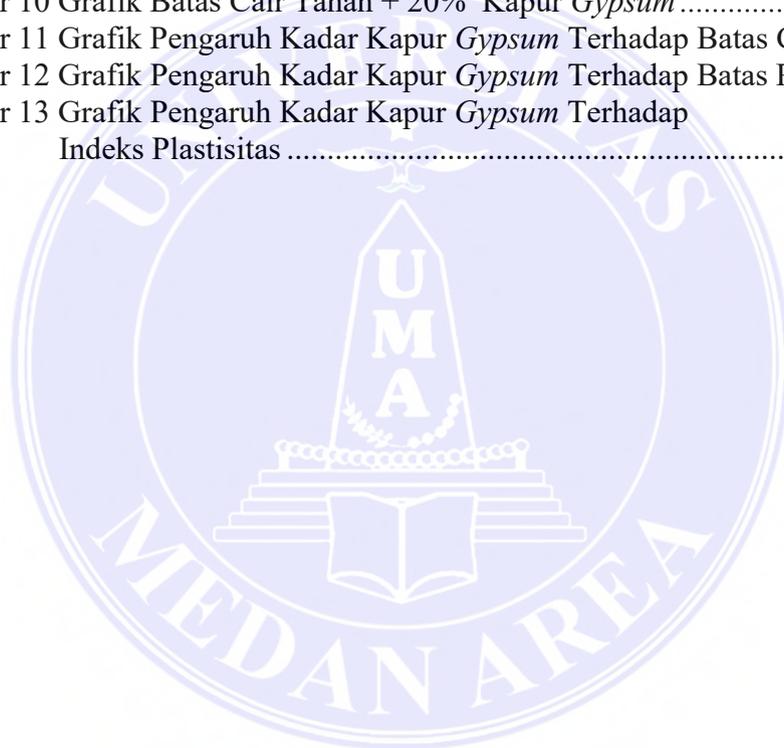
3.6	Sampel Uji.....	42
3.7	Metode Pengumpulan Data .....	42
3.8	Prosedur Penelitian.....	42
3.8.1	Pengujian Kadar Air.....	42
3.8.2	Pengujian Berat Jenis .....	43
3.8.3	Pengujian Batas-Batas Atterberg .....	44
3.9	Alur Penelitian .....	47
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		48
4.1	Hasil Penelitian .....	48
4.2	Pengujian & Perhitungan Sifat Fisis Tanah .....	48
4.2.1	Kadar Air.....	48
4.2.2	Berat Jenis .....	49
4.2.3	Batas-Batas <i>Atterberg</i> .....	50
4.3	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah .....	53
4.3.1	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 5% Kapur <i>Gypsum</i> .....	53
4.3.2	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 10% Kapur <i>Gypsum</i> .....	55
4.3.3	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 15% Kapur <i>Gypsum</i> .....	56
4.3.4	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 20% Kapur <i>Gypsum</i> .....	57
4.4	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah .....	59
4.4.1	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 5% Kapur <i>Gypsum</i> .....	60
4.4.2	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 10% Kapur <i>Gypsum</i> .....	61
4.4.3	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 15% Kapur <i>Gypsum</i> .....	62
4.4.4	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 20% Kapur <i>Gypsum</i> .....	63
4.5	Hasil Pengujian Indeks Plastis Tanah .....	65
4.5.1	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 5% Kapur <i>Gypsum</i> .....	65
4.5.2	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 10% Kapur <i>Gypsum</i> .....	65
4.5.3	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 15% Kapur <i>Gypsum</i> .....	65
4.5.4	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 20% Kapur <i>Gypsum</i> .....	65
BAB IV. SIMPULAN DAN SARAN .....		68
5.1	Kesimpulan .....	68
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA .....		70
LAMPIRAN.....		72

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Derajat kejenuhan dan kondisi tanah .....	11
Tabel 2 Nilai $n$ , $e$ , $w$ , $\gamma_s$ , $\gamma_d$ untuk tanah asli di lapangan .....	12
Tabel 3 Klasifikasi tanah untuk lapisan tanah dasar (Sistem AASHTO) .....	17
Tabel 4 Nilai Batasan Atterberg Untuk Mineral .....	22
Tabel 5 Perhitungan Batas Cair Tanah Asli .....	51
Tabel 6 Perhitungan batas plastis tanah asli.....	52
Tabel 7 Karakteristik Sifat Fisik Tanah .....	52
Tabel 8 Batas Cair Tanah + 5% Kapur <i>Gypsum</i> .....	54
Tabel 9 Batas Cair Tanah + 10% Kapur <i>Gypsum</i> .....	55
Tabel 10 Batas Cair Tanah + 15% Kapur <i>Gypsum</i> .....	56
Tabel 11 Batas Cair Tanah + 20% Kapur <i>Gypsum</i> .....	57
Tabel 12 Perhitungan Batas Plastis 5%.....	60
Tabel 13 Perhitungan Batas Plastis 10%.....	61
Tabel 14 Perhitungan Batas Plastis 15%.....	62
Tabel 15 Perhitungan Batas Plastis 20%.....	63
Tabel 16 Hasil Pengujian Batas Plastis.....	64
Tabel 17 Hasil Nilai Batas-Batas <i>Atterberg</i> Akibat Penambahan Kapur <i>Gypsum</i> .....	66

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Diagram fase tanah .....	9
Gambar 2 Batas Konsistensi <i>Atterberg</i> .....	19
Gambar 3 Kurva pada penentuan batas cair tanah .....	19
Gambar 4 Skema uji batas cair .....	20
Gambar 5 Variasi Volume Dan Kadar Air Pada Kedudukan Batas Cair, Batas Plastis, Dan Batas Susut.....	22
Gambar 6 Grafik Batas Cair Tanah + Kapur <i>Gypsum</i> .....	51
Gambar 7 Grafik Batas Cair Tanah + 5% Kapur <i>gypsum</i> .....	54
Gambar 8 Grafik Batas Cair Tanah + 10% Kapur <i>Gypsum</i> .....	55
Gambar 9 Grafik Batas Cair Tanah + 15% Kapur <i>Gypsum</i> .....	56
Gambar 10 Grafik Batas Cair Tanah + 20% Kapur <i>Gypsum</i> .....	58
Gambar 11 Grafik Pengaruh Kadar Kapur <i>Gypsum</i> Terhadap Batas Cair.....	59
Gambar 12 Grafik Pengaruh Kadar Kapur <i>Gypsum</i> Terhadap Batas Plastis ...	64
Gambar 13 Grafik Pengaruh Kadar Kapur <i>Gypsum</i> Terhadap Indeks Plastisitas .....	66



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Pengambilan Sampel Tanah .....	72
Lampiran 2 Sampel Tanah Setelah Di Oven.....	72
Lampiran 3 Pengujian Kadar Air Tanah .....	73
Lampiran 4 Pengujian Berat Jenis.....	73
Lampiran 5 Pengujian Batas Cair.....	74
Lampiran 6 Pengujian Batas Plastis .....	74



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah memiliki peran yang sangat penting dalam konstruksi yaitu pada bangunan gedung, jalan raya, jembatan, bendungan dan bangunan lainnya, sehingga dibutuhkan tanah dengan sifat teknis yang memadai. Pekerjaan akan menemui kesulitan bila menemui tanah yang memiliki karakteristik kembang susut yang besar, hal ini menyebabkan kerusakan terhadap bangunan yang berdiri di atasnya.

Tanah merupakan material utama dalam dunia konstruksi, karena semua bangunan akan bertumpu pada tanah. Tetapi tidak semua tanah baik digunakan sebagai tanah dasar suatu bangunan, sebab ada beberapa jenis tanah yang bermasalah baik dari segi daya dukung tanah dimana daya dukung terkait dengan kuat geser tanah dan stabilitas tanah yang terkait dengan deformasi atau penurunan tanah.

Salah satu jenis tanah yang bermasalah dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi adalah tanah gambut. Tanah gambut merupakan jenis tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi yang terbentuk dari sisa - sisa tumbuhan yang belum sepenuhnya membusuk karena kondisi lingkungan yang miskin hara dan jenuh air. Lahan gambut memiliki lapisan tanah hasil pelapukan sisa-sisa tumbuhan, lumut, hingga binatang mati yang umurnya sudah jutaan tahun. Tanah gambut banyak terdapat pada lahan - lahan basah seperti rawa - rawa, pantai, air payau atau cekungan.

Tanah gambut merupakan tanah yang secara fisik dan teknik kurang memenuhi

persyaratan dan ketentuan dalam pekerjaan konstruksi, karena tanah gambut memiliki kandungan air dan kompresibilitas yang sangat tinggi serta mempunyai kapasitas dukung tanah yang rendah. Meskipun demikian, dengan berbagai alasan dan pertimbangan pekerjaan konstruksi diatas endapan gambut sering terpaksa dilakukan, terutama untuk pembangunan jalan raya seperti yang ada di daerah Sumatera, Kalimantan, dan Papua.

Untuk memperbaiki sifat tanah gambut dalam bidang teknik sipil dilakukan dengan cara stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah pada prinsipnya untuk perbaikan mutu tanah yang tidak baik, atau meningkatkan mutu dari tanah yang sebenarnya sudah tergolong baik. Sifat tanah gambut seperti: kandungan organik yang tinggi, mudah mengalami penurunan jika terkena air, dan jika tanah mengalami kekeringan tanah mengalami pengerutan.

Dari uraian yang telah dikemukakan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul: Analisis pengaruh penambahan Kapur *Gypsum* terhadap Indeks Plastisitas Tanah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah ada pengaruh penambahan campuran kapur *gypsum* pada tanah ?
2. Apakah nilai Indek Plastisitas tanah gambut dapat lebih baik setelah distabilisasi menggunakan campuran kapur *gypsum*?
3. Apakah penambah campuran kapur *gypsum* dapat memperkecil penurunan tanah?

