

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MATERIAL SEMEN  
SEBAGAI STABILISASI PADA PERBAIKAN TANAH  
LEMPUNG TERHADAP NILAI CBR**

**SKRIPSI**

**OLEH:  
ESRAPRIYANI SAGALA  
198110117**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
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 17/1/24

i

Access From (repository.uma.ac.id)17/1/24

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MATERIAL SEMEN  
SEBAGAI STABILISASI PADA PERBAIKAN TANAH  
LEMPUNG TERHADAP NILAI CBR**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**ESRAPRIYANI SAGALA  
198110117**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
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 17/1/24

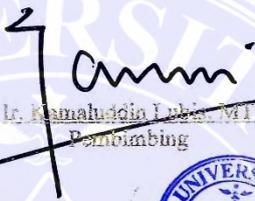
ii

Access From (repository.uma.ac.id)17/1/24

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Penambahan Material Semen Sebagai Stabilisasi pada Perbaikan Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR  
Nama : Esrapiyani Sagala  
NPM : 198110117  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

  
Ir. M. M. Lubis, M.T.  
Pembimbing

  
Dr. Rahma, M.Kom

  
N. N. Handari, S.T., M.T.  
Ket. Program Studi

Tanggal Lulus :

### 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.



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

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

Nama : Esrapiyani Sagala  
NPM : 1981101117  
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 Material Semen Sebagai Stabilisasi pada Perbaikan Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR. 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 : 09 Agustus 2023  
Yang menyatakan

  
(Esrapiyani Sagala)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kampung syahmat, Kecamatan Lubuk Pakam Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara Pada tanggal, 04 April 2000 dari Ayah Alm. Armulin Sagala dan Ibu Sonaga Gokma Sihotang Penulis merupakan putri ke 5 dari 7 bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Lbuk Pakam 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.

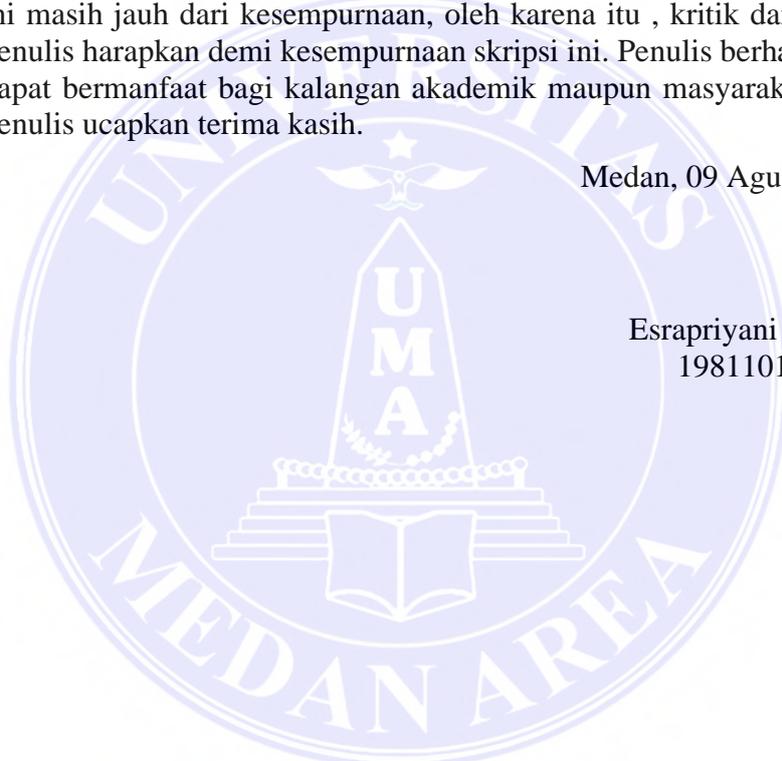


## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmatnya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Judul yang diambil dalam skripsi ini ialah Analisis Pengaruh Penambahan Material Semen Sebagai Stabilisasi pada Perbaikan Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T. selaku dosen pembimbing dan ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka.Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penulis ucapkan terima kasih kepada ibu serta keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Wiliam Banjar Nahor, Juliana Ranty Gultom, dan Imelda Natasya Sirait yang selalu memberikan dukungan 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.

Medan, 09 Agustus 2023

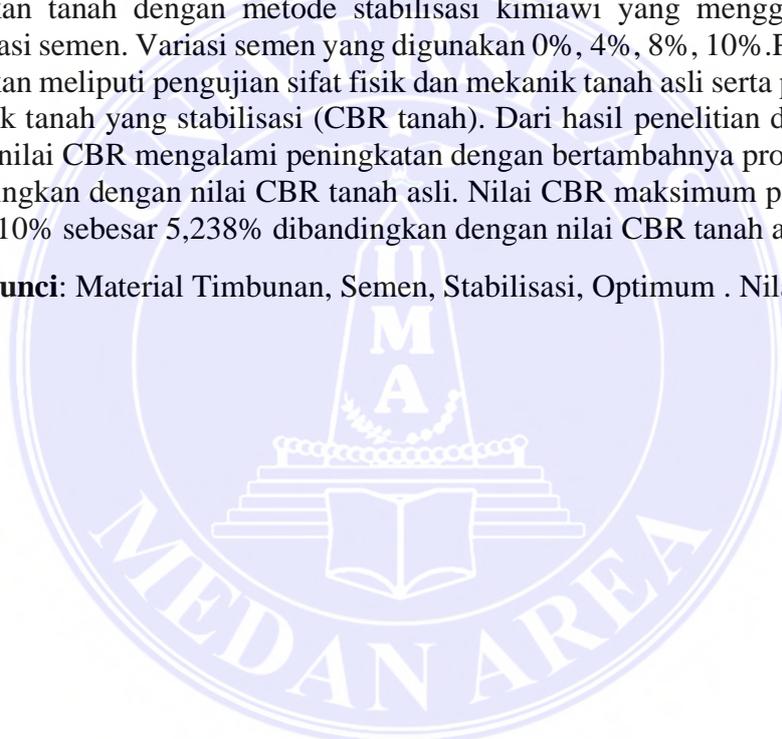
Esrapiyani Sagala  
198110117



## ABSTRAK

Tanah dasar (*subgrade*) yang digunakan untuk suatu konstruksi jalan raya harus memiliki daya dukung tanah yang baik, karena beban yang bekerja diatas konstruksi jalan adalah beban statis dan beban dinamis. Salah satu parameter yang dapat kita ketahui apakah daya dukung tanah dasar itu baik atau tidak yaitu dengan mengetahui nilai CBR nya. Daya dukung tanah yang kurang baik nilai CBRnya rendah. Untuk mengatasi tanah dasar yang kurang baik dapat dilakukan penggantian dengan tanah yang lebih baik (penimbunan tanah) yang didatangkan dari lokasi lain. Karena seringkali tidak ada pilihan untuk material timbunan, sehingga tanah dengan plastisitas tinggi seperti tanah jenis A7 digunakan sebagai material timbunan. Untuk mengatasi permasalahan ini, salah satu usaha yang dilakukan untuk peningkatan daya dukung tanah tersebut adalah dengan melalui perbaikan tanah dengan metode stabilisasi kimiawi yang menggunakan bahan stabilisasi semen. Variasi semen yang digunakan 0%, 4%, 8%, 10%. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sifat fisik dan mekanik tanah asli serta pengujian sifat mekanik tanah yang stabilisasi (CBR tanah). Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai CBR mengalami peningkatan dengan bertambahnya prosentase semen dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli. Nilai CBR maksimum pada presentase semen 10% sebesar 5,238% dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli 2,035%.

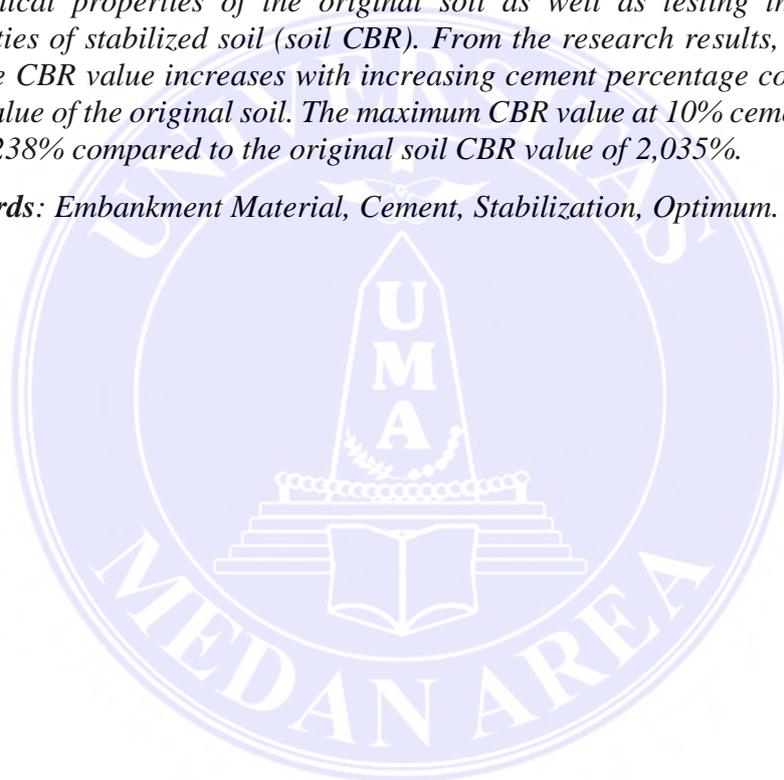
**Kata kunci:** Material Timbunan, Semen, Stabilisasi, Optimum . Nilai CBR.



## ABSTRACT

*The subgrade used for road construction must have good soil bearing capacity, because the loads acting on the road construction are static loads and dynamic loads. One parameter that we can find out whether the bearing capacity of the subgrade is good or not is by knowing the CBR value. Poor soil bearing capacity has a low CBR value. To overcome poor subgrade soil, it can be replaced with better soil (soil filling) imported from another location. Because there is often no choice of embankment material, soil with high plasticity such as A7 type soil is used as embankment material. To overcome this problem, one of the efforts made to increase the bearing capacity of the soil is by improving the soil with a chemical stabilization method using cement stabilization material. The variations in cement used were 0%, 4%, 8%, 10%. Tests carried out included testing the physical and mechanical properties of the original soil as well as testing the mechanical properties of stabilized soil (soil CBR). From the research results, it can be seen that the CBR value increases with increasing cement percentage compared to the CBR value of the original soil. The maximum CBR value at 10% cement percentage was 5,238% compared to the original soil CBR value of 2,035%.*

**Keywords:** *Embankment Material, Cement, Stabilization, Optimum. CBR value.*



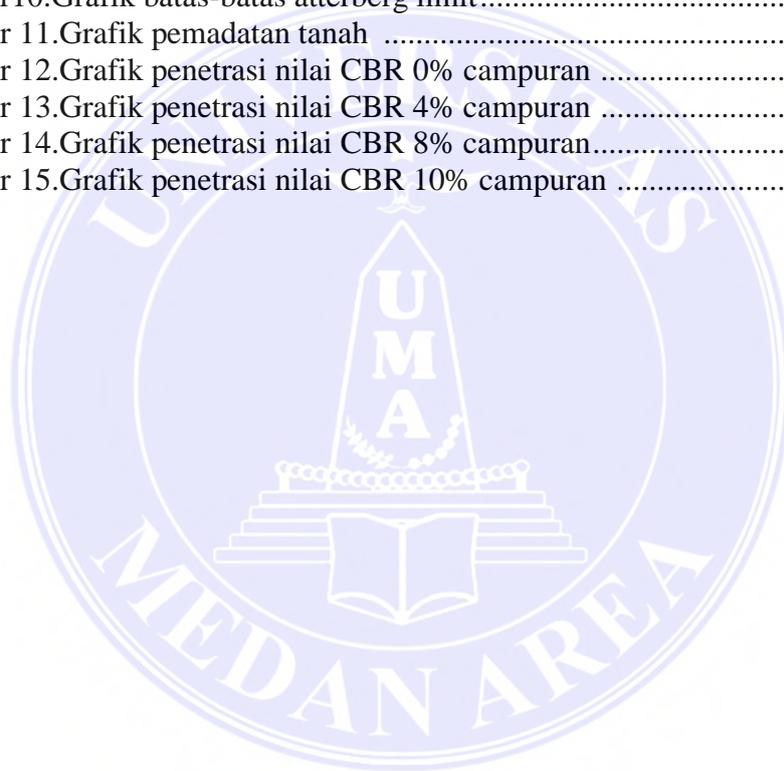
## DAFTAR ISI

	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 PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR NOTASI .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum .....	5
2.2 Klasifikasi Tanah.....	6
2.2.1 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	8
2.2.2 Sistem Klasifikasi AASTHO .....	14
2.3 Stabilisasi Tanah.....	18
2.4 Sifat Fisik anah.....	19
2.4.1 Kadar Air.....	20
2.4.2 Berat Volume Tanah .....	20
2.4.3 Berat Volume Kering .....	21
2.4.4 Berat Jenis (GS) .....	21
2.4.5 Batas-batas Konsistensi tanah <i>Atteberg limit</i> .....	22
2.5 Tanah Dasar ( <i>Sub Grade</i> ).....	25
2.6 Pemadatan Tanah.....	25
2.6.1 Uji Proctor Standart ( <i>Standart Proctor Test</i> ) .....	26
2.6.2 Uji Pemadatan <i>Modified (Modified Proctor Test)</i> .....	28
2.7 Analisa Butiran Tanah .....	29
2.7.1 Tanah Berbutir Kasar .....	29
2.7.2 Tanah Berbutir Halus .....	31
2.8 <i>California Bearing Ratio Test (CBR)</i> .....	32
2.9 Tanah Lempung.....	33

2.10 Semen .....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>41</b>
3.1 Deskripsi Pengambilan Sampel .....	41
3.2 Lokasi Penelitian .....	41
3.3 Metode Pengambilan Sampel .....	42
3.4 Metode Penelitian .....	42
3.5 Teknik Pengumpulan Sampel .....	43
3.6 Bahan Uji .....	44
3.7 Pengujian Laboratorium .....	44
3.8 Sampel Pengujian Laboratorium .....	44
3.9 Bagan Alir .....	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik .....	47
4.1.1 Kadar Air .....	47
4.1.2 Analisa Saringan .....	53
4.1.3 Berat Jenis, GS .....	59
4.1.4 Batas-Batas Atterberg Limit .....	62
4.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanis .....	67
4.2.1 Uji Pemadatan Standar/ <i>Standart Compaction</i> .....	67
4.2.2 <i>California Bearing Ratio, CBR Unsoaken</i> .....	72
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>86</b>
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Saran .....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>87</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>89</b>

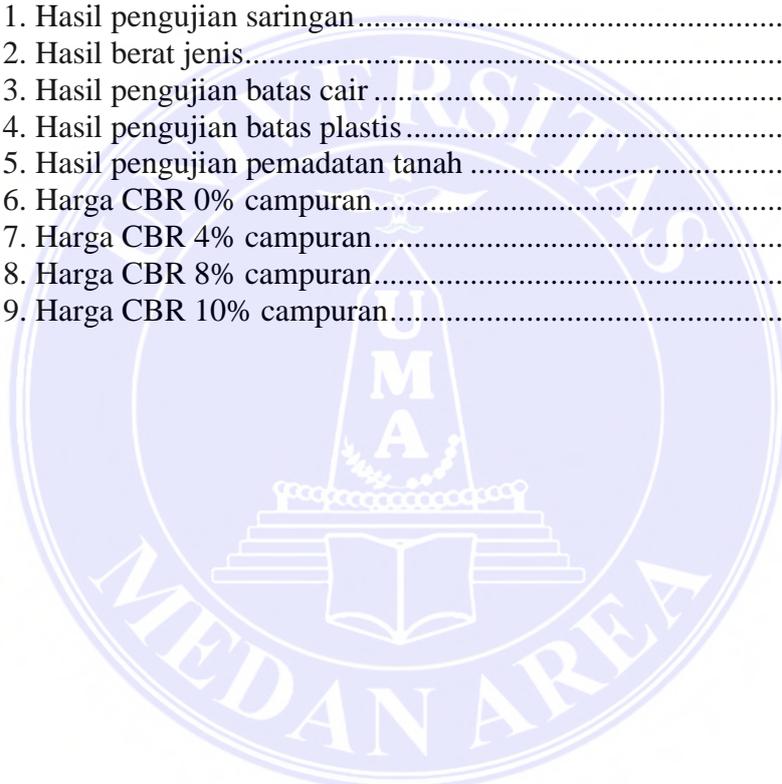
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Klasifikasi tanah dengan metode USCS.....	13
Gambar 2. Diagram fase tanah.....	19
Gambar 3. Grafik berat satuan kering terhadap kadar air .....	26
Gambar 4. Peralatan pada pengujian <i>proctor standart</i> .....	27
Gambar 5. Hubungan $\gamma_d$ vs $w$ , pada kadar udara (tertentu) dari hasil uji proctor standart dan proctor modifiend .....	29
Gambar 6. Struktur tanah lempung .....	34
Gambar 7. Peta lokasi .....	41
Gambar 8. Grafik kadar air .....	53
Gambar 9. Grafik berat jenis tanah (GS) .....	62
Gambar 10. Grafik batas-batas atterberg limit.....	65
Gambar 11. Grafik pemadatan tanah .....	77
Gambar 12. Grafik penetrasi nilai CBR 0% campuran .....	79
Gambar 13. Grafik penetrasi nilai CBR 4% campuran .....	81
Gambar 14. Grafik penetrasi nilai CBR 8% campuran.....	83
Gambar 15. Grafik penetrasi nilai CBR 10% campuran .....	85

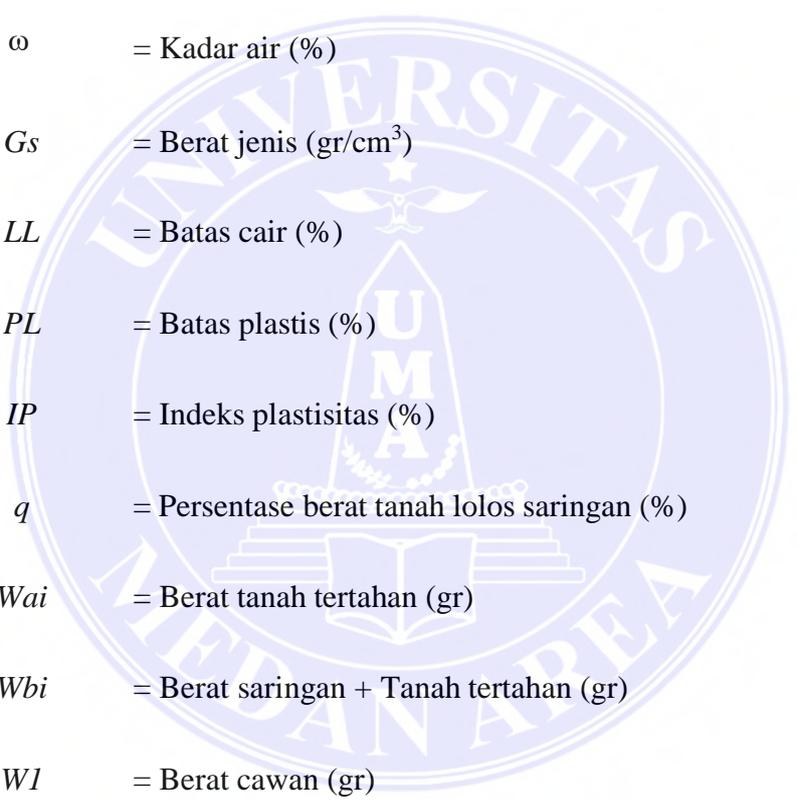


## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persentasi analisis lolos saringan .....	12
Tabel 2. Sistem klasifikasi <i>Unified</i> .....	13
Tabel 3. Klasifikasi tanah sistem AASTHO (tanah <i>granuler</i> ).....	16
Tabel 4. Klasifikasi tanah sistem AASTHO (tanah <i>finer</i> ) .....	17
Tabel 5. Nilai-nilai berat jenis.....	22
Tabel 6. Nilai indeks plastisitas dan macam tanah .....	24
Tabel 7. Saringan standar amerika .....	30
Tabel 8. Variasi kadar semen untuk perkerasan jalan.....	39
Tabel 9. Sampel pengujian.....	45
Tabel 10. Hasil pengujian kadar air .....	52
Tabel 11. Hasil pengujian saringan.....	58
Tabel 12. Hasil berat jenis.....	61
Tabel 13. Hasil pengujian batas cair .....	64
Tabel 14. Hasil pengujian batas plastis .....	66
Tabel 15. Hasil pengujian pematatan tanah .....	67
Tabel 16. Harga CBR 0% campuran.....	79
Tabel 17. Harga CBR 4% campuran.....	81
Tabel 18. Harga CBR 8% campuran.....	83
Tabel 19. Harga CBR 10% campuran.....	85



## DAFTAR NOTASI



$\gamma$	= Berat volume ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_{dry}$	= berat volume kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_{wet}$	= berat volume basah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\gamma_u$	= berat volume maksimum ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\omega$	= Kadar air (%)
$G_s$	= Berat jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$LL$	= Batas cair (%)
$PL$	= Batas plastis (%)
$IP$	= Indeks plastisitas (%)
$q$	= 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 (%)



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Banyak hal yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada konstruksi jalan, seperti ketidak telitian terhadap syarat pada batas yang di ijinan dari berbagai jenis material lapisan perkerasan jalan yang akan mempecepat kerusakan pada jalan, selain itu faktor yang mempengaruhi kerusakan konstruksi ialah pemakaian tanah sebagai bahan pada konstruksi sebaiknya digunakan setelah melalui proses pengendalian mutu tanah.

Indonesia memiliki berbagai jenis tanah, salah satunya ialah tanah lempung yang memiliki tingkat plastisitas tinggi yang mengakibatkan terjadinya pengembangan dan penurunan pada volume tanah yang diakibatkan oleh kadar air yang terus bertambah. Tanah lunak (lempung) mempunyai sifat plastis, mempunyai daya serap cukup tinggi terhadap air dan perubahan kadar kelembapan (Nurhazizah Titi, dkk., 2022). Kerusakan yang terjadi pada konstruksi jalan yang berada diatas permukaan tanah ini disebabkan oleh sifat tanah lempung yang terus mengalami perubahan volume. Akibat dari ketidak stabilan tanah mengakibatkan konstruksi jalan yang diatasnya rusak, seperti retak, gelombang, patah dan lain-lain.

Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus yang mempunyai daya dukung rendah dan sangat sensitif terhadap perubahan kadar air, mudah terjadi perubahan volume dan kembang susut pada tanah. Kondisi ini akan tidak menguntungkan bila tanah lempung digunakan untuk menopang suatu konstruksi

yang berada di atasnya. Sehingga sangat penting untuk mengamati permasalahan yang disebabkan oleh sifat tanah supaya dapat mencegah terjadinya kerusakan pada konstruksi tersebut.