### 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan kapur *gypsum* terhadap indeks plastisitas tanah

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai indeks plastisitas tanah, penurunan lapisan tanah serta pengaruh dari campuran kapur *gypsum* terhadap tanah

### 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai apa yang diharapkan, maka tugas ini dibatasi beberapa hal adalah:

1. Melakukan pengujian karakteristik/sifat – sifat fisik tanah
2. Persentase campuran kapur *gypsum* yang digunakan pada tanah sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%
3. Pengujian dan penelitian stabilisasi tanah ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah Universitas Medan Area.

### 1.5 Manfaat Peneliiian

Manfaat pada penelitian ini dilaksanakan ialah:

1. Sebagai bekal atau ilmu bagi penulis yang dapat digunakan dalam ilmu mekanika tanah yang berkaitan dunia pekerjaan.
2. Sebagai bahan referensi bagi para peneliti dalam pengembangan pemanfaatan metode perbaikan tanah dengan penambahan campuran kapur untuk tanah gambut.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi pemerintah setempat sebagai bahan referensi dalam ilmu yang berkaitan dengan stabilisasi tanah.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Tanah

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain yang terbentuk akibat pelapukan dari batuan. Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis dan kimiawi. Secara fisis dapat diakibatkan dengan erosi oleh air, angin atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan. Sedangkan cara kimiawi, mineral batuan induk diubah menjadi mineral - mineral baru melalui reaksi kimia. Air dan karbondioksida dari udara membentuk asam - asam karbon yang kemudian bereaksi dengan mineral - mineral batuan dan membentuk mineral - mineral baru ditambah garam - garam terlarut. Akibat dari pembentukan tanah secara kimiawi, maka tanah mempunyai struktur dan sifat - sifat yang berbeda (Das, 2005)

Tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, dan sedimen yang relatif lepas di atas batuan dasar. Pembentukan tanah dari batuan induk dapat melalui proses fisik atau kimia. Proses pembentukan fisik tanah yang mengubah batuan menjadi partikel yang lebih kecil terjadi karena erosi, angin, air, es, pengaruh manusia, atau kerusakan partikel tanah karena perubahan suhu atau cuaca. Tanah mengalami pelapukan oleh reaksi kimia untuk menghasilkan sekelompok partikel koloid dengan ukuran partikel kurang dari 0,002 mm, yang disebut mineral. (Hardiyatmo, 2001). Menurut Harry Cristady Hardiyatmo (2002) tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap

diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen., karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*).

Menurut Verhoef (2010) mendefinisikan tanah sebagai kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

Menurut Suyono Sosrodarsono (1984:8) tanah didefinisikan sebagai partikel-partikel mineral yang tersemam maupun yang lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara dan atau air. Akibat

pengaruh cuaca dan pengaruh lainnya, tanah mengalami pelapukan sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butirannya. Pelapukan batuan dapat disebabkan oleh pelapukan mekanis, kimia dan organis.

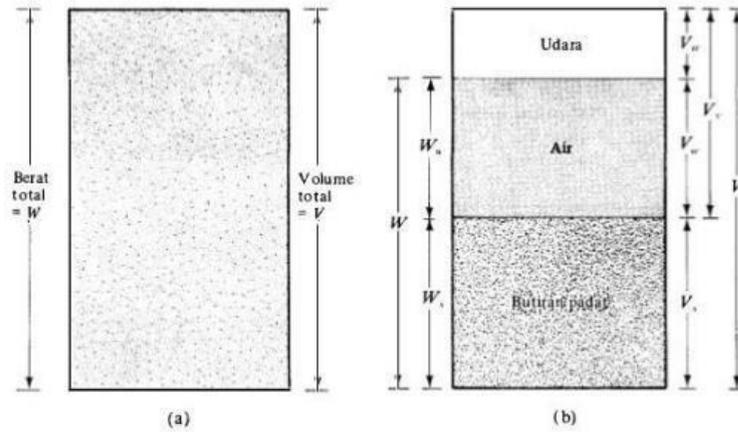
Banyak sekali istilah yang dalam dunia teknik sipil untuk membedakan berbagai jenis tanah misalnya pasir, kerikil, dan lanau. Yang membedakan jenis tanah tersebut adalah karakteristik yang dimiliki oleh masing-masing tanah tersebut. Karena memiliki berbagai macam karakteristik, tentunya mempengaruhi terhadap daya dukung tanah tersebut. Besarnya nilai daya dukung tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: jenis dari tanah asli, tingkat kepadatan tanah, kandungan kadar air beserta faktor lainnya.

Menurut Braja M. Das, (2017), Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran), mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah mengalami pelapukan (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong antara partikel-partikel padat tersebut.

Menurut mekanika tanah yang disebut tanah merupakan seluruh endapan alam yang berhubungan dengan teknik sipil, kecuali batuan tetap. Tanah merupakan lapisan teratas dari lapisan bumi. Ciri khas dan sifat tanah pada setiap lokasi berbeda-beda. Tanah juga dapat didefinisikan sebagai akumulasi partikel-partikel mineral yang tidak memiliki maupun yang memiliki ikatan lemah pada pertikelnya, yang terbentuk dari batuan. Pada partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang merupakan pori tanah yang berisi air dan udara. Penyebab terdapatnya ikatan lemah pada partikel-partikel tanah adalah karbonat dan oksida yang bersenyawa pada

partikel-partikel tanah tersebut, atau penyebab lainnya karena adanya material organik. Jika hasil dari pelapukan berada di tempat semula maka disebut sebagai tanah sisa (*residu soil*). Bila hasil pelapukan berpindah ke tempat lain dan mengendap pada tempat yang berlainan maka akan disebut tanah bawaan (*transportation soil*), perpindahan hasil dari pelapukan dipengaruhi oleh gravitasi bumi, angin, air, dan gletser. Ketika akan mengalami perpindahan tempat, ukuran, dan bentuk partikel dapat berubah dan terbagi pada beberapa ukuran. Secara umum komposisi tanah terdiri dari butiran tanah, air dan udara yang terdapat di ruang-ruang antara butir-butir. Ruang-ruang tersebut merupakan pori (*voids*) jika tanah pada kondisi kering maka tidak terdapat pori tanah dan air tanah, kondisi ini merupakan hal yang jarang ditemukan pada tanah asli pada lapangan. Tanah memiliki peranan yang sangat penting dalam perencanaan struktur karena tanah memiliki fungsi untuk mendukung atau menopang beban yang berada di atasnya, maka dari itu tanah harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai dasar konstruksi (Hary Christady Hardiyatmo, 2016).

Berdasarkan komponennya tanah terdiri dari 3 komponen, yaitu udara, air, dan bahan padat. Ruang di antara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga terisi udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagian. Tanah kering adalah tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol.



Gambar 1 Diagram fase tanah (Hardiyatmo, 2002)

Dengan :

$W_s$  = Berat butiran padat

$W_w$  = Berat air

$V_s$  = Volume butiran padat

$V_w$  = Volume air

$V_a$  = Volume udara

$V_v$  = Volume Rongga

Berat udara ( $W_a$ ) pada tanah dianggap sama dengan nol. Hubungan antara volume yang sering digunakan dalam mekanika tanah adalah kadar air ( $w$ ), angka pori ( $e$ ), porositas ( $n$ ) dan derajat kejenuhan ( $s$ ).

Kadar air ( $w$ ) merupakan salah satu perbandingan antara nilai berat air dan berat butiran padat dalam tanah tersebut dan dinyatakan dalam bentuk persen.

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Dimana:

$W_w$  = berat air

$W_s$  = berat butiran padat

Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ), merupakan perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara ( $W$ ) dengan volume total tanah ( $V$ ).

$$\gamma_b = \frac{W}{V}$$

Dimana:

$W$ = berat butiran tanah

$V$ = Volume total tanah

Sedangkan berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) adalah perbandingan antara berat butiran dengan volume total tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

Dimana:

$W_s$ = berat butiran

$V$ = volume total tanah

Berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) adalah perbandingan antara berat butiran padat ( $W_s$ ) dengan volume butiran padat ( $V_s$ )

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

Dimana:

$W_s$ = berat butiran padat

$V_s$ = volume butiran padat

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) tanah ( $G_s$ ) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ), dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ), pada temperatur 20 C.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Dimana:

$\gamma_S$  = berat volume butiran padat

$\gamma_W$  = berat volume air

$G_s$  tidak berdimensi, berat jenis dari berbagai jenis tanah berbeda-beda bergantung dari jenis tanah penyusunnya, berat jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Nilai berat jenis  $G_s = 2,67$  biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkoheisi. Sedangkan untuk tanah kohesif tak organik berkisar antara 2,68 sampai 2,72.

Derajat kejenuhan ( $s$ ), adalah perbandingan volume air dengan volume total rongga pori tanah ( $V_s$ ), biasanya dinyatakan dalam persen.

$$S(\%) = \frac{V_w}{V_v}$$

Dimana:

$V_w$  = volume air

$V_v$  = volume total rongga pori tanah

Bila tanah dalam keadaan jenuh air, maka  $S = 1$ . Berikut ini tabel yang menunjukkan berbagai macam derajat kejenuhan tanah untuk maksud klasifikasi tanah.