Stabilisasi tanah merupakan suatu usaha untuk mengolah tanah yang bertujuan untuk memaksimalkan nilai CBR yang lebih tinggi dari tanah asli atau asalnya sehingga baik digunakan untuk lapisan bawah suatu konstruksi. Tes CBR dilakukan karena apabila nilai CBR pada tanah mendapatkan nilai yang rendah, maka tanah tersebut akan mengalami longsor, maka dari itu test CBR dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah agar tanah bisa di stabilisasi. Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis maupun menggunakan bahan-bahan aditif (zat kimia). Secara mekanis stabilisasi tanah dilakukan dengan mengatur gradasi butiran tanah kemudian dilakukan proses pemadatan, sedangkan stabilisasi yang menggunakan bahan aditif dapat dilakukan dengan menambah bahan aditif kemudian dilakukan pemadatan.

Macam-macam bahan aditif yang ada di Indonesia antara lain, semen portland, aspal, sodium klorida, limbah pabrik kertas, limbah pabrik pupuk (gypsum), sulfuric acid, lignin, dll. Pada penelitian ini digunakan semen Portland tipe I sebagai bahan stabilisasi. Pemilihan semen sebagai bahan tambahan stabilisasi karena semen relatif mudah diperoleh di kota Medan. Penambahan semen pada tanah lempung menyebabkan air sulit masuk ke mikropori dan makropori tanah lempung, sehingga penambahan semen akan menyebabkan berat jenis tanah lempung meningkat (Andriani,dkk., 2012).

Dalam hal tersebut untuk menentukan kekuatan tanah dasar digunakan metode *California bearing ratio* (CBR) sebagai nilai yang menyatakan kualitas

tanah dan juga salah satu parameter dalam menentukan kemampuan tanah dalam memikul beban diatas nya seperti kontruksi transportasi. Oleh kerena itu peneliti tertarik untuk mengkaji “Analisis Pengaruh Penambahan Material Semen Pada Tanah Lempung Menggunakan Metode *California Bearing Ratio* (CBR)”.

## 1.2 Maksud Dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah dan nilai CBR, tanah di campur semen pada tanah dasar pondasi jalan.

Tujuan dari penelitian ini adalah apakah penambahan semen pada tanah dapat meningkatkan nilai CBR pada tanah dasar pondasi jalan.

## 1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Apakah pengaruh penambahan semen dalam tanah lempung untuk di stabilisasi?
- b. Apakah nilai CBR tanah lempung dapat mendapatkan nilai yang lebih baik setelah distabilisasi menggunakan semen?
- c. Apakah penambahan semen dapat memperkecil penurunan lapisan pada tanah?

## 1.4 Batasan Masalah

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

1. Membatasi masalah persentasi semen optimum di laboratorium yang digunakan.
2. Benda uji yang digunakan adalah tanah lempung dan semen poltland sebagai stabilisasi dengan perbandingan 0%, 4%,8%, 10% dari berat tanah.

3. Penelitian ini menggunakan metode *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked*).
4. Penelitian ini hanya menguji index properties, proctor standart dan CBR.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memperoleh manfaat sebagai berikut :

- a. Bagi peneliti diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat sebagai cara mengamalkan ilmu pada waktu kuliah dengan melakukan penelitian dalam menyelesaikan Pendidikan.
- b. Bagi akademi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penambahan ilmu pengetahuan, khususnya dalam ilmu memperbaiki tanah serta menjadi bahan bacaan di perpustakaan universitas dan dapat memberikan refensi bagi mahasiswa lain.
- c. Bagi perusahaan, hasil penelitian ini diharapkan bisa dijadikan sebagai acuan dalam memperbaiki tanah lempung.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari mineral 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 (Fauizek dkk, 2018). Tanah adalah ikatan antara butiran yang relative lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang antara partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya (Apriliyandi, 2017).

Tanah juga dapat di artikan sebagai sekumpulan partikel mineral yang ikatan partikelnya lemah, yang terbentuk karena dari batuan. Dimana tanah terdiri dari partikel-partikel tanah dan diantara partikel-partikel tersebut terdapat ruang kosong dimana ruang kosong tersebut berisi air dan udara yang sering juga disebut pori-pori tanah. Daya dukung tanah dapat melemah karena disebabkan oleh asam karbonat dan oksida yang tercampur antara partikel-partikel tanah tersebut, atau bisa juga disebabkan oleh adanya zat organik didalam tanah. Jika hasil pelapukan berada pada letak semula maka bagian ini disebut sebagai tanah residu. Jika hasil dari pelapukan timbul dilain tempat dan mengendap di tempat-tempat yang berbeda maka disebut tanah bawaan (*transportation soil*), sarana pembawa tanah ialah berupa gravitasi, angin, air, dan gletsyer. Saat terjadinya perpindahan tempat, ukuran dan bentuk dari partikel-partikel tanah dapat berubah dan terbagi dalam beberapa rentang ukuran. Proses dalam pembentukkan tanah dari batuan dibedakan

menjadi dua yaitu secara fisis dan kimiawi, pembentukan tanah secara fisis yaitu dari akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan gletsyer, atau perpecahan akibat pembekuan dan proses pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Proses pembentukan tanah secara kimiawi terjadi akibat air yang memiliki kandungan alkali, oksigen dan karbondioksida. Semua jenis tanah terdiri dari tiga bahan yaitu butiran tanah, air dan udara yang terdapat dalam ruangan antar butiran-butiran tanah tersebut. Ruangan tersebut ialah pori (*voids*), apabila pori tanah sudah kering maka didalam pori tersebut tidak ada airnya, keadaan ini jarang terjadi pada tanah yang masih belum dikelola dilapangan. Air yang terkandung didalam tanah dapat dihilangkan bila kita memanaskan tanah tersebut kedalam oven. Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan untuk mendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar (Hary Christady Hardiyatmo, 2017).

## 2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan suatu ilmu yang berhubungan dengan mengumpulkan dan mengekompokkan tanah berdasarkan kesamaan sifat dan ciri-ciri yang dimiliki suatu tanah. Klasifikasi tanah adalah materi dinamis yang mempelajari strukturnya sistem klasifikasi tanah dari kelas-kelas yang dipergunakan untuk mengelompokkan tanah, dengan standart yang menentukan pengelompokkan tanah, hingga pemakaiannya di lapangan.

Penjelasan ataupun pengelompokan jenis tanah bertujuan untuk memberikan informasi tentang ciri-ciri teknis dari tanah tersebut, sehingga berbagai jenis tanah tertentu dapat diberikan deskripsi dan istilah yang sesuai dengan karakteristiknya. Klasifikasi tanah menjelaskan karakteristik mekanis dari tanah, dan juga menentukan nilai atau kualitas tanah yang bertujuan untuk perencanaan dan pelaksanaan suatu konstruksi. Sistem klasifikasi tanah yang digunakan dalam ilmu mekanika tanah bertujuan untuk menjelaskan informasi tentang karakteristik teknis dari tanah tersebut.

Metode klasifikasi ini tidak diperbolehkan dicampur-baurkan, walaupun diperbolehkan, hanya mencantumkan keterangan geologis pada akhir dari keterangan Mekanika Tanah. Hasil dari laporan karakteristik tanah tersebut dapat membantu menganalisa masalah tertentu yaitu :

1. Penentuan penurunan bangunan, yaitu dengan menentukan kompresibilitas tanah. Dari sini, selanjutnya digunakan dalam persamaan penurunan yang didasarkan pada teori konsolidasi, misalnya teori Terzaghi atau teori lainnya.
2. Penentuan kecepatan air yang mengalir lewat benda uji guna menghitung koefisien permeabilitas. Dari sini kemudian dihubungkan dengan teori-teori yang ada, misalnya Hukum Darcy dan jaring arus(flownet) untuk menentukan debit aliran yang lewat struktur tanah.
3. Untuk mengevaluasi stabilitas tanah yang miring, yaitu dengan menentukan kuat geser tanah. Dari sini kemudian disubstitusikan dalam rumus statika (stabilitas lereng).

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengelompokan jenis-jenis tanah yang berbeda tetapi memiliki karakteristik yang sama keadaman

kelompok dan subkelompok berdasarkan kegunaannya. Sistem klasifikasi menyediakan Bahasa yang sederhana yang mudah untuk menjelaskan informasi secara singkat sifat-sifat umum dari tanah yang berbeda tanpa menjelaskan secara merinci. Sebagian besar sistem klasifikasi didasarkan pada sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran dari butir tanah dan plastisitas tanah. Saat ini ada dua sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan, kedua sistem memperhitungkan distribusi ukuran butiran tanah dan batas Atterberg, Adapun sistem-sistem tersebut ialah: *Unified Soil Classification System* dan *AASHTO (American association of state highway and transportation sytem officials)*.

### 2.2.1 Sistem Klasifikasi Unified

Awal mula sistem unified dikemukakan oleh *casagrade* pada tahun 1942 dipakai oleh *The Army Corps of Engineers* untuk pekerjaan lapangan terbang pada perang dunia ke II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem unified mengelompokkan tanah menjadi dua kelompok besar, yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri dari material kerikil dan pasir dimana jika tanah yang lolos dari saringan No.200 kurang dari 50% disebut tanah berbutir kasar.
2. Tanah berbutir halus (*fine -grained soils*) biasanya tanah ini disebut tanah lanau/lempung yang dimana jika tanah yang lolos dari saringan No. 200 lebih dari 50% disebut tanah berbutir halus.

Tanah dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelompok dan sub-kelompok.

Symbol-simbol yang digunakan pada sistem klasifikasi unified yaitu :

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = Lempung (*anorganic clay*)

M = lanau (*anorganic silt*)

O = lempung organik atau lanau

Pt = tanah gambut atau tanah organic tinggi (*peat*)

W = gradasi baik (*well-graded*)

P = gradasi buruk (*poorly-graded*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Metode menentukan klasifikasi tanah dengan menggunakan sistem unified sebagai berikut :

1. Menentukan jenis tanah apakah berbutir halus atau berbutir kasar (secara bentuk visual atau dengan saringan No.200)
2. Jika tanah berbutir kasar, maka dilakukan ;
  - a. Saringlah tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butirannya.
  - b. Hitunglah persenan lolos saringan No.4 ; jika tanah tersebut lolos dengan persentase kurang dari 50% tanah tersebut diklasifikasikan sebagai kerikil. Jika tanah lolos dengan nilai persentase lebih dari 50% tanah tersebut diklasifikasikan sebagai pasir.
  - c. Hitunglah persenan lolos saringan No.200 ; jika tanah lolos dengan nilai presentase 5% maka hitunglah nilai Cu dan Cc.

jika tanah tergolong bergradasi baik, klasifikasikan sebagai GW (jika tanah tersebut kerikil), dan klasifikasikan sebagai SW (jika tanah tersebut pasir). Jika tanah tergolong bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (jika tanah tersebut kerikil), dan klasifikasikan sebagai SP (jika tanah tersebut pasir).