Derajat kejenuhan dan kondisi tanah disajikan pada Tabel 1 (Sumber Hardiyatmo, 2002)

Tabel 1 Derajat kejenuhan dan kondisi tanah (Hardiyatmo, 2002)

Kondisi Tanah	Derajat Kejenuhan (S)
Tanah Kering	0
Tanah agak lembab	> 0 – 0,25
Tanah lembab	0,26 – 0,50
Tanah sangat lembab	0,51 – 0,75

Lanjutan Tabel 1

Tanah basah	0,76 – 0,99
Tanah jenuh air	1

Dari persamaan-persamaan tersebut di atas dapat dibentuk hubungan antar masing-masing persamaan, yaitu :

Berat volume tanah basah dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$\gamma_s = \frac{G_s \cdot \gamma (1 + w)}{1 + e}$$

Untuk tanah yang jenuh air maka persamaan menjadi :

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s 1 + w)}{1 + e}$$

Untuk tanah yang kering sempurna maka persamaan menjadi :

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s \cdot \gamma_w)}{1 + e}$$

Bila tanah terendam air, berat volume apung atau berat volume efektif dinyatakan sebagai  $\gamma'$ , dengan:

$$\gamma' = \frac{(G_s - 1)w}{1 + e}$$

$$\gamma_s = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Dengan  $\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$  atau  $9,81 \text{ kN/m}^3$

Nilai-nilai porositas, angka pori dan berat volume pada keadaan asli di alam dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Terzaghi disajikan Tabel 2.

Tabel 2. Nilai n, e, w,  $\gamma_s$ ,  $\gamma_d$  untuk tanah asli di lapangan, (Hasil penelitian, 2023)

Macam Tanah	N (%)	e	W (%)	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_b$ (kN/m <sup>3</sup> )
Pasir seragam tidak padat	46	0,85	32	14,3	18,9
Pasir seragam tidak padat	34	0,51	19	17,5	20,9

Lanjutan Tabel 2

Pasir berbutir campuran tidak padat	40	0,67	25	15,9	19,9
Pasir berbutir campuran padat	30	0,43	16	18,6	21,6
Tanah lunak sedikit organik	66	1,90	70	-	15,8
Tanah lunak sangat organik	75	3,00	110	-	14,3

## 2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 2017).

Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Adha 2014).

Dalam ilmu mekanika tanah terdapat dua sistem klasifikasi yang umum dikelompokkan. kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg, sistem-sistem tersebut adalah :

- a. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)*

Sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the*

*Highway Research Board* pada tahun 1945 (*American Society for Testing and Materials*) (ASTM) Standar No. D-3282, AASHTO model M105). Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (subbase) dan tanah dasar (subgrade). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud dan tujuan aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau. Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

- 1) Ukuran Butir Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm). Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm). Lanau: bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.
- 2) Plastisitas Plastisitas merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak – retak atau remuk. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat.

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

Apabila dalam sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasi tanah, maka data dari uji di cocokkan dengan angkaangka yang diberikan dalam Tabel 1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai (Das, 2011).

b. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System (USCS)*

Klasifikasi ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 2005). Pada sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga kelompok besar, yaitu :

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk tanah anorganik, dan O untuk lanau organik dan tanah organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.
- 3) Tanah organik (Gambut/Humus), secara laboratorium dapat ditentukan jika perbedaan batas cair tanah

contoh yang belum dioven dengan yang telah dioven sebesar > 25%. Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah W – untuk gradasi baik (*Wells graded*), P – gradasi buruk (*poorly graded*), L – plastisitas tinggi (*low plasticity*) dan H – plastistas tinggi (*high plasticity*)

### 2.2.1. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) bertujuan untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini bertujuan untuk maksud-maksud lingkup tersebut (Hary Christady Hardiyatmo, 2016)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini mengalami beberapa perubahan yaitu versi yang saat ini berlaku yang diajukan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145) (Braja M. Das, 2017).

Pada sistem klasifikasi AASHTO tanah dibagi menjadi & bagian besar, yaitu A-1 sampai A-7 termasuk sub-sub kelompok. Tanah yang termasuk pada bagaian A-1, A-2, A-3, merupakan tanah yang memiliki ukuran butiran 35% atau kurang dari 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah yang lolos ayakan no.200. Jika butiran tanah lebih dari 35% lolos ayakan no.200 diklasifikasikan pada kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran yang termasuk pada kelompok A-4 sampai A-7 sebagian besar adalah lanau (Braja M. Das, 2017. Sistem

klasifikasi ini berdasarkan pada kriteria berikut:

a) Ukuran butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan pada diameter 75mm dan tertahan pada ayakan no.200

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan no.10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan no.200 (0,075 mm)

Lanau: bagian tanah yang lolos ayakan no.200

b) Plastisitas

Tanah berlanau digunakan jika bagian-bagian yang halus pada tanah memiliki indeks plastisitas (*plasticity index*) bernilai 10 atau kurang.

Tanah digunakan jika pada bagian-bagian halus pada tanah memiliki nilai indeks plastisitas bernilai 11 atau lebih.

c) Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75mm) ditemukan pada contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan tersebut harus dikeluarkan. Dan jumlah dari batuan yang dikeluarkan harus dicatat.

Menurut Braja M. Das,2017 jika sistem AASHTO digunakan untuk mengklasifikasikan tanah, maka hasil dari uji coba disesuaikan dengan angka-angka yang diberikan kemudian dibaca dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai, berikut diberikan pada tabel 3

Tabel 3. Klasifikasi tanah untuk lapisan tanah dasar (Sistem AASHTO)

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir ( 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no.200)				
	A-1		A-3	A-2	
Klasifikasi Ayakan	A-1 a	A-1 B		A-2-4	A-2-7
Analisa Ayakan (% Lolos)					
No.10	Maks 50				
No. 40	Maks 30	Maks 50	Maks 51		

Lanjutan Tabel 3

No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan N, 40	Maks 6		NP		
Batas cair (LL)				Maks 40	Maks 41
Indeks Plastisitas (PI)				Maks 10	Min 10
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah Kerikil pasir	Pasir Halus		Kerikil dan pasir yang berlanau	
Penilaian sebagai bahan dasar	Baik sekali sampai baik				
Klasifikasi Umum			Tanah Berbutir		
( 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no.200)					
Klasifikasi Ayakan	A-4	A-5		A-7 A-7-5* A-7-5	
Analisa Ayakan (% Lolos)					
No.10					
No. 40					
No. 200	Min 36	Min 36	Min 36		Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan N, 40					
Batas cair (LL)	Maks 40	Maks 41	Maks 40		Maks 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 10	Maks 10	Maks 10		Min 10
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan dasar	Baik sekali sampai baik				

### 2.2.2 Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*/ ( Gs )

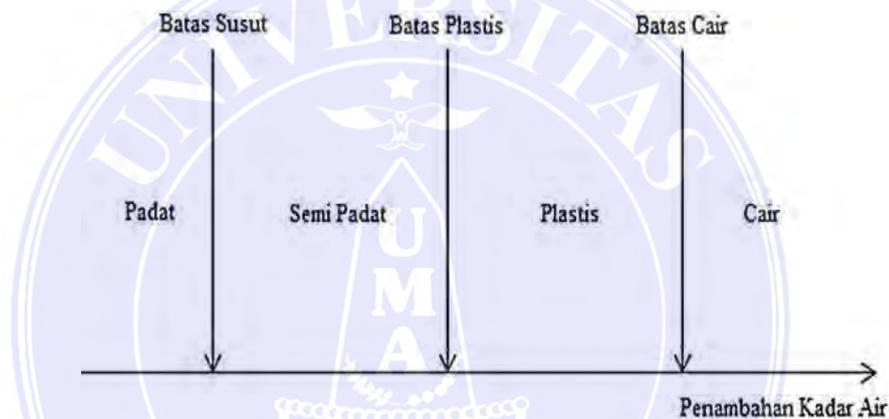
Harga *specific gravity* (Gs) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium

Sebagian dari mineral – mineral mempunyai *specific gravity* berkisar antara 2,6 sampai dengan 2,9. *Specific gravity* dari bagian padat tanah pasir yang berwarna terang, umumnya sebagian besar terdiri dari *quartz*, dapat diperkirakan sebesar 2,65 untuk tanah berlanau, harga tersebut berkisar antara 2,6 – 2,9.

Berat isi dalam tanah didefinisikan sebagai rasio antara berat jenis zat pada partikel tanah dengan berat isi air seperti yang di tunjukkan pada persamaan (2.5) di atas.

### 2.2.3 Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

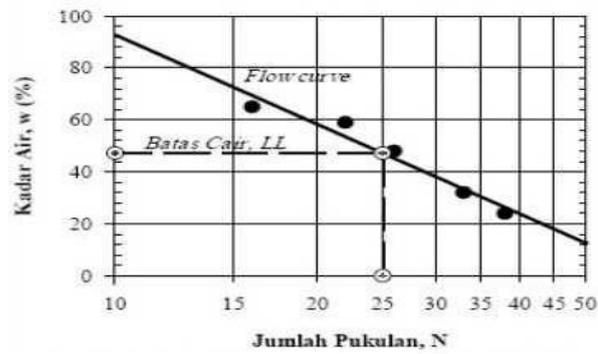
Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Menurut Atterberg batas-batas konsistensi tanah berbutir halus tersebut adalah batas cair, batas plastis, batas susut. Batas konsistensi tanah ini didasarkan kepada kadar air yaitu:



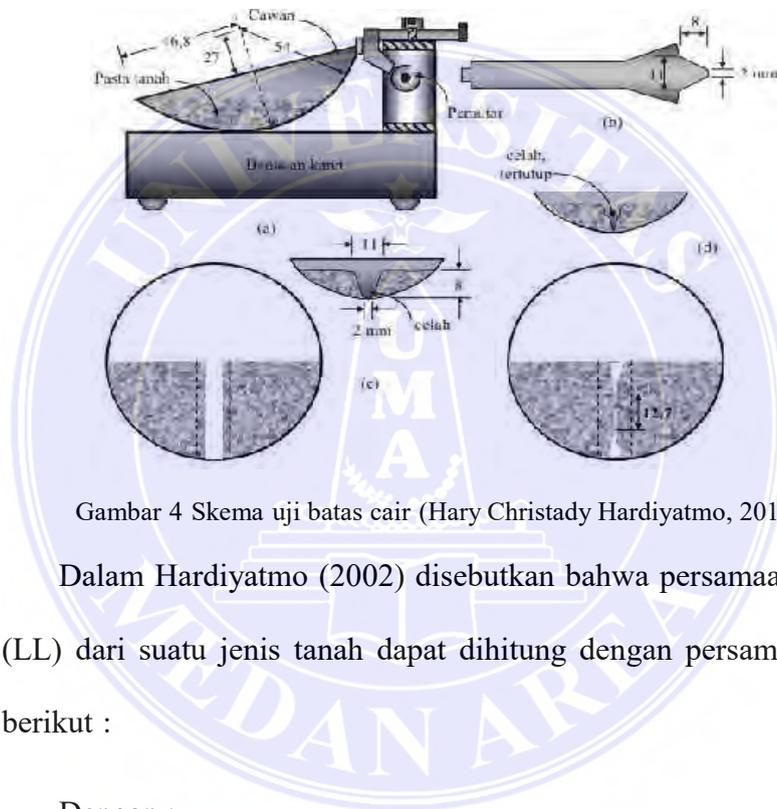
Gambar 2. Batas Konsistensi Atterberg (Hardiyatmo, 2002)

#### 1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Alat uji batas cair dapat di lihat pada Gambar 2 berupa cawan *Casagrande*. prosentase kadar air yang di butuhkan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm pada dasar cawan setelah lebih dari 25 kali ketukan didefinisikan sebagai batas cair dari jenis tanah tersebut. Kurva penentuan batas cair dapat di lihat pada Gambar.



Gambar 3. Kurva pada penentuan batas cair tanah (Hardiyatmo, 2002)



Gambar 4 Skema uji batas cair (Hary Christady Hardiyatmo, 2016)

Dalam Hardiyatmo (2002) disebutkan bahwa persamaan batas cair (LL) dari suatu jenis tanah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

Dengan :

$N$  = Jumlah pukulan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm

$W_n$  = Kadar air

$Tg \beta = 0,121$  (tapi  $tg \beta$  tidak selalu = 0,121 untuk jenis tanah yang berbeda)

## 2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pengertian batas plastisitas adalah sifat tanah dalam keadaan konsistensi, yaitu cair, plastis, semi padat, atau padat bergantung pada kadar airnya. Kebanyakan dari tanah berbutir halus yang ada di alam dalam keadaan plastis. Secara umum semakin besar plastisitas tanah, yaitu semakin besar rentang kadar air daerah plastis maka tanah tersebut akan semakin berkurang kekuatan dan mempunyai kembang susut yang semakin besar.

$$PI = LL - PL$$

Dimana :

PI = *Plastis Indeks* (%)

LL = *Liquid Limit* (%)

PL = *Plastis Limit* (%)

Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, dan macam tanah, berbagai tanah berbeda-beda hal itu tergantung jenis butiran tanah penyusunnya.

## 3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Suatu tanah akan mengalami penyusutan bila kadar air secara perlahan-lahan hilang dari dalam tanah. Dengan hilangnya air terus menerus akan mencapai suatu tingkat keseimbangan, dimana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume tanah.

Batas susut dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$SL = \left\{ \frac{(M1 - M2)}{M2} - \frac{(V1 - V2)}{M2} \right\} \times 100\%$$

Dengan :

M1 = Berat tanah basah dalam cawan percobaan ( g )

M2 = Berat tanah kering dalam oven ( g )

V1 = Volume tanah basah dalam cawan ( cm<sup>3</sup> )

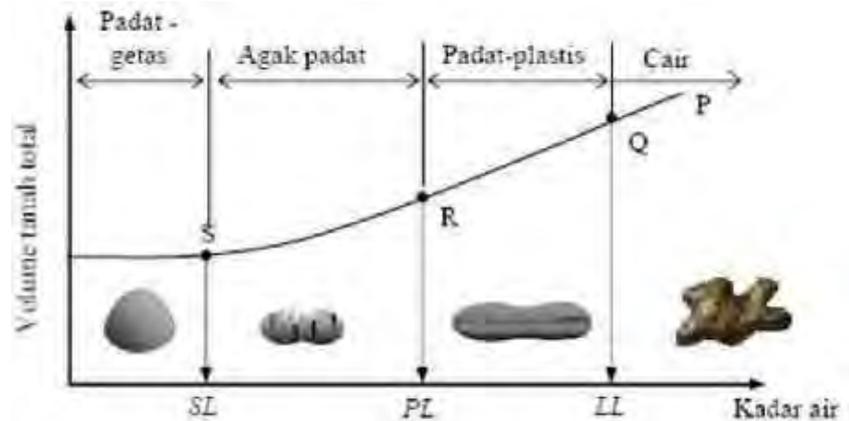
V2 = Volume tanah kering dalam oven ( cm<sup>3</sup> )

μW = Berat volume air ( g/cm<sup>3</sup> )

Kandungan mineral montmorillonite mempengaruhi nilai batas konsistensi. Semakin besar kandungan mineral montmorillonite semakin besar batas cair dan indeks plastisitas serta semakin kecil nilai batas susut dan batas plastisnya (Hardiyatmo, 2006). Angka-angka batasan Atterberg untuk bermacam-macam mineral dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Nilai Batasan Atterberg Untuk Mineral (Hardiyatmo, 2002)

Mineral	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut
Monmorillonite	100 - 900	50 - 100	8,5 - 15
Montronite	37 - 72	19 - 72	-
Illite	60 - 120	35 - 60	15 - 17
Kaolinite	30 - 110	25 - 60	25 - 29
Halloysite	50 - 70	47 - 60	-
Terhidrasi	35 - 55	30 - 45	-
Halloysite	160 - 230	100 - 120	-
Attapulgit	44 - 47	36 - 40	-
Chlorite	200 - 250	130 - 140	-
<u>Allophane</u>			



Gambar 5 Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susut, (1995)

Kadar air dapat mempengaruhi perubahan volume tanah seperti yang terlihat dalam Gambar 5 diatas. Hal tersebut juga dapat mempengaruhi jenis tanahnya seperti tanah kohesif ataupun non kohesif. Kesimpulannya adalah tanah kohesif seperti tanah memiliki perbedaan dengan tanah non kohesif seperti pasir. Perbedaan tersebut adalah:

Tahanan friksi tanah kohesif < tanah non kohesif.

1. Kohesi tanah > tanah granular.
2. Permeability tanah < tanah berpasir.
3. Pengaliran air pada tanah lebih lambat dibandingkan pada tanah berpasir.
4. Perubahan volume pada tanah lebih lambat dibandingkan pada tanah granular.

### 2.3 Tanah Gambut

Tanah gambut adalah sisa-sisa tumbuhan mati yang terdapat di rawa-rawa membentuk lumpur coklat hitam, mengalami proses anaerobik terjadi pembusukan (dekomposisi) (Ruslan, 1981). Menurut Hardowigeno (1986) dalam Agus dan

Subiksa (2008) menyebutkan bahwa tanah gambut merupakan tanah yang terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanah yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Timbunan terus bertambah karena proses dekomposisi terhambat oleh kondisi anaerob dan/atau kondisi lingkungan lainnya yang menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. Pembentukan tanah gambut merupakan proses deposisi dan transportasi yang berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral pada umumnya yang merupakan proses pedogenik.

London (1984) dalam Sukiman (2011) menyebutkan bahwa dua istilah untuk nama lain dari tanah gambut yaitu "*Peat*" dan "*Muck*". *Peat* adalah bahan organik yang terlonggok dalam keadaan basah yang berlebihan, bersifat tidak mampat (*Unconsolidated*) dan tidak terombak atau hanya agak terombak sedangkan *Muck* adalah bahan organik yang telah terombak jauh, yang bagian-bagian tumbukan semula tidak dikenali lagi, mengandung lebih banyak bahan mineral dan biasanya berwarna lebih gelap daripada peat.

Indonesia memiliki lahan gambut terluas diantara negara tropis, yaitu sekitar 21 juta ha, yang tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua (Litbang SDLP, 2008 dalam Agus dan Subiksa, 2008). Perluasan pemanfaatan lahan gambut meningkat pesat di beberapa provinsi yang memiliki area gambut luas, seperti Riau, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Namun karena variabilitas lahan ini sangat tinggi, baik dari segi ketebalan gambut, kematangan maupun kesuburannya, tidak semua lahan gambut layak untuk dijadikan area pertanian dan juga area pembangunan konstruksi. Faktor pembatas utama adalah kondisi media perakaran dan unsur hara 5 yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman. Dari 18,3 juta ha lahan gambut di pulau-pulau utama Indonesia, hanya

sekitar 6 juta ha yang layak untuk pertanian (Agus dan Subiksa, 2008)

Potensi lahan gambut sebagai lahan pertanian di Indonesia cukup luas sekitar 6 juta ha. Pemanfaatannya sebagai lahan pertanian memerlukan perencanaan yang cermat dan teliti, penerapan teknologi yang sesuai, dan pengelolaan yang tepat karena ekosistemnya yang marginal dan fragile. Lahan gambut sangat rentan terhadap kerusakan lahan, yaitu kerusakan fisik (*subsiden dan irreversible drying*) serta kerusakan kimia (defisiensi hara dan unsur beracun). Pengembangan pertanian di lahan gambut menghadapi kendala antara lain tingginya asam-asam organik. Pengaruh buruk asam-asam organik yang beracun dapat dikurangi dengan teknologi pengelolaan air dan menambahkan bahan-bahan yang banyak mengandung kation polivalen seperti Fe, Al, Cu dan Zn. Kahat unsur hara untuk memberikan hasil yang optimal pada sistem usaha tani dapat dilakukan dengan tindakan ameliorasi dan pemupukan (Ratmini, 2012).

Lahan gambut memiliki karakteristik sifat kimia tanah gambut di Indonesia sangat bervariasi tergantung pada tingkat kesuburan dan kematangannya, kedalaman lapisan, jenis tanaman penyusun gambut, jenis bahan organik pembentuknya, tingkat dekomposisi gambut dan jenis lapisan bawahnya. Karakteristik ini yang membedakan dengan tanah mineral, sehingga membutuhkan penanganan khusus dalam pengelolaannya. Gambut ombrogen dominan memiliki tingkat kesuburan yang rendah dibanding dengan gambut tapogen, hal ini karena gambut ombrogen tidak dapat pengkayaan mineral (Alwi, 2006).

Jika dibandingkan dengan tanah mineral, kemampuan tanah gambut dalam menyimpan dan meyerap air jauh lebih besar. Hal ini disebabkan oleh dominannya komposisi bahan organik pada tanah gambut. Mutalib et al. (1991) dalam Agus dan

Subiksa (2008) menyebutkan bahwa kadar air tanah gambut berkisar antara 100-1300% dari berat keringnya. Tingginya kadar air tanah gambut menyebabkan nilai berat volume menjadi rendah sehingga tanah gambut menjadi lembek dan daya menahan bebannya (*bearing capacity*) menjadi rendah.

Pada konstruksi jalan beban kendaraan disalurkan melalui roda kendaraan dari lapisan perkerasan hingga akhirnya di terima oleh tanah dasar. Tanah gambut memiliki sifat yang kurang baik dan sangat tidak ekonomis jika dijadikan tanah dasar suatu jalan, untuk itu perlu dilakukan stabilisasi baik mekanis maupun kimiawi.

#### 2.4 Klasikasi Tanah

Secara umum dalam klasifikasi tanah, tanah dikenal sebagai Organosol atau Histosols yaitu tanah yang memiliki lapisan bahan organik dengan berat jenis (BD) dalam keadaan lembab  $< 0,1 \text{ g cm}^{-3}$  dengan tebal  $> 60 \text{ cm}$  atau lapisan organik dengan  $\text{BD} > 0,1 \text{ g cm}^{-3}$  dengan tebal  $> 40 \text{ cm}$  (Agus, F. dan I.G. M. Subikasi 2008).

Tanah di Indonesia sebagian besar tergolong mesotrofik dan oligotrofik. Tanah eutrofik di Indonesia hanya sedikit dan umumnya tersebar di daerah pantai dan di sepanjang jalur aliran sungai. Tingkat kesuburan gambut ditentukan oleh kandungan bahan mineral dan basa-basa, dan ketebalan lapisan gambut (Agus, F. dan I.G. M. Subikasi 2008).

Tanah diklasifikasi lagi berdasarkan berbagai sudut pandang yang berbeda : dari tingkat kematangan, kedalaman, kesuburan dan posisi pembentukannya. Berdasarkan tingkat kematangannya, tanah dibedakan menjadi:

- a. Tanah saprik (matang) adalah tanah yang sudah melapuk lanjut dan

bahan asalnya tidak dikenali, berwarna coklat tua sampai hitam, dan bila diremes kandungan seratnya < 15%

- b. Tanah hemik (setengah matang) adalah tanah setengah lapuk, sebagian bahan asalnya masih bisa dikenali, berwarna coklat, dan bila diremas bahan seratnya 15 – 75%.
- c. Gambut fibtik (mentah) adalah tanah yang belum melapuk, bahan asalnya masih bisa dikenali, berwarna coklat, bila diremes > 75% seratnya masih tersisah. Berdasarkan tingkat kesuburannya, tanah dibedakan menjadi:
  - d. Tanah tanah eutrofik adalah tanah yang subur yang kaya akan bahamineral dan basa-basa serta unsur hara lainnya. Tanah yang relatif suburbiasanya adalah tanah yang tipis dan dipengaruhi oleh sedimen sungai atau laut.
  - e. Mesotrofik adalah tanah yang agak subur karena memiliki kandungan mineral dan basa-basa sedang.
  - f. Tanah oligotrofik adalah tanah yang tidak subur karena miskin mineral, banyak kotoran-kotoran campuran nya di dalam tanah dan basa – basa.

Berdasarkan lingkungan pembentukannya, tanah dibedakan atas:

- g. Tanah ombrogen yaitu tanah yang terbentuk pada lingkungan yang hanya di pengaruhi oleh air hujan,
- h. Tanah topoge yaitu tanah yang terbentuk di lingkungan yang mendapat pengayaan air pasang. Dengan demikian tanah topogen akan lebih kaya mineral dan lebih subur dibandingkan dengan tanah ombrogen.

Berdasarkan kedalamannya gambut dibedakan menjadi :

- a. Lempung dangkal (50 – 100 cm),
- b. Lempung sedang (100-200 cm),
- c. Lempung dalam (200-300 cm),
- d. Lempung sangat dalam (>300 cm) Berdasarkan proses dan lokasi pembentukannya, lempung dibagi menjadi :
- e. Lempung pantai adalah lempung yang terbentuk dekat pantai laut dan mendapat pengayaan mineral dari air laut
- f. Lempung pedalamaan adalah lempung yang terbentuk di daerah yang tidak dipengaruhi oleh pasang surut air laut tetapi hanya oleh air hujan.
- g. Lempung transisi adalah lempung yang terbentuk di antara kedua wilayah tersebut, yang secara tidak langsung dipengaruhi oleh air pasang laut

## 2.5 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi Tanah merupakan usaha perbaikan kualitas tanah yang tidak atau kurang baik untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan beban serta untuk meningkatkan kestabilan tanah. Stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 2 (Hardiyatmo, 2013), yaitu :

- a. Stabilisasi mekanis. Stabilisasi ini dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat kekuatan tertentu.
- b. Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah atau stabilisasi secara kimiawi bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah akibat reaksi kimia dari bahan dan tanah.

Dalam perancangan konstruksi bangunan sipil, sering ditemukan lapisan

tanah yang memiliki daya dukung rendah (*low strength*), yang sangat mempengaruhi berbagai tahapan rancang-bangun konstruksi, baik dalam tahap perencanaan (*design*), tahap pelaksanaan (*perform*), maupun tahapan operasional dan pemeliharaan (*Operational and Maintenance*) (H. Darwis, 2017).

Sebagai salah satu hal penting dalam mendukung sebuah konstruksi tetap aman, tanah sebagai penahan beban haruslah memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban dari konstruksi. Stabilisasi tanah adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan atau memodifikasi struktur lapisan tanah agar dapat menaikkan daya dukung tanah, mempertahankan kekuatan geser dan mengurangi terjadinya deformasi tanah. Menurut Bowles (1991) dalam Jatmiko (2014), beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilkan tanah adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang terjadi.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
5. Mengganti tanah yang buruk.

Adapun salah satu jenis dari stabilisasi tanah adalah stabilisasi kimia, yaitu stabilisasi dengan menggunakan bahan-bahan kimia yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia, dan menghasilkan senyawa baru yang bersifat stabil dari pada senyawa yang terdapat dalam massa tanah sebelum stabilisasi di lakukan. Salah satu contoh stabilisasi kimia pada tanah yaitu stabilisasi dengan semen (H.

Darwis, 2017).

Semua tindakan mengubah sifat-sifat asli dari pada tanah, untuk disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi adalah merupakan tindakan yang dapat dikategorikan sebagai upaya stabilisasi tanah. Secara khusus pengertian stabilisasitanah juga dapat dilihat dari berbagai definisi yang dikemukakan beberapa ahli, antara lain:

1. Ruston Paving Company Inc., menyatakan bahwa “stabilisasi tanah adalah perubahan fisik dan kimia permanen dari tanah dan agregat untuk meningkatkan sifat tekniknya sehingga meningkatkan daya dukung sub-grade atau susb-basis untuk mendukung perkerasan dan pondasi .
2. Punmia (1980), menyatakan bahwa stabilisasi tanah dalam pengertian luas mencakup berbagai metode yang digunakan untuk memodifikasi sifat tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya. Dalam hal ini menurut Punmia bahwa tujuan utama dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan kekuatan atau stabilisasi tanah dan mengurangi biaya konstruksi dengan memanfaatkan sebaik-baiknya bahan yang tersedia secara lokal.
3. Ingles & Metcalf (2009), mengatakan bahwa perubahan sifat tanah untuk memenuhi persyaratan teknik tertentu, dikenal sebagai stabilisasi tanah
4. Jon A. Epps et al. (1971), mengatakan stabilisasi tanah adalah tindakan untuk memperbaiki sifat rekayasa tanah (*soil properties*).
5. Winterkorn (1975), menyatakan bahwa stabilisasi tanah adalah istilah kolektif untuk metode fisik, kimia, atau biologi, atau kombinasi metode semacam itu, yang digunakan untuk memperbaiki sifat tertentu dari tanah alami agar sesuai dengan tujuan rekayasa yang tepat.

6. Menurut Lambe (1962), mendefinisikan stabilisasi tanah sebagai perubahan dari setiap property tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya (*soil stabilization as "the alteration of any property of a soil to improve its engineering performance"*), dalam pengertian ini Lambe memakai sifat-sifat tanah (*soil property*) mencakup sifat mikroskopis dan makroskopis dari massa tanah

### 2.5.1 Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik adalah stabilisasi yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan tanah yang maksimum yang dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan (*pounder*), ledakan (*explosive*), tekanan statis, tekstur, pembekuan, dan pemanasan.