- d. Jika nilai persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 diantara 5% sampai 12%, maka tanah tersebut mempunyai symbol ganda dan memiliki sifat plastisitas (GW-GM atau SW-SM, dan lain-lain).
  - e. Jika butiran tanah memiliki persentase lolos saringan no.200 lebih dari 12% maka harus melakukan uji batas Atterberg dengan membersihkan butiran tanah yang masih tertinggal pada saringan No.40. selanjutnya gunakan diagram plastisitas, dan tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC atau SM-SC).
3. Jika tanah berbutir halus, maka dilakukan ;
- a. Lakukanlah percobaan uji batas Atterberg dengan membersihkan butiran tanah yang masih tertinggal pada saringan No.40. jika batas cair (LL) memiliki nilai lebih dari 50% , maka tanah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai H (plastisitas tinggi) dan apabila nilai batas cair kurang dari 50% maka tanah tersebut akan diklasifikasikan sebagai L (plastisitas rendah)

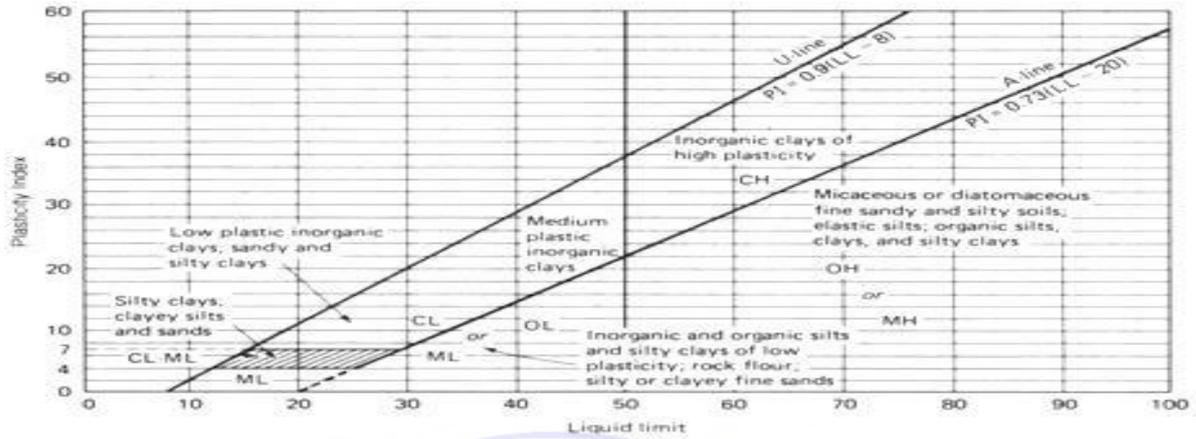
- b. Untuk jenis tanah H (plastisitas tinggi), jika uji batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada pada bawah garis A, maka tentukanlah apakah tanah termasuk kedalam kategori OH (organik) atau MH (anorganik). Apabila plotnya berada pada atas garis A, maka tanah akan diklasifikasikan sebagai tanah CH (organik plastisitas tinggi).
- c. Untuk jenis tanah L (plastisitas rendah), jika uji batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada pada bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan jika tanah tersebut masuk kedalam kategori OL (*organic*) atau ML (anorganik) berdasarkan jenis warna, bau atau perubahan batas cair dan batas pada plastisitasnya dengan cara mengeringkannya di dalam oven.
- d. Jika uji batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada pada area yang diarsir, dekat dengan garis A, atau nilai batas cair sekitar 50%, maka dapat menggunakan simbol ganda.

Misalnya dari hasil pengujian di laboratorium didapat data batas plastis (PL) = 16 %, batas cair (LL) = 42%, sedangkan hasil analisis saringan diperoleh data seperti pada Tabel 1

Tabel 1 Persentasi analisis lolos saringan (Hardiyatmo, 2017).

Nomor Saringan	% Butiran Lolos
4 (4,75 mm)	100
10 (2,00 mm)	93,2
40 (0,42 mm)	81,0
200 (0,075 mm)	61,5

Karena nilai lolos persentase lolos saringan No.200 sebesar 61,5% yang artinya nilai lolos saringannya lebih besar 50% maka harus digunakan kolom bawah yaitu butiran halus. Karena nilai batas cair senilai 42% (lebih kecil dari 50%), maka termasuk kedalam klasifikasi CL atau ML. kemudian hitunglah nilai *Plasticity Index* ( $PI = LL - PL = 42\% - 16\% = 26\%$ ). Nilai-nilai pada PI dan LL di gambar kedalam diagram plastis, sehingga dapat ditentukan letak titiknya berada di atas garis A, dan nilai PI menempati zone CL. Jadi tanah tersebut dapat dikelompokkan sebagai tanah lempung anorganik plastisitas rendah (CL).



Gambar 1 Klasifikasi Tanah Dengan Metode USCS(Hardiyatmo, 2017).

Tabel 2 Sistem Klasifikasi *Unified*(Hardiyatmo, 2017).

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Formulasi	
Tanah berbutir kasar, 50% butiran tertahan saringan No. 4 (0,75 mm)	Kerikil, 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan No. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih, sedikit atau tak ada butir halus	GW GP	$C_u = \frac{D_{10}}{D_{60}} > 4; C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1 - 3$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil, banyak kandungan butir halus	GM GC		
	Pasir, 50% atau lebih dari fraksi kasar lolos saringan No. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih, sedikit atau tak ada butir halus	SW	$C_u = \frac{D_{10}}{D_{60}} > 6; C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1 - 3$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
			SP		
		Kerikil, banyak kandungan butir halus	SM		Klasifikasi yang mempunyai simbol ganda Batas atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
			SC		
Tanah berbutir halus, lebih 50% butiran lolos saringan No. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung, batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung Lempung tak organik dgn plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (lean clays) Lanau organik & lempung berlanau organik dgn plastisitas rendah	Diagram plastisitas untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berati batasan klasifikasinya menggunakan simbol ganda	
		CL			
		OL			
	Lanau dan lempung, batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastic Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
		CH			
		OH			
Tanah dengan kadar Organik Tinggi		Pt	Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D. 2488	

### 2.2.2 Sistem Klasifikasi AASTHO

Tahun 1929 sistem klasifikasi tanah AASTHO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), umumnya berguna untuk menentukan kualitas tanah pada saat merencanakan timbunan pada jalan, subbase, dan subgrade. Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam tujuh kelompok, yaitu A-1 sampai A-7. Sistem ini mengalami beberapa kali perbaikan, yang akhirnya dipakai oleh AASTHO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) pada tahun 1945.

Klasifikasi pada kelompok A-1, A-2, dan A-3 merupakan jenis tanah *granuler* yang partikel tanahnya lolos saringan No.200 kurang dari 35%. Jenis tanah yang lolos saringan No.200 lebih dari 35% biasanya masuk kedalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Jenis tanah yang masuk kedalam kelompok ini biasanya jenis tanah lempung dan lanau. Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Ukuran partikel
  - A Kerikil merupakan jenis partikel tanah yang lolos saringan berukuran 75 mm dan partikelnya tertahan pada saringan No.10 (2 mm).
  - B Pasir merupakan jenis tanah yang partikelnya lolos saringan No.10 (2 mm) dan tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm).
  - C Lempung dan lanau merupakan bagian tanah yang lolos pada saringan No.200.

## 2. Plastisitas

Tanah lanau digolongkan sebagai tanah berbutir halus yang memiliki indeks plastisitas, PI sebesar 10 atau kurang. Dan akan dikategorikan sebagai tanah lempung apabila memiliki nilai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

3. Jika batuan yang ukurannya lebih dari 75 mm yang ditemukan dalam contoh sampel tanah yang akan ditentukan jenis klasifikasinya, maka batuan tersebut harus di pisahkan terlebih dahulu dari sampel tanah yang akan di klasifikasikan. Akan tetapi sebelum dipisahkan persentase berat batuan harus di catat agar mengetahui berapa berat batuan yang sudah dipisahkan .

Sistem ini mengelompokkan tanah dengan cara menyesuaikan data uji coba dengan angka-angka yang diberikan pada tabel sistem klasifikasi AASTHO, kemudian dibaca dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan sehingga menemukan kelompok pertama data pengujian tanah yang terpenuhi. Khusus untuk tanah yang bercampur dengan tanah berbutir halus harus diidentifikasi lebih lanjut sesuai dengan indeks kelompoknya. Indeks kelompok tanah harus sesuai dengan kelompok tanah yang dapat diklasifikasikan berdasarkan partikel butiran tanah, seperti pada tabel-tabel berikut.

Tanah yang berbutir kasar (*granuler soils*), diklasifikasikan menjadi tujuh kelompok, seperti pada tabel berikut :

Tabel 3 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah *Granuler*) (Braja M. Das, “Buku Mekanika Tanah Jilid 1”).

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir ( <i>Granuler Soil</i> ) (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi Ayanan	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Maks 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	- Maks 6	- Maks 6	Non Plastisitas	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe materia yang paling dominan	Batu pecah kerikil pasi	Pasir Halus	Kerikil dan pasir yang berlanau				
Penilaian sbg bahan tanah dasar	Baik Sekali sampai Baik						

Sistem pada tabel tanah di atas di bagi menjadi tujuh kelompok, yang diberi nama dari A-1 sampai A-7. Dimana semakin kecil angkanya, maka akan semakin baik untuk bahan subgrade pada jalan, dan sebaliknya semakin besar angkanya maka akan semakin jelek untuk digunakan sebagai subgrade. Khusus pada tanah kelompok A-3, lebih baik dari pada semua jenis tanah dalam kelompok A-2 sebagai bahan untuk subgrade pada jalan.

Tanah berbutir halus (*finer soils*), dikelompokkan menjadi empat kelompok, seperti pada tabel berikut :

Tabel 4 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah *Finer*) (Braja M. Das, “Buku Mekanika Tanah Jilid 1”).

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
	A4	A5	A6	A7 A7-5 A7-6
Analisis Ayakan (%) lolos) No. 10 No. 40 No. 200	- - Min 36	- - Min 36	- - Min 36	- - Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sbg bahan tanah Dasar	Biasa sampai Jelek			

**Keterangan :**

Untuk kelompok tanah A-7 di bagi atas A7-5 dan A7-6, tergantung pada batas plastisitasnya (PL) :

- PL > 30 ; klasifikasinya A7-5
- PL < 30 ; Klasifikasinya A7-6

Pengujian tanah yang digunakann dalam klasifikasi ini adalah “uji batas-batas Atterberg” dan “analisis saringan”. Kemudian hitung indeks kelompok yang

digunakan untuk mengevaluasi pengelompokan tanah. Indeks kelompok dapat di hitung menggunakan persamaan berikut :

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

Dimana :

F = persen lolos saringan No.200

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Jika nilai indeks pada kelompok semakin tinggi, maka akan semakin berkurang ketepatan dalam memilih penggunaan tanah tersebut atau gradasi tanahnya jelek. Tanah granuler dapat diklasifikasikan pada kelompok A1 samapi A3. Tanah berbutir halus dapat di diklasifikasikan pada kelompok A4 samapi A7.

Tanah pada klasifikasi A1, merupakan tanah granuler yang memiliki gradasi baik, tanah klasifikasi A3, adalah tanah berpasir bersih yang memiliki gradasi buruk. Sedangkan tanah klasifikasi A2 merupakan tanah granuler yang tanahnya lolos 35% pada saringan No.200, tetapi masih memiliki kandungan tanah lanau dan lempung.

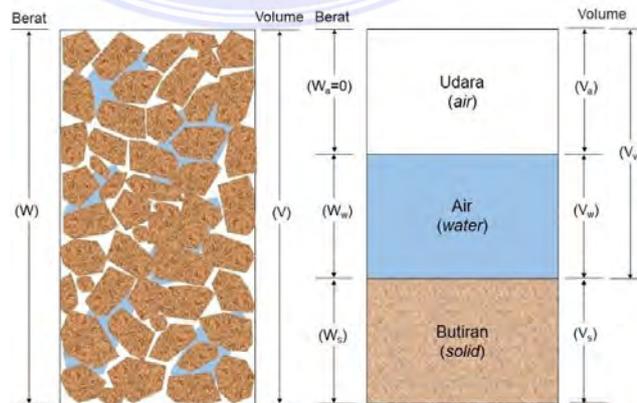
### 2.3 Stabilisasi Tanah

Tanah merupakan material utama dalam membangun suatu kontruksi, baik itu kontruksi bangunan maupun kontruksi jalan, tanah akan menimbulkan masalah pada kontruksi bila tanah memiliki sifat-sifat yang buruk. Sifat-sifat tanah yang buruk akan kurang menguntungkan bila digunakan sebagai dasar tumpuan pada suatu kontruksi, antara lain plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, kemampuan atau perubahan volume yang besar yang diakibatkan oleh kembang

susut yang besar. Beragam cara yang digunakan untuk memperbaiki kekuatan dari tanah lempung, diantaranya dengan menambahkan bahan kimia pada tanah.

Secara umum stabilisasi tanah merupakan suatu usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan cara menambahkan material tambahan pada tanah, agar dapat menaikkan kualitas kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser pada tanah. Metode stabilisasi tanah yang paling banyak digunakan ialah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis ialah metode perbaikan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan memperbaiki struktur pada tanah dan memperbaiki sifat-sifat mekanis pada tanah, sebaliknya stabilisasi secara kimiawi adalah menambah kekuatan dan kuat daya dukung pada tanah dengan cara mengurangi sifat-sifat teknis pada tanah yang kurang bagus dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen. Metode atau cara untuk memperbaiki sifat-sifat pada tanah ini akan sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini dikarenakan dalam proses untuk memperbaiki sifat-sifat pada tanah akan terjadi proses kimia yang akan memerlukan waktu untuk zat pada bahan kimia yang ada didalam *additive* untuk bereaksi.

## 2.4 Sifat Fisik Tanah



Gambar 2. Diagram Fase Tanah (Hardiyatmo, 2017)

Istilah umum yang sering dipakai untuk hubungan berat ialah kadar air (*monsture content*) dan berat volume (*unit weiht*) definisi dari istilah-istilah tersebut ialah sebagai berikut :

#### 2.4.1 Kadar Air

Kadar air (W) atau disebut *water content*, dapat dijelaskan sebagai perbandingan antara berat pada air dan berat padat dari volume tanah yang diselidiki. Adapun nilai pada kadar air (*water content*) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100\%$$

Keterangan :

w = kadar air (%)

M<sub>w</sub> = massa air (gram)

M<sub>s</sub> = massa butiran tanah (gram)

#### 2.4.2 Berat Volume Tanah

Berat bolume (γ) ialah berat pada tanah untuk per satuan volume, dengan rumus dasar :

$$\gamma = \frac{M_w + M_s}{V}$$

Keterangan :

γ= berat volume

V= volume total

### 2.4.3 Berat Volume Tanah Kering

Berat volume tanah kering ( $\gamma_k$ ) dapat dihitung dengan rumus :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_h}{1 + W}$$

### 2.4.4 Berat Jenis

Berat jenis spesifik dari butiran tanah (bagian padat) dibutuhkan untuk bermacam-macam keperluan seperti perhitungan dalam mekanika tanah. Berat tersebut dapat ditentukan dengan akurat dilaboratorium. Berat spesifik atau berat jenis dapat didefinisikan sebagai perbandingan anatar volume butiran tanah dengan berat volume air, Adapun berat jenis dapat dihitung dengan rumus :

$$G_s = \frac{M_w}{V_s \cdot T_w}$$

Keterangan :

$G_s$  = Berat jenis (gram/cm<sup>3</sup>)

$W_s$  = Berat butir padat (gram)

$V_s$  = Volume butir padat (cm<sup>3</sup>)

$T_w$  = Berat air pada volume air pada temperature 4°C

Berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Berat jenis 2,67 biasanya digunakan usebagai tanah-tanah tak berkohesi. Sedangkan untuk tanah berkohesi berkisar antara 2,68 sampai 2,72 (Hardiyatmo, 2017).

Tabel 5 Nilai-nilai Berat Jenis (Hardiyatmo, 2017).

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau tak organic	2,62 - 2,68
Lempung organic	2,58 – 2,65
Lempung tak organic	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

#### 2.4.5 Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*)

Tanah lempung mempunyai ciri-ciri yang mudah diremas (*remoulded*) tidak menimbulkan retak-ratak. Sifat kohesi ini diakibatkan karena adanya kandungan air yang terserap disekeliling permukaan partikel lempung (Das, 2018). Pada tahun 1900, seorang ilmuwan yang bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi pada tanah berbutir halus yang berkadar air bervariasi. Jika kadar air pada tanah sangat tinggi, pencampuran tanah dan air akan menjadi sangat lunak seperti cairan. Karena, atas pada dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dibedakan menjadi empat keadaan dasar, yaitu : tanah padat, tanah semi padat, tanah plastis, dan tanah cair. Kadar air dapat dinyatakan dalam persen, dimana akan terjadi transisi dari keadaan yang padat ke dalam semi padat diartikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air yang terjadi transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis disebut batas plastis (*plastis limit*), dan dari keadaan plastis ke

keadaan cair dapat dinamakan sebagai batas cair (*liquid limit*), batas-batas tersebut dapat disebut sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*)

1. Batas cair (*liquid limit*),  $W_L$ .

Batas cair merupakan nilai dari kadar air tanah yang pada keadaan batas antara keadaan cair dengan keadaan plastis, atau nilai batas atas pada daerah plastis. Pada uji laboratorium, batas cair dapat diartikan sebagai kadar air hasil 25 kali pukulan untuk menutup celah standar yang dibuat pada tanah sepanjang 12,7 mm

2. Batas plastis (*plastis limit*),  $W_p$

Batas plastis dapat diartikan sebagai nilai kadar air pada keadaan antara daerah plastis dengan daerah semi padat, yang dimana persentase kadar air pada tanah yang berdiameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak Ketika digulung.

3. Indeks plastis

Indeks plastis adalah selisih antara batas cair dan batas plastis suatu tanah, dengan rumus :

$$PI = LL - PL$$

Keterangan :

PI = indeks plastisitas

LL = liquid limit

PL = plastic limit

PI adalah interval kadar air tanah yang bersifat plastis dan dapat menunjukkan sifat plastis pada tanah. Jika interval plastis kadar air kecil maka dapat disebut tanah

kurus dan sebaliknya disebut tanah gemuk, batas tentang indeks plastisitas, sifat dan macam tanah serta kohesinya diberikan oleh Atterberg terdapat dalam tabel 6.

Tabel 6 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Hardiyatmo, 2017).

Ip	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Nonplastisitas	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

#### 4. Batas susut (*shrinkage limit*), $w_g$ .

Batas susut adalah nilai kadar air yang dapat diartikan pada derajat kejenuhan = 100%, jadi untuk pada nilai-nilai dibawah ini tidak terdapat perubahan volume tanah jika tanah dikeringkan terus. Batas ini sangat penting didaerah kering dan untuk jenis tanah tertentu yang dapat mengalami penurunan volume yang sangat besar dengan adanya perubahan kadar air. Batas susut ini dinyatakan dengan persamaan :

$$W_s = \left( \frac{W_1 - W_2}{V_2} - \frac{(V_1 - V_2)T_w}{W_2} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

$W_1$  = berat tanah basah (gram)

$W_2$  = berat tanah kering oven (gram)

$V_1$  = volume tanah basah ( $\text{cm}^3$ )

$V_2$  = volume tanah kering oven ( $\text{cm}^3$ )

$T_w$  = berat isi air ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

## 2.5 Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk meletakkan bagian-bagian perkerasan seperti pondasi. Dengan demikian, tanah dasar merupakan konstruksi terakhir yang menerima beban infrastruktur di atasnya. tanah dasar terdiri dari tanah asli tanpa perkerasan tanpa perlakuan, dan dapat juga terdiri atas tanah asli pada galian atau bagian atas timbunan yang dipadatkan.

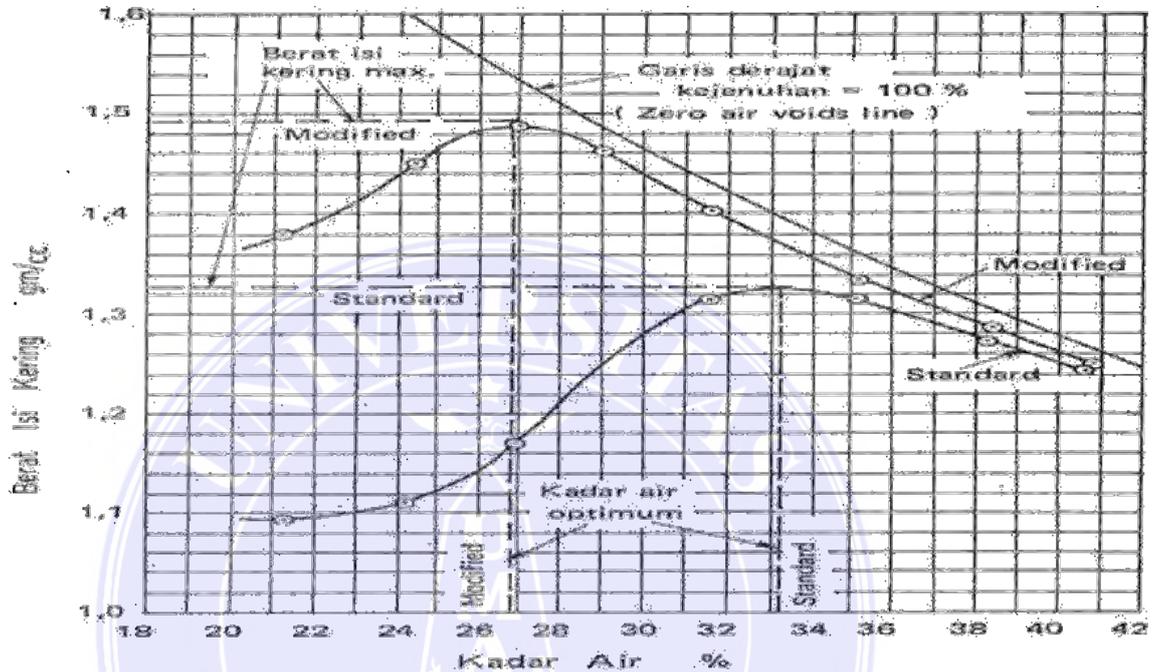
Sebagai pondasi pada perkerasan, harus memiliki kekuatan atau daya dukung terhadap beban dari infrastruktur, tanah dasar harus memiliki stabilitas volume akibat pengaruh lingkungan, terutama air. Tanah dasar yang memiliki stabilitas volume dan kekuatan yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi (misalnya gelombang atau alur) dan tanah akan mengalami keretakan.

## 2.6 Pemadatan Tanah

Pemadatan (*compaction*) merupakan suatu proses naiknya kerapatan pada tanah dengan cara memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara. Pemadatan memiliki fungsi untuk menaikkan kekuatan pada tanah, sehingga tanah meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Pemadatan dapat mengurangi resiko penurunan pada tanah dan meningkatkan kemantapan lereng timbunan (*embarkments*).