### 2.5.2 Stabilisasi Fisik

Stabilisasi fisik adalah stabilisasi yang dilakukan untuk merubah sifat-sifat tanah dengan cara pemanasan (*heating*), pendinginan (*cooling*), dan menggunakan arus listrik. Salah satu jenis stabilisasi fisik yang sering dipakai adalah pemanasan

### 2.5.3 Stabilisasi Kimia

Stabilisasi kimia adalah stabilisasi yang dilakukan dengan memberikan bahan kimia pada tanah sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan sifat-sifat tanah tersebut. Pencampuran kimia yang sering dilakukan adalah dengan menambahkan semen, kapur, abu batu bara, aspal dan lain sebagainya pada tanah.

## 2.6. Modifikasi Tanah

Istilah modifikasi digunakan untuk menggambarkan suatu proses stabilisasi tanah yang hanya ditujukan untuk perbaikan sifat-sifat tanah, tapi tidak ditujukan untuk menambah kekuatan maupun keawetan tanah.

## 2.7. Stabilisasi Tanah Gambut

Menurut Ingels dan Metcalf (dalam Sosrodarsono, 2000), sifat-sifat tanah yang diperbaiki dengan stabilisasi dapat meliputi: kekuatan/daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan/keawetan. Dan menurut Ingles dan Metcalf stabilisasi kapur dapat mengubah tanah menjadi gumpalan- gumpalan partikel. Banyaknya kapur yang digunakan berkisar antara 5-10%, yang menghasilkan konsentrasi ion kalsium lebih besar dari yang diperlukan sebenarnya. Sedangkan pada penelitian ini digunakan campuran abu sekam padi dengan kadar kapur yang relatif lebih rendah. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki ciri-ciri kembang susut yang besar akibat peristiwa kapiler atau perubahan pada kadar airnya (Muntohar, 2014)

Pencampuran abu sekam padi (RHA) pada tanah asli memberikan pengaruh terhadap parameter kuat geser tanah yaitu kohesi dan sudut geser (Apsa Al Hazzi, 2021). Dengan penambahan abu sekam padi dan difa soil stabilizer kondisi tanah mengalami perubahan pada parameter sifat fisis dan mekanis. Pada parameter kadar air mengalami penurunan dan pada parameter berat jenis tanah mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya prosentase bahan stabilitor, selain itu terjadi penurunan pada parameter atterberg limit. (Lutfia Endah Suciari, 2021)

## 2.8 Kapur

Kapur sebagai bahan stabilisasi, biasanya digunakan kapur mati (*slake lime*) atau kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), dan kapur hidup (*quick lime*) atau kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ). Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) lebih efektif pada kasus-kasus tertentu, kapur jenis ini mempunyai kelemahan pada pelaksanaannya, yaitu menyebabkan alat-alat mudah berkarat dan berbahaya terhadap keselamatan pekerja. Dalam pelaksanaan stabilisasi, kapur yang sering digunakan adalah kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), sedangkan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) kurang efektif sebagai bahan stabilisasi kecuali sebagai pengisi (Ingles dan Metcalf, 2009).

Kapur sebagai bahan pemadatan guna stabilisasi tanah mulai sering digunakan. Kapur sendiri dinilai memiliki kemampuan dan reaksi yang baik terhadap tanah. Menurut Soehardi dkk (2017), Kapur dihasilkan dari pembakaran Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau batu kapur alam (*natural limestone*) dengan pemanasan 9800 C karbon dioksidanya dilepaskan sehingga tinggal kapurnya saja ( $\text{CaO}$ ). Menurut M. Suherman (2002) reaksi kapur dengan tanah dinilai mampu menaikkan daya dukung tanah yakni: a. Absorpsi air, berakibat turunnya persentase kandungan air dalam tanah. b. Pertukaran ion, berakibat meningkatnya kekuatan konsistensi tanah.

## 2.9 Pemadatan Tanah.

Pemadatan adalah proses yang memakai tenaga dinamik untuk menjadikan tanah lebih padat dan sekaligus mengeluarkan udara. Pemadatan juga berfungsi untuk mencari hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, perlu diadakan pengujian pemadatan (Hardiyatmo, 1995). Teori pemadatan pertama kalinya dikembangkan oleh R.R.

Proctor. Metode yang orisinil dilaporkan melalui serangkaian artikel dalam Engineering New Record. Oleh karena itu, prosedur dinamik laboratorium yang standar biasanya disebut dengan uji proctor (Bowles, 1989).

Tujuan dari pengujian proctor itu sendiri untuk mengetahui kadar air optimum ( $W_{optimum}$ ) dan berat isi kering maksimum ( $\gamma_d$ ). Hasil dari pengujian ini berupa grafik hubungan kadar air dan berat isi kering tanah, sehingga diperoleh kadar air optimum dan berat isi kering maksimum.

Perhitungan pemadatan dilakukan dengan menentukan suatu nilai berat isi kering ( $\gamma_{dmaks}$ ) dengan kadar air tertentu ( $W_{optimum}$ ). Nilai ini didapatkan dengan kurva uji pemadatan suatu sampel tanah dengan variasi nilai kadar air ( $w$ ) dengan rumus :

Berat isi basah :

$$Y = \frac{\text{berat tanah dalam mould}}{\text{volume mould}} \times (\text{gr/cm}^3)$$

Contoh-contoh kadar air diperoleh dari tanah yang dipadatkan, dan berat isi kering di hitung sebagai berikut :

Berat isi kering :

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{100+w} \times 100$$

Dengan:  $\gamma$  = berat volume butir tanah dan  $w$  = kadar air

Berat volume kering jenuh tanah dapat dituliskan ke dalam persamaan berikut:

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+wG_s} \times y$$

Dengan  $G_s$  = berat spesifik butiran tanah padat dan  $\gamma_w$  = berat jenis air.

Pemadatan tanah merupakan proses densifikasi tanah dengan mengurangi rongga udara menggunakan peralatan mekanis. Derajat pemadatan tanah diketahui

dalam parameter pengukuran unit berat kering.

Proctor (1993) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya. Sedangkan menurut Craig (1991), pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara dan tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini. Umumnya, makin tinggi derajat pemadatan, makin tinggi pula kekuatan geser dan makin rendah kompresibilitas tanah. Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan berat volume kering (*dry density*) yaitu massa partikel padat persatuan volume tanah.

## 2.10 California Bearing Ratio (CBR)

Metode pengukuran daya dukung tanah yang relatif mudah untuk dilakukan dan dimengerti adalah *California Bearing Ratio Test*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kapasitas daya dukung tanah, metode ini pertama kali dikembangkan oleh Departemen Jalan Raya California pada tahun 1920. CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (*Test Load*) terhadap beban standar (*Standard Load*) dan dinyatakan dalam persentase. Semakin keras suatu bahan atau material yang digunakan maka semakin tinggi nilai CBR yang dihasilkan.

Lapisan tanah yang akan dipakai sebagai lapisan sub-base atau sub-grade suatu konstruksi jalan pada umumnya memerlukan proses pemadatan agar mampu menerima beban sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk mengukur kekokohan (*bearing*) lapisan tanah adalah pengujian *California Bearing Ratio*

(CBR). *California Bearing Ratio* (CBR) merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persentase. CBR juga merupakan perbandingan antara bahan penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Lebih jelas lagi dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$CBR = \frac{PT}{PS} \times 100\% \quad (2.16)$$

Dalam hal ini:

Pt = beban percobaan (*test load*)  
Ps = beban standar (*standard load*)

CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen. Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas.

Pengujian CBR dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR dari sampel tanah. Nilai CBR yaitu perbandingan antara tekanan yang dibutuhkan untuk menembus tanah dengan piston yang mempunyai penampang bulat dengan luasan 3 inc dengan kecepatan penetrasi sebesar 0,05"/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus suatu bahan standar tertentu. Selain itu CBR juga dipergunakan untuk menentuakn daya dukung tanah dalam perkerasan jalan. Nilai CBR dihitung pada penetrasi sebesar 0,1" dan penetrasi 0,2", kemudian hasil dari perhitungan tersebut dibandingkan untuk dipakai nilai yang terbesar (SNI 03-1744-1989).

Nilai CBR adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kuat dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila tanah dasar memiliki nilai CBR yang tinggi, praktis akan mengurangi ketebalan lapis perkerasan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*), begitu pula sebaliknya.

Suatu hal yang perlu diingat bahwa pengujian CBR hanya mengukur kekokohan relatif dari lapisan permukaan tanah, karena diameter penampang torak yang dipergunakan hanya sekitar 4,96 cm, sehingga daerah (*volume*) lapisan tanah di bawah torak yang terpengaruhi tekanan (*stress bulb*) hanya di permukaan.

Metoda CBR ini mula-mula diciptakan oleh O.J. Porter, kemudian dikembangkan oleh California State Highway Departement, tetapi kemudian dikembangkan dan dimodifikasi oleh corps insinyur-insinyur tetantara Amerika Serikat (*U.S. Army Corps of Engineers*). Metoda ini mengkombinasikan percobaan pembebanan di laboratorium atau di lapangan dengan rencana empiris (*empirical design charts*) untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Hal ini digunakan sebagai metode perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya dan lapangan terbang.

Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997), CBR dapat dibagi sesuai dengan cara mendapatkan contoh tanahnya yaitu CBR lapangan (*CBR in place* atau *field CBR*), CBR lapangan rendaman (*undistrubed soaked CBR*) dan CBR laboratorium (*laboratory CBR*). CBR laboratorium dibedakan menjadi dua macam yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked CBR laboratory*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked CBR laboratory*).