Derajat kepadatan pada tanah dapat dikur berdasarkan satuan kepadatan kering (*dry density*), yaitu massa partikel padat persatuan volume tanah. Kepadatan kering setelah dipadatkan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan oleh alat pemadat. Sifat dari pemadatan tanah dapat diketahui dari uji

standart di laboratorium. Percobaan-percobaan yang dilakukan dilaboratorim umumnya dikerjakan untuk mendapatkan berat pada volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah uji pemadatan proctor (*Proctor Compaction Test*).



Gambar 3 Grafik berat satuan kering terhadap kadar air (Braja M. Das, “Buku Mekanika Tanah Jilid 1”).

### 2.6.1 Uji Proctor Standar (*Standard Proctor Test*)

Pada uji proctor, tanah dipadatkan kedalam cetakan silinder yang memiliki volume  $1/30 \text{ ft}^3$  ( $= 943,3 \text{ cm}^3$ ). Cetakan tersebut memiliki diameter 4 inch ( $= 101,6 \text{ mm}$ ). selagi dilakukan percobaan di laboratorim, cetakan tersebut harus di klim pada sebuah plat dasar dan diatasnya diberi juga perpanjangan yang berbentuk silinder. Tanah dicampur dengan kadar yang berbeda-beda lalu dipadatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan tanah dilakukan dalam 3 lapisan dan jumlah tumbukkan adalah 25 tumbukkan pada setiap lapisan. Berat penumbuk tersebut adalah 5,5 lb ( $= 2,5 \text{ kg}$ ) dan memiliki tinggi jatuh sebesar 12 inch ( $304,8 \text{ mm}$ ).



Gambar 4 Peralatan pada pengujian proctor standar (Braja M. Das,"Buku Mekanika Tanah Jilid 1").

Berat volume kering maksimum dinyatakan sebagai berat volume kering dengan tanpa rongga udara atau berat volume kering saat tanah menjadi jenuh ( $\gamma_{zav}$ ), dapat dihitung dengan persamaan :

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + w G_s}$$

Karena saat jenuh ( $S = 1$ ) dan  $e = w G_s$ , maka

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e}$$

Keterangan :

$\gamma_{zav}$  = berat volume pada kondisi *zero air void* ( $t/m^3$ )

$\gamma_w$  = berat volume air ( $Cc$ )

$e$  = angka pori

$G_s$  = berat spesifik butiran pada tanah

Berat volume kering ( $\gamma_d$ ) setelah dilakukan pemadatan pada kadar air  $w$  dengan kadar udara (*water content*)  $A$  ( $A = V_a / V = \text{volume udara/volume total}$ ) dengan rumus persamaan :

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s (1 - A)\gamma_w}{1 + wG_s}$$

### 2.6.2 Percobaan pemadatan modified (*Modified Proctor Test*)

Pengujian Modified Proctor dilakukan dengan tetap menggunakan mold volume  $1/30 \text{ ft}^3 (= 943,3 \text{ cm}^3)$ , dan jumlah tumbukkan per lapis tetap 25 tumbukkan. Yang membedakan adalah berat dari penumbuk sebesar 10 lb (=4,54 kg), dan tinggi jatuh penumbuk 1,5 *feet* (45,72 cm), serta jumlah lapisan sebanyak 5 lapis.

Jika berat volume kering maksimum dapat dinyatakan sebagai berat volume kering tanpa rongga udara atau berat volume kering jenuh ( $\gamma_{sav}$ ), yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$\gamma_{sav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + wG_s}$$

Karena tanah pada saat jenuh  $S = 1$ , dan  $e = w \cdot G_s$ , maka persamaan tersebut harus disederhanakan sebagai berikut :

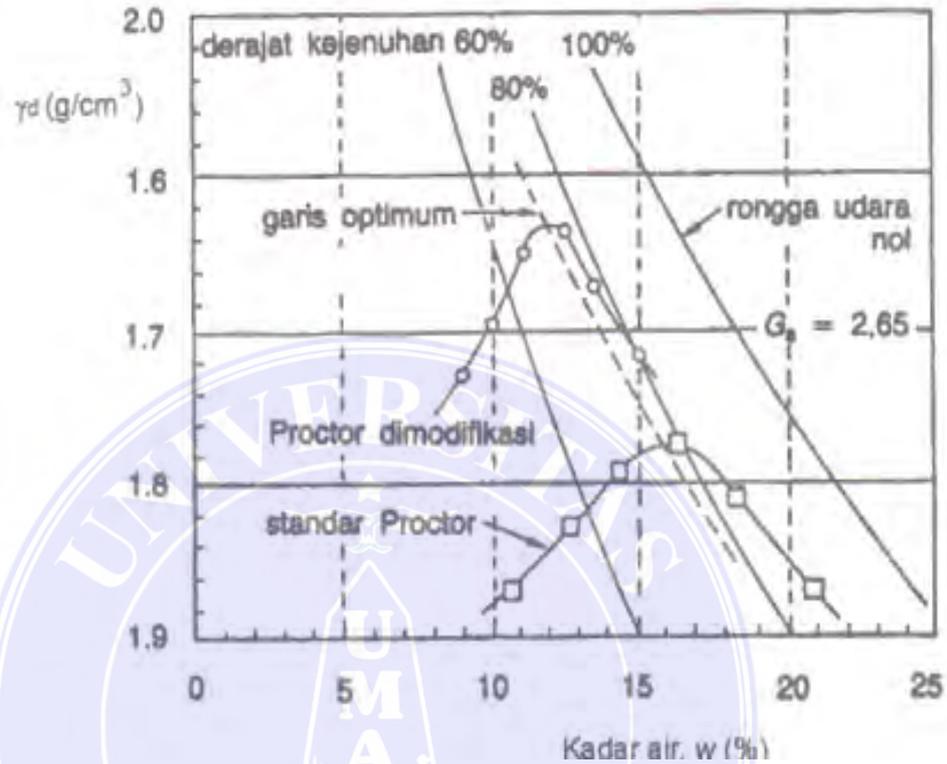
$$\gamma_{sav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + e}$$

Pada kadar air ( $w$ ), dan kadar udara ( $A$ ), yang mana  $A = \frac{V_a}{V}$ , maka berat volume kering dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\gamma_d = \frac{G_s (1 - A)\gamma_w}{1 + wG_s}$$

Untuk tanah dengan berat jenis ( $G_s$ ) = 2,65 dapat dibuat gambaran hubungan antara berat volume kering dengan kadar air, pada kadar udara

tertentu dari hasil uji proctor standar atau uji proctor modified, padat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 5. hubungan  $\gamma_d$  vs  $w$ , pada kadar udara A (tertentu) dari Hasil Uji Proctor Standar & Proctor Modified (Das, 1997)

## 2.7 Analisa Ukuran Butiran Tanah

Tanah memiliki sifat-sifat yang sangat bergantung terhadap butirannya. Besarnya butiran tanah akan menjadi dasar untuk mengklasifikasikan tanah. Oleh karena itu, Analisa butiran tanah akan menentukan presentase besar butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter tertentu (Hardiyatmo, 2017).

### 2.7.1 Tanah berbutir kasar

Ukuran tanah untuk berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaring tanah tersebut. Dengan cara, tanah harus disaring dengan saringan standart. Berat tanah yang tertinggal pada masing-masing saringan harus ditimbang, lalu presentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Contoh nomor-

nomor saringan dan diameter lubang dari satandart amerika dapat dilihat dalam tabel 7 (hardiyatmo, 2017).

Tabel 7 Saringan standart Amerika( Braja M. Das, “Buku Mekanika Tanah Jilid 1”).

No. Ayakan	Diameter Lubang Ayakan (mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2.00
20	0.85
30	0.60
40	0.425
50	0.30
60	0.25
80	0.18
100	0.15
140	0.106
170	0.088
200	0.075

### 2.7.2 Tanah berbutir halus

Ukuran tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar, dapat ditentukan dengan sedimentasi. Metode ini didasarkan pada hukum Stokes, yang berkenaan dengan kecepatan terhadap butiran pada larutan suspensi (Hardiyatmo, 2017).

Menurut Stokes, kecepatan terhadap butiran dapat ditentukan dari persamaan :

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\mu} D^2$$

Keterangan :

$V$  = kecepatan, sama dengan jarak/waktu (L/t)

$\gamma_w$  = berat volume air (g/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_s$  = berat volume butiran padat (g/det/cm<sup>2</sup>)

$\mu$  = kekentalan air absolut (g.det/cm<sup>2</sup>)

$D$  = diameter butiran tanah (mm)

Hukum Stokes tidak cocok untuk butiran yang lebih kecil dari 0,0002 mm, karena gerak turunnya butiran akan dipengaruhi oleh gerak Brownian.

Pada pengujian hydrometer, tanah benda uji sebelumnya harus di pisahkan dari zat organik, kemudian tanah dilarutkan kedalam air destilasi yang dicampur dengan bahan pendeflokulasi yang dapat berupa sodium hexametaphosphate agar setiap partikel-partikel mejadi bagian yang terpisah satu dengan yang lain (Hardiyatmo, 2017).

## 2.8 California Bearing Ratio Test (CBR)

Tanah yang digunakan untuk lapisan pada konstruksi umumnya memerlukan proses pemadatan agar mampu menerima beban sesuai yang akan direncanakan. Salah satu cara agar mengukur kekokohan (*bearing*) lapisan tanah adalah pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

*California Bearing Ratio* (CBR) merupakan perbandingan antara penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dan dinyatakan dalam persentase. Jika semakin keras suatu bahan yang digunakan maka akan semakin tinggi nilai CBR yang akan dihasilkan. Metode pengujian ini dikembangkan pada tahun 1930 oleh California Division of Highways dan disesuaikan oleh berbagai institusi dari berbagai negara. Lebih jelas lagi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$CBR = \frac{P_T}{P_S} \times 100\%$$

Keterangan :

$P_T$  = beban percobaan

$P_S$  = beban standar

Harga CBR merupakan nilai yang menyatakan suatu kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar yang memiliki kesamaan berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban suatu infrastruktur.

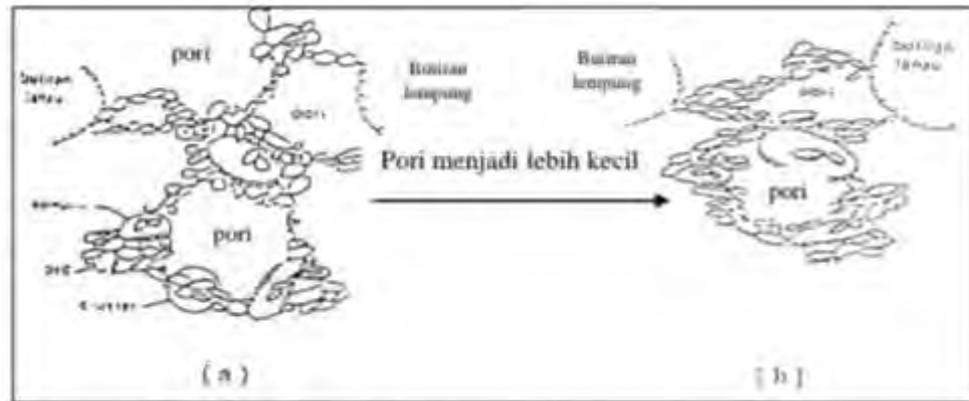
Pengujian ini pada dasarnya dilakukan dengan cara mengukur beban yang diperlukan oleh batang penekan berukuran standart untuk menembus tanah pada kecepatan tertentu. Dengan demikian, *California Bearing Ratio* ialah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk mendorong batang masuk kedalam batu pecah sampai kedalaman tertentu, yang dinyatakan kedalam persen. Dalam hal ini, beban

dapat dinyatakan kedalam satuan mega pascal (*psi*) dimana untuk batu pecah sudah dibuat standarnya. Kedalaman yang biasa dijadikan acuan adalah 2,5 atau 5 mm (0,1 atau 0,2 in) meskipun kedalamannya 7, 5, 10 dan 12,5 mm (0,3, 0,4, dan 0,5 in) juga dapat digunakan bila diperlukan.