CBR dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). CBR menunjukkan nilai

relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air kemungkinan tidak akan konstan pada kondisi ini. Pemeriksaan CBR bertujuan untuk menentukan harga CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Disamping itu, pemeriksaan ini juga dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Pemeriksaan CBR Laboratorium mengacu pada AASHTO T-193-74 dan ASTM1883-73. Untuk perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR dari tanah dasar yang dipadatkan. Nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan ini disebut “design CBR“

Cara yang dipakai untuk mendapat “design CBR“ ini ditentukan dengan perhitungan dua faktor (Wesley, 1977) yaitu:

- a. Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- b. Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

### **2.11 Sampel Uji**

Jumlah sampel yang akan digunakan pada pengujian dibuat pada masing-masing titik lokasi pengambilan sampel dan jumlah pengujian secara detail adalah sebagai berikut:

### **2.12 Metode Pengumpulan Data**

Penelitian ini adalah sebuah eksperimen, yaitu membuat suatu percobaan tentang suatu hal yang menarik atau suatu fenomena. Dalam hal uji laboratorium ada beberapa pengujian, yaitu :

1. Menentukan Kadar Air (*Water Content*), yaitu menentukan kadar air yang terkandung didalam sample tanah.
2. Menentukan *Specific Gravity* (Gs), yaitu menentukan berat jenis tanah.
3. Menentukan Batas – batas Atterberg yang meliputi batas cair, dan batas plastis tanah sehingga mendapatkan nilai IP (*Indeks Plasticity*)
4. Uji *Standart Proctor* (Pemadatan Tanah), untuk mendapatkan kepadatan tanah yang maksimum pada pemadatan yang standard, dengan memberikan kadar air yang optimum.

## 2.13 Prosedur Penelitian

### 2.13.1 Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung pada sampel tanah basah dengan berat dari tanah yang sudah kering hasil dari pengujian kadar air dinyatakan dalam persen (%). Tujuan pengujian kadar air untuk mengetahui jumlah kadar air yang terkandung pada sampel tanah. Standart pengujian kadar air menggunakan standart ASTM D 2216-92.

Untuk menghitung jumlah kadar air yang terkandung pada sampel tanah digunakan rumus sebagai berikut:

$$Wc = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\%$$

Dimana:

Wc = Kadar air

W1 = berat cawan kosong

W2 = berat tanah basah

$W_3$  = berat tanah kering

### 2.13.2 Pengujian Berat Jenis (*Specify Gravity*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah pada sampel tanah yang di ambil di lapangan.

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan nilai *specific gravity* ( $G_s$ ) adalah:

$$G_s = \frac{W_s}{W_w}$$

Dimana:

$W_s$  = berat tanah kering

$$= W_2 - W_1$$

$W_w = W_4 + W_5 - W_3$

Maka,

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

Dimana:

$G_s$  = berat jenis tanah

$W_2$  = berat piknometer dan tanah

$W_3$  = berat piknometer, tanah dan air

$W_4$  = berat piknometer dan air

### 2.13.3 Pengujian Batas-batas Atterberg

Pengujian batas-batas atterberb bertujuan untuk menunjukkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan hubungan kadar air pada tanah. Batas-batas atterberg terdiri dari batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

### 1. Uji Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian batas cair merupakan pengujian untuk menentukan batas antara keadaan cair pada tanah dengan melakukan pengujian *cassagrande*. Pada pengujian ini, dapat diketahui bahwa jika kadar air meningkat maka jumlah pukulan pada alat *casagrande* menurun. Jadi jika pukulan pada alat *casagrande* sedikit maka air yang ada semakin banyak. Hal tersebut disebabkan karena terdapat air pada pori-pori tanah maka konsistensi tanah akan berubah sehingga mudah untuk bergerak dan permukaan *casagrande* akan menjadi licin karena air.

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan batas cair (*liquid limit*) adalah:

$$\text{Kadar air (wc)} = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\%$$

Dimana:

Wc = Kadar air

W1 = berat cawan kosong

W2 = berat tanah basah

W3 = berat tanah kering

### 2. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis dapat didefinisikan sebagai kadar air yang terkandung pada tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Jika kadar air yang berada pada tanah berkurang, maka tanah akan menjadi lebih keras dan mampu untuk menahan perubahan bentuk. Perubahan bentuk pada tanah dari cair menjadi padat akan mengalami fase perubahan menjadi semi padat. Pada pengujian ini sampel tanah yang digunakan merupakan tanah yang lolos

saringan 60 Tujuan dari pengujian batas plastis untuk menentukan jumlah kadar air yang terkandung pada tanah pada saat tanah berubah dari fase menjadi fase semi padat begitu sebaliknya.

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan batas plastis (*plastic limit*) adalah:

$$\text{Kadar air (wc)} = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\%$$

Dimana:

Wc = Kadar air

W1 = berat cawan kosong

W2 = berat tanah basah

W3 = berat tanah kering

### 3. Indeks plastisitas

Indeks plastisitas merupakan interval kadar air ketika tanah masih bersifat plastis. Maka, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisitanah. Sifat-sifat keplastisan tanah dinyatakan dengan indeks plastisitas (*plasticity indeks*) yang merupakan selisih dari nilai kadar air batas cair dan nilai kadar air batas plastis.

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan nilai indeks plastisitas adalah:

$$PI = LL - PL$$

Dimana:

PI = Indeks Plastis

LL = Batas cair (*liquid limit*)

PL = Batas plastis (*plastic limit*)

#### 2.13.4 Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah berdasarkan butir halus dan butir kasar. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengklasifikasi tanah berdasarkan nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan kurva distribusi ukuran butir.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian



Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Medan Area Yaitu terletak di Jl. H. Agus Salim Siregar, Kenangan Baru, Kec. Medan Tembung, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Pengujiannya dengan mengambil sampel tanah gambut di lokasi pengambilan sampel di Jalan air bersih kompleks keuangan nomor 10 A, Sudirejo II, Medan kota.



Gambar 6. Universitas Medan Area

### 3.2 Metode Pengambilan Sampel

Dilakukan perkerjaan lapangan dengan maksud untuk pengambilan sampel tanah. Pengambilan sampel dalam penelitian ini meliputi 2 cara yaitu, tanah terganggu dan tanah tidak terganggu. Pengambilan sampel tanah terganggu dengan cara mengambil tanah dan kemudian dimasukan kedalam karung. Untuk tanah yang tidak terganggu sampel tanah dimasukan kedalam pipa dengan panjang 70 cm dan berdiameter 4 incih kemudian ujung pipa kanan, kiri nya di tutup plastik lalu diselasikan

### 3.3 Bahan Uji

Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak:

1. Uji karakteristik tanah: kadar air, batas cair, batas plastis, *specific gravity*. (8 sampel)
2. Uji Batas cair : 8 sampel
  - 0% = 2 sampel
  - 5% = 2 sampel
  - 15% = 2 sampel
  - 20% = 2 sampel
3. Uji Batas Plastis : 8 sampel
  - 0% = 2 sampel
  - 5% = 2 sampel
  - 15% = 2 sampel
  - 20%<sup>1</sup> = 2 sampel
4. Uji Batas cair : 8 sampel
  - 0% = 2 sampel

5% = 2 sampel

15% = 2 sampel

20%1 = 2 sampel

Jumlah sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah 32 sampel

#### 4.4 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penulisan tugas akhir ini adalah studi literatur dan penelitian di laboratorium mekanika tanah CV. Lima Saudara. Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan teori-teori dan data-data dari buku ajar, standar perencanaan yang relevan, jurnal maupun buku-buku petunjuk teknis yang sesuai dengan pembahasan “Analisis pengaruh penambahan Kapur *Gypsum* terhadap Indeks Plastisitas Tanah” serta masukkan dari dosen pembimbing. Kemudian menganalisis aplikasi penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi dilapangan. Penelitian dilakukan 2 tahap, yaitu penelitian terhadap tanah asli (sebelum dicampur kapur) dan penelitian setelah dicampur kapur.

##### 1. Pengujian pada tanah asli

Adapun pengujian yang dilakukan pada tanah asli antara lain:

- a) Kadar air (sesuai dengan ASTM D 2216-71)

Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengetahui jumlah kadar air yang terdapat pada sampel tanah yang akan di uji.

- b) Pengujian berat jenis (sesuai dengan ASTM D 2937-83)

Tujuan dilakukan pengujian ini untuk menentukan berat jenis dari sampel tanah ketika tanah pada suhu tertentu.

- c) Batas cair atau *liquid limit* ( sesuai dengan ASTM D 2216-80)

Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengetahui jumlah kadar air ketika tanah mulai menunjukkan batas antara pada kondisi plastis dan kondisi cair.

- d) Batas plastis atau *plastic limit* (sesuai dengan ASTM D 2216-80)

Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengetahui batas terendah kadar air yang terdapat pada tanah ketika pada kondisi plastis.

- e) Pengujian analisa saringan (sesuai dengan ASTM D 2487-69)

Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengelompokkan agregat berdasarkan ukurannya melalui jumlah agregat yang tersaring berdasarkan ukuran saringan.

## 2. Pengujian pada tanah yang diberi bahan tambah

Adapun pengujian *Engineering Properties* yang dilakukan pada tanah yang distabilisasi antara lain:

- a) Pengujian pemadatan (sesuai dengan ASTM D 3441-86) Tujuan dilakukan pengujian ini untuk menentukan hubungan antara berat volume dan kadar air ketika tanah dipadatkan.
- b) Pengujian CBR laboratorium (sesuai dengan ASTM D 1883-87) menentukan kekuatan dari permukaan lapisan tanah yang biasanya akan digunakan *sub-base* (urugan) atau *sub-grade* (lapisan tanah dasar).