## 2.9 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. Menurut Terzaghi dalam keadaan kering sampai keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah (Das,2018).

Tanah lempung memiliki beberapa sifat yang bisa membedakannya dengan tanah lain yaitu dengan ukuran butirannya yang halus (kurang dari 0,002 mm), memiliki permeabilitas yang rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif , serta memiliki proses konsolidasi yang berbersifat lambat. banyak penelitian yang membahas tanah lempung dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) yang membahas bahwa masing-masing partikel berkelompok atau berfokusasi Bersama-sama dalam satuan struktur sub-mikroskopis yang dapat disebut domain, hal ini ditunjukkan oleh banyak peneliti (Collin, 1973 dalam Bowles, 1991). Domain- domain tersebut membentuk kelompok yang juga submikroskopis disebut *cluster*, pengelompokan terjadi karena terjadinya gaya antar partikel yang berkerja pada satuan-satuan dasar yang kecil, cluster mengelompokkan dan membentuk ped dengan ukuran yang mikroskopis, ped ini pada keadaan makro struktur lainnya membentuk tanah berstruktur makro.



Gambar 6 Struktur tanah lempung (a)Lempung asli sebelum diberi tekanan (lempung yang telah mendapat tekanan (Bowles “ Buku Mekanika Tanah Jilid 1”).

Pada gambar 6 (a) tanah lempung terdiri dari sedimen yang porous dan berflokulasi serta bercampur dengan bercampur dengan butiran tanah lanau, pada susunan partikel-partikelnya memiliki banyak rongga udara yang berukuran relative besar dapat dibandingkan dengan ukuran butir-butir tanah itu sendiri, dengan demikian mengakibatkan tanah lempung mudah mengalami penurunan sangat awal yang sangat besar apabila saat menerima beban (tekanan). Sedangkan pada gambar 6 (b) posisi *cluster*, *domain* dan pad menjadi lebih sejajar dan yang semula terpisah-pisah, hal ini disebabkan tanah tersebut mendapatkan pembebanan atau tekanan.

### 1. Karakteristik Tanah Lempung

#### a. Hubungan antar plastisitas dengan dehidrasi

Partikel tanah lempung hamper selalu terhidrasi, yaitu dikelilingi lapisan-lapisan air teradsorbsi, lapisan ini biasanya memiliki tebal 2 molekul dan dapat disebut sebagai lapisan difusi, daya ikat terhadap

air sangat kuat sehingga berperilaku lebih padat dari pada benda cair (bowles, 1991).

Jika lapisan ini terdifusi mengalami dehidrasi pada suhu temperature yang rendah dibawah temperature matahari, umumnya plastisitasnya dapat dikembalikan lagi dengan menambahkan air secukupnya, namun apabila dehidrasi terjadi pada temperature yang sangat tinggi dari temperature sinar matahari, maka sifat plastisitasnya semula secara permanen.

b. Hubungan antara plastisitas dan fraksi tanah lempung

Ketebalan air mengelilingi butiran lempung tergantung dari macam mineralnya, jadi plastisitas lempung tergantung dari sifat mineral lempung yang ada pada butirannya dan jumlah mineralnya (Harditmo, 2017).

Menurut Skempton (2018) dalam hardiyatmo (2017), berdasarkan pengujian laboratorium pada beberapa tanah diperoleh bahwa indeks plastisitas berbanding langsung dengan persen ukuran lempung (yaitu persen dari berat yang lebih kecil dari ukuran 0,002 mm), nilai perbandingan ini disebut aktifitas.

2. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung menurut Hardiyatmo (2017)

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

f. Proses konsolidasi lambat,

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur ukuran tanah lanau maupun pasir dan kemungkinan juga dapat bercampur bahan organik.

### 3. Susunan tanah lempung

Pelapukan akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan berdiameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang dapat disebut mineral lempung. Partikel tanah lempung terbentuk seperti lembaran yang memiliki permukaan khusus, sehingga tanah lempung memiliki sifat yang sangat mempengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat kira-kira 15 macam mineral yang dapat diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok : *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polyorskite*. Terdapat pula kelompok yang lain, misalnya : *chlorite*, *vermiculite*, dan *hallosite*.

Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika tetrahedral dan aluminium oktahedra. Silika dan aluminium secara parsial dapat diganti oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dapat dikenal sebagai *substitusi isomorf*. Kombinasi susunan dari kesatuan dalam bentuk susunan lempeng. Berbagai macam lempung terbentuk oleh kombinasi tumpukan dari susunan lempeng dasarnya dengan bentuk yang berbeda-beda (Hardiyatmo dkk, 2017).

## 2.10 Semen

Semen adalah material yang memiliki sifat-sifat *adhesive* dan kohesif yang berfungsi sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral yang menjadi satu kesatuan yang kompak. Semen dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu : semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis merupakan suatu bahan pengikat yang dapat mengeras jika diberi reaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air, seperti semen Portland, semen putih dan sebagainya. Sedangkan semen non-hidrolis merupakan semen yang tidak akan stabil dalam air.

Perbaikan tanah dengan menggunakan semen adalah suatu dampuran tanah yang dihancurkan, semen dan air yang kemudian dilakukan proses pemadatan yang akan menghasilkan suatu bahan baru yang dapat disebut material tanah-semen. Reaksi semen dengan tanah dan air akan membuat senyawa yang mengeras yang dapat memperbaiki kekuatan pada tanah dan sifat-sifat teknis pada tanah menjadi lebih kuat dan lebih tahan terhadap air. Semen Portland sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampur batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan tanah lempung yang mengandung silika (SiO<sub>2</sub>), oksida alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), didalam oven dengan suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, dan digiling sampai halus dan ditambahkan gips sekitar 3-5%, untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat. Umumnya semen yang dipilih sebagai bahan *stabilizer* dalam pekerjaan perbaikan tanah adalah semen Portland. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel semen Portland relatif halus ( $\pm 20$  micron), sehingga proses hidrasinya lebih cepat. Menurut (Ingles & Metcalf, 1972), bahwa pengguna semen yang memiliki partikel

lebih halus dari saringan No. 200, akan memberikan tambahan kuat geser sampai 40%. Oleh sebab itu dalam spesifikasi yang sudah ditentukan dalam SNI 03 – 3438 – 1994, disyaratkan jenis semen untuk pekerjaan perbaikan jalan adalah semen Portland.

Sesuai dengan tujuan penggunaannya, semen Portland di Indonesia dapat dibagi kedalam beberapa tipe yaitu :

- a. Tipe I : perekat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang memiliki kandungan utama alsiium silikat dan digiling Bersama-sama dengan bahan tambahan yang berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Semen Portland tipe I digunakan untuk mengeraskan jalan, Gedung, jembatan, dan lain-lain jenis kontruksi yang tidak ada kemungkinan mendapat serangan sulfat dari tanah dan timbulnya panas hidrasi yang tinggi
- b. Tipe II : semen ini dalam penggunaannya memerlukan ketahan sulfat dalam panas hidrasi sedang. Semen Portland tipe II digunakan sebagai bangunan tepi laut, bendungan, dan irigasi, atau beton masa yang membutuhkan panas hidrasi rendah.
- c. Tipe III : semen ini memerlukan kekuatan yang ringgi pada fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Semen Portland tipe III digunakan untuk bangunan yang memerlukan kekuatan tekan yang tinggi (sangat kuat) seperti, jembatan-jembatan dan pondasi-pondasi berat.
- d. Tipe IV : semen ini penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Semen Portland tipe IV digunakan untuk pengecoran yang tidak

menimbulkan panas, pengecoran dengan menyemprotan (*setting time* yang lama)

- e. Tipe V : semen Portlan yang dalam penggunaannya hanya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Semen ini digunakan untuk instalasi pengolahan.

Mekanisme reaksi anantara mineral tanah dengan bahan semen, hamper memiliki kesamaan dengan mekanisme pada kapur-tanah, yang diawali dengan reaksi pertukaran ion (*ionic change reaction*), dan akan berlanjut dengan reaksi sementasi. Proses absoorsi air dan raksi pertukaran ion segera terjadi apabila semen ditambahkan pada tanah dengan air , yang diaman ion kalsium ( $Ca^{2+}$ ) yang dilepaskan melalui proses hidrolisis dan pertukaran ion akan berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung. Dengan reaksi ini, partikel-partikel lempung menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensi tanah menjadi lebih baik.

Tabel 8. Variasi Kadar Semen Sesuai Jenis Tanah Untuk Perkerasan Jalan (*Pavement Construction*) (Braja M. Das, “Mekanika Tanah Jilid 1”).

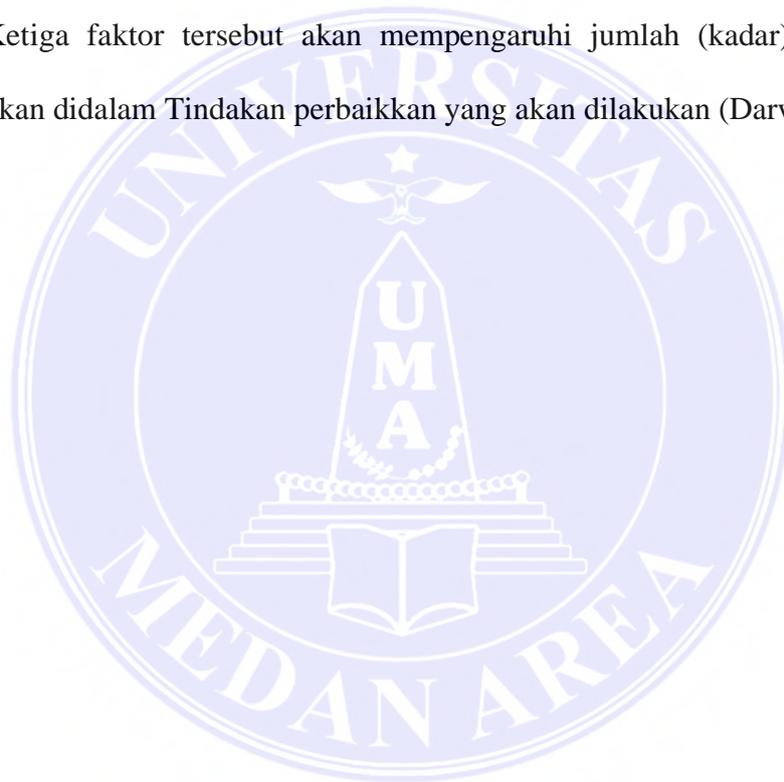
Jenis Tanah	Kebutuhan Semen (%)
Batuan pecah (fine crushed rock)	0,5 – 2,0
Lempung berpasir – berkerikil (well graded sandy clay gravel)	2,0 – 4,0
Pasir gradasi baik (well graded sand)	2,0 – 4,0
Lempung berpasir (sandy clay)	4,0 – 6,0
Lempung berlanau (silty clay)	6,0 – 8,0
Lempung (heavy clay)	8,0 – 12,0
Lumpur (very heavy clay)	12,0 – 15,0
(Tanah organik (organic soils)	10,0 - 15,0
Pasir gradasi buruk (poorly graded sand)	4,0 – 6,0

Hal lain yang memerlukan perhatian dalam pekerjaan perbaikan tanah dengan semen, adalah kualitas air pencampur. Para ahli membuktikan bahwa air yang

mengandung bahan organik dan garam sulfat, akan memberikan hasil yang kurang baik dalam stabilisasi semen-tanah. Oleh sebab itu air pemcampur yang digunakan, sebaiknya air yang sekualitas air minum. Dalam penerapan semen-tanah, desain pemcampuran sangat penting memperhatikan tiga hal, yaitu :

1. Kondisi tanah asli secara menyeluruh
2. Karakteristik semen yang digunakan
3. Tujuan Tindakan perbaikan yang diinginkan

Ketiga faktor tersebut akan mempengaruhi jumlah (kadar) semen yang diperlukan didalam Tindakan perbaikkan yang akan dilakukan (Darwis, 2017).