### 2.14 Pengujian Laboratorium

Pada proses pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Cv. Lima

Bersaudara, dilakukan beberapa pengujian diantaranya adalah:

#### 1. *Indeks Properties*

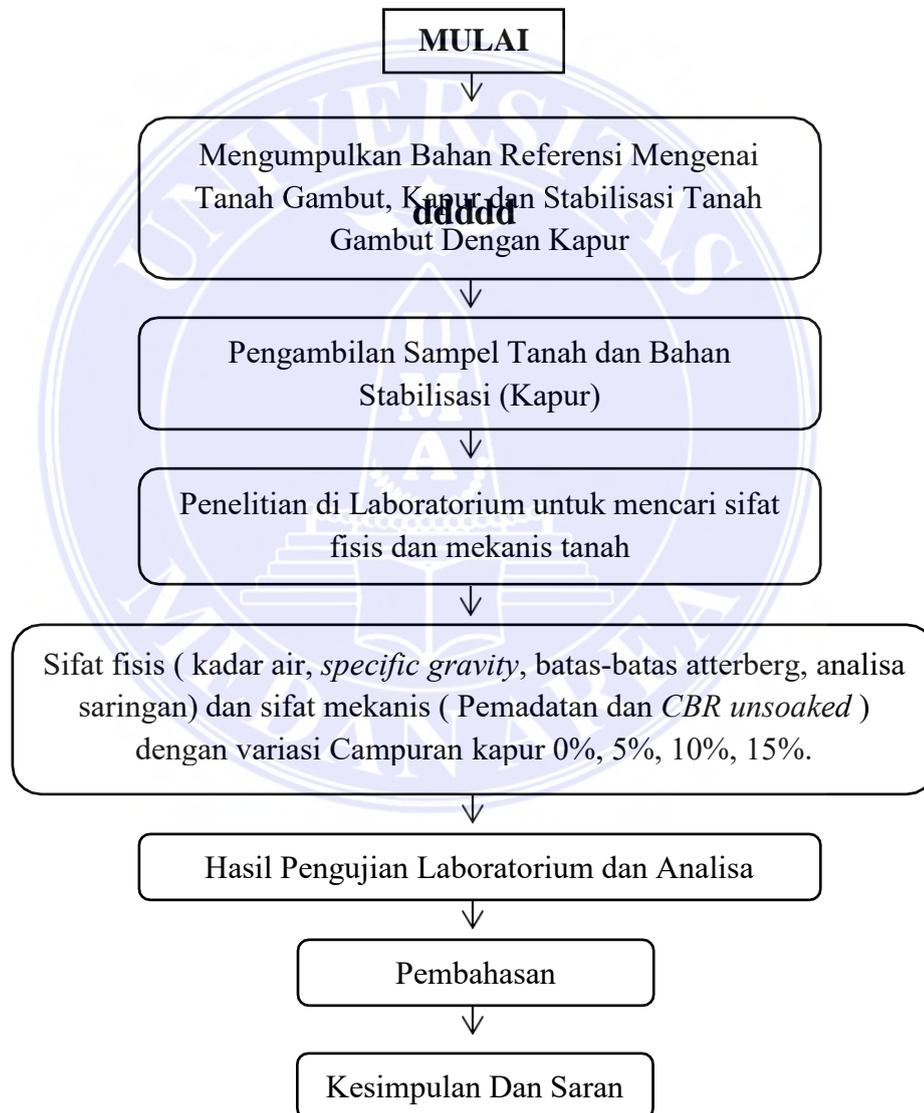
Pengujian ini meliputi pengujian kadar air (*water content*), pengujian

batas-batas atterberg, pengujian berat jenis tanah dan analisa saringan.

## 2. *Engineering Propeties*

Adapun pengujian yang dilakukan pada engineering properties meliputi pengujian standar proctor dan pengujian CBR

### 3.9 Alur Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari rangkaian pengujian yang telah dilakukan pada campuran tanah yang berada di Kelurahan Sudirejo II, Kecamatan Medan Kota, Kota Medan. Dengan variasi penambahan kapur *Gypsum*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Penambahan Kapur *Gypsum* terhadap tanah tersebut dapat menurunkan nilai batas cair tanah. Batas cair tanah aslinya 63,505% dan ketika ditambahkan campuran kapur menjadi 61,46% pada campuran 5% kapur, 53,47% pada campuran 10% kapur, 49,30% pada campuran 15% kapur, dan 28,55% pada campuran kapur 20%. Hal ini disebabkan adanya proses sedimentasi sehingga terjadi pengerasan pada tanah. Penambahan Kapur *Gypsum* terhadap tanah tersebut dapat menaikkan nilai batas plastisnya. Batas plastis tanah aslinya 24,03% dan ketika ditambahkan campuran kapur *Gypsum* menjadi 29,16% pada campuran 5% kapur, 31,11% pada campuran 10% kapur, 34,15% pada campuran 15% kapur, dan 36,14% pada campuran kapur 20%. Hal ini terjadi karena reaksi kapur pada tanah yang menyebabkan penggumpalan (*flokulasi*). Dengan naiknya nilai Batas Plastis dan turunnya Batas Cair pada tanah tersebut, maka Indeks Plastisitas tanah mengalami penurunan dan membuat sifat kohesif tanah akan semakin menurun.

## 5.2 Saran

Agar mendapatkan hasil yang lebih akurat, diperlukan untuk lebih teliti dan berhati-hati ketika melakukan pengujian di dalam laboratorium, sehingga kegagalan ataupun kesalahan dalam pengujian tidak berdampak terhadap waktu pengerjaan dan hasil perhitungan



## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I.G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut : Potensi untuk Pertanian dan aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Center, Bogor.
- Alwi M. 2006. Perubahan Kemasaman Tanah Gambut Dangkal Akibat Pemberian Bahan Amelioran. *Jurnal Tanah Tropikal*. 12(2):77-83.
- B. Mochtar Indrasurya, Noor Endah dan Braja M. Das. 2017. *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, Surabaya.
- Budi Gogot Setyo. 2011. *Pengujian Tanah di Laboratorium*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Darwis, H. 2017. *Dasar – dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Pustaka AQ, Yogyakarta.
- Das, B. M., 2011. *Mekanika Tanah dan Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, Barja. M. 2015. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid I*. Jakarta: Erlangg
- Hardiyatmo C. Hary. 2016. *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. Hardiyatmo, H. C., (2001). *Prinsip-Prinsip Mekanika Tanah Dan Soal Penyelesaian I*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta: s.n
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada Universitas Press, Yogyakarta
- Ingles dan Metcalf., 2009, *Soil Stabilization Principle and Practice Butter Worths*, Sydney, Melbourne, Brisbane.
- Jatmiko, Rudy. 2014. *A Study Of Sandly Soil Support Which Is Stabilized Using Tx-300 Reviewed From Cbr Value*. Skripsi. Bandar Lampung: Universitas

Lampung.

Luhur, Beni, Anton Ariyanto, dan Rismalindah, 2016, *Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Campuran Portland Cemant Di Tinjau Dari Nilai California Bearing Ratio (CBR)*. UPP, 1-7. Jurnal Jurusan Teknik Sipil.

Rahayu Cindy, Kamaluddin Lubis, 2019, *Analisa Pengaruh Campuran Kapur Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR*. Jurnal JEFT sipil  
Skripsi Program Studi Universitas Medan Area.

Ratmini, S. 2012. Karakteristik dan Pengolahan Lahan Gambut untuk Pengembangan Pertanian. Jurnal Lahan Suboptimal. 1(2) :197-206

Soehardi, Fitridawati., Lubis, Fadrizal., Putri, Lusi, D., (2017). Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman.

Suherman, M. (2002). Pengaruh Kapur Terhadap Sifat Tanah Lempung Pada Stabilisasi. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.

Sukiman, N. 2011. Analisis Perubahan Kadar Air dan Kuat Geser Tanah Gambut Lalombi Akibat Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan. Jurnal SMARTek. Fakultas Teknik. Universitas Tadulako. Palu.

Verhoef, P.N.W, 2010, Geologi Untuk Teknik Sipil, Erlangga, Jakarta.

## LAMPIRAN



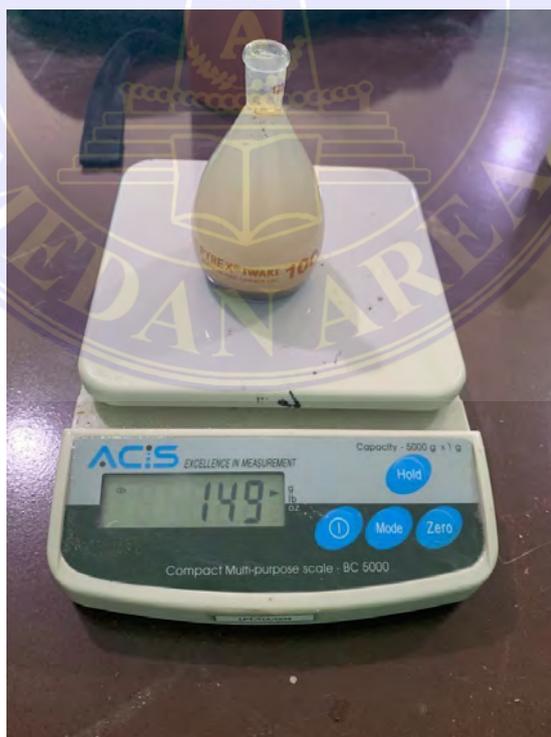
Gambar 1. Pengambilan Sampel Tanah



Gambar 2. Sampel Tanah Setelah Di Oven



Gambar 3. Pengujian Kadar Air Tanah



Gambar 4. Pengujian Berat Jenis



Gambar 5. Pengujian Batas Cair



Gambar 6. Pengujian Batas Plastis



Gambar 7. Pengujian *Spesific Gravity*



Gambar 8. Sampel Uji *Atterberg*



Gambar 9. Sampel uji di keringkan



Gambar 10. Sampel uji setelah di keringkan



Gambar 11. Sampel uji Di Campur kapur *Gypsum*



Gambar 12. Sampel uji Di Timbang