## BAB III

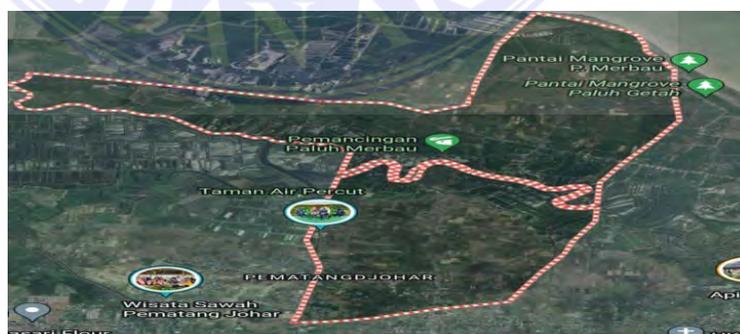
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel

Desa Tanjung Rejo merupakan desa di kecamatan Percut Sei Tuan, kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, yang memiliki luas 4,114 Ha yang wilayahnya terdiri dari perairan pesisir dan laut. Tanah di Kawasan ini merupakan tanah lempung yang memiliki sifat yang plastis. Tanah disini berdekatan dengan pantai mangrove yang dimana jenis tanahnya ialah tanah lempung. Sampel tanah dalam penelitian ini diambil pada Kawasan Desa Tanjung Rejo.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Universitas Katolik Santo Thomas, jl. Setia Budi, Kampung Tengah, kec. Medan. Pengujiannya mengambil sampel tanah lempung di lokasi pengambilan sampel yang berada di Desa Tanjung Rejo, Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang. Gambar 3.1 merupakan peta lokasi pengambilan sampel pada Kawasan Desa Tanjung Rejo.



Gambar 7. Peta Lokasi Tanah di Desa Tanjung Rejo (Google Maps).

### 3.3 Metode Pengambilan Sampel

Dilakukan pekerjaan 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 dimasukkan kedalam karung. Untuk tanah yang tidak terganggu sampel tanah dimasukkan kedalam pipa dengan panjang 70 cm dan berdiameter 4 inci kemudian ujung pipa kanan, kirinya ditutup plastik lalu diselasikan.

### 3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan didalam studi ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu nilai dari hal yang ingin ditinjau dan dibandingkan dengan syarat-syarat/peraturan mengenai pekerjaan yang sedang di uji coba, penelitian eksperimen ini dapat dilaksanakan didalam laboratorium, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai stabilisasi dengan menggunakan semen pada lokasi penelitian diambil tanah lempung Sialang Buah, kabupaten Serdang Berdagai, kemudian menganalisis aplikasi penggunaan semen sebagai bahan satbilisasi dilapangan penelitian ini dilakukan dua tahap, yaitu penelitian terhadap tanah asli (sebelum dicampur semen) dan penelitian setelah dicampur semen.

#### 1. Penelitian terhadap tanah asli

Adapun pengujian Indeks Properties yang dilakukan antara lain :

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

- b. Berat isi (sesuai dengan ASTM D 2937-83)
- c. Berat jenis (sesuai dengan ASTM D 854 - 58)
- d. Batas Cair (sesuai dengan ASTM D 2216-80)
- e. Batas plastis (sesuai dengan ASTM D 2216-80)
- f. Analisa saringan (sesuai dengan ASTM D 2487-69)
- g. Analisa hydrometer (sesuai dengan ASTM D 2487-69)

## 2. Penelitian terhadap tanah yang telah distabilisasi

adapun pengujian Engineering Properties yang dilakukan antara lain :

- a. Percobaan pemadatan (sesuai dengan ASTM D 3441-86)
- b. CBR Laboratorium (sesuai dengan ASTM D 1883-87)

### 3.5 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini adalah sebuah eksperimen, yaitu membuat suatu percobaan tentang suatu hal yang menarik. 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.
5. Uji CBR (*California Bearing Ratio*), yang bertujuan untuk menentukan daya dukung permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai

sebagai sub- base (urugan) atau sub-grade (lapisan tanah dasar).

### 3.6 Bahan Uji

Adapun beberapa bahan yang harus disiapkan meliputi :

1. Tanah, dalam penelitian ini tanah yang digunakan Adalah tanah lempung yang diambil dari Desa Tanjung Rejo, Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang
2. Semen, semen yang digunakan dari toko material
3. Air, air yang digunakan berasal dari laboratorium Mekanika Tanah Universitas Santo Thomas (UNIKA).

### 3.7 Pengujian Laboratorium

Dalam proses pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Santo Thomas ( UNIKA). Beberapa tahap pengujian antara lain adalah :

1. Indeks Properties, meliputi test kadar air (*water content*), batas cair, batas plastis dan berat jenis.
2. Engineering Properties, meliputi percobaan pemadatan standar proctor dan CBR *Unsoaked* Laboratorium.

### 3.8 Sampel Pengujian Penelitian

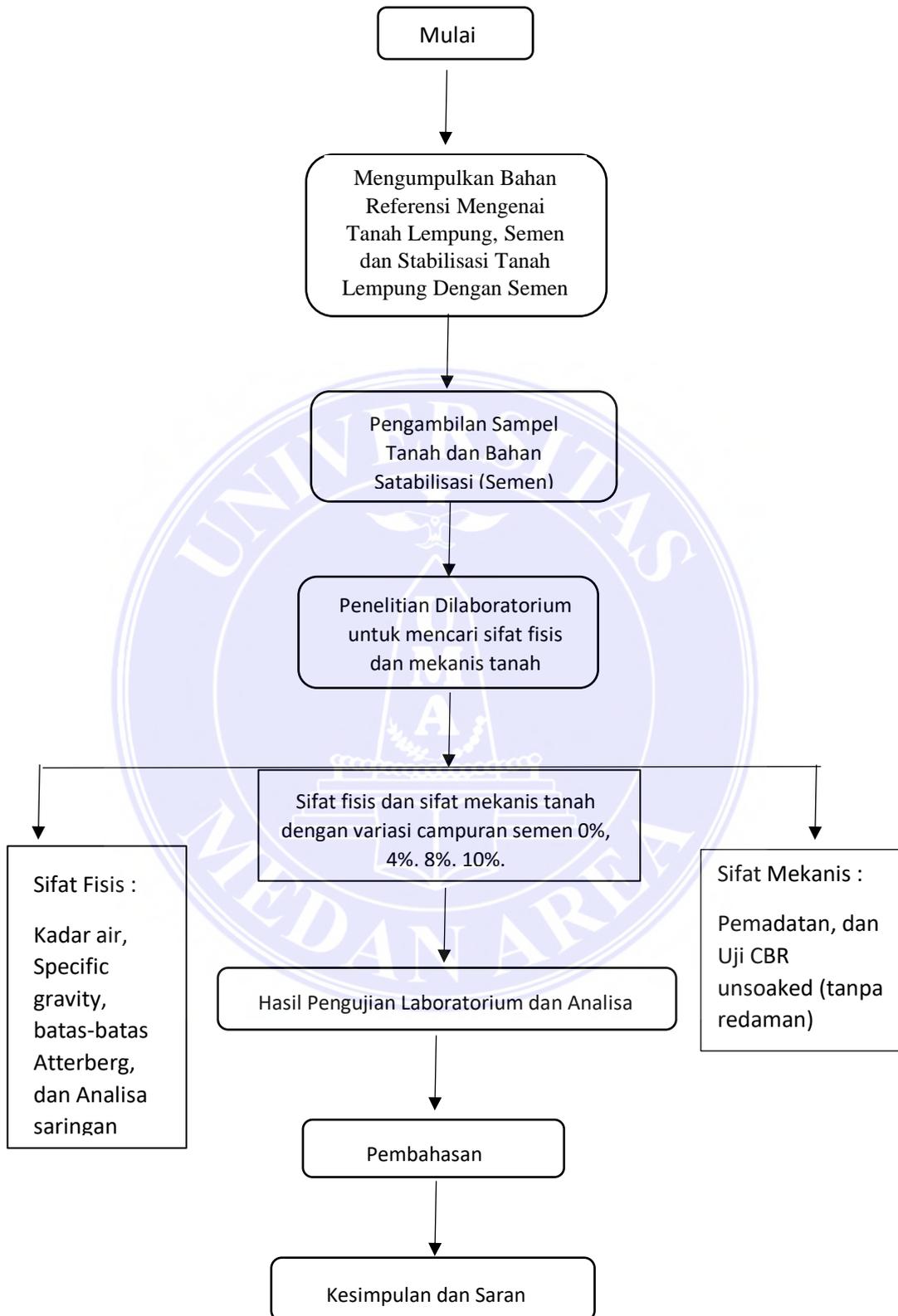
Penelitian ini sampel uji terdiri dari masing-masing material dan campuran yang digunakan berdasarkan variasi penambahan semen sebagai bahan campurannya yang jumlah penambahannya menggunakan perencanaan dari peneliti sendiri. Sampel uji ini dibuat secara detail adalah sebagai berikut:

Tabel 9 Sampel Pengujian (Laboratorium Unika 2023).

No	Pengujian	Jumlah Sampel					Jumlah Data Sampel
		Semen	Semen	semen	semen		
		asli	0%	4%	8%	10%	
	Pengujian						2
1	Butiran	2	-	-	-	-	
	Pengujian Kadar						2
2	Air	2	-	-	-	-	
	Pengujian Berat						10
3	Jenis	2	2	2	2	2	
	Pengujian Batas						10
4	cair (LL)	2	2	2	2	2	
	Pengujian Batas						10
5	Plastis(PL)	2	2	2	2	2	
	Pengujian						10
	Pemerataan						
6	Standart	2	2	2	2	2	
7	Pengujian CBR	1	1	1	1	1	5

Semakin banyak jumlah sampel maka data yang akan diperoleh akan semakin akurat .

### 3.9 Bagan Alir



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan oleh penyusun, maka dapat disimpulkan bahwa nilai CBR pada tanah lempung sebelum dilakukan pencampuran semen sebesar 2,035% dan mengalami peningkatan sebesar 5,238% saat pencampuran semen 10%

#### 5.2 Saran

1. Diperlukan penyelidikan tanah lempung pada tempat yang berbeda penurunan tanah lempung.
2. Proses pencampuran tanah dengan semen harus lebih diperhatikan agar mendapatkan data yang lebih akurat.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk sifat kimia tanah lempung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Idharmahadi. 1992. *Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*.
- Andriani, A., Yuliet, R., & Fernandez, F. L. 2012. “Pengaruh penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung daerah lambung bukit terhadap nilai CBR tanah”. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8 (1), 29-44.
- 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- $\mu$ 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.
- Darwis, H. (2017). *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: Pustaka AQ
- Hardiyatmo C. Hary. 2016. *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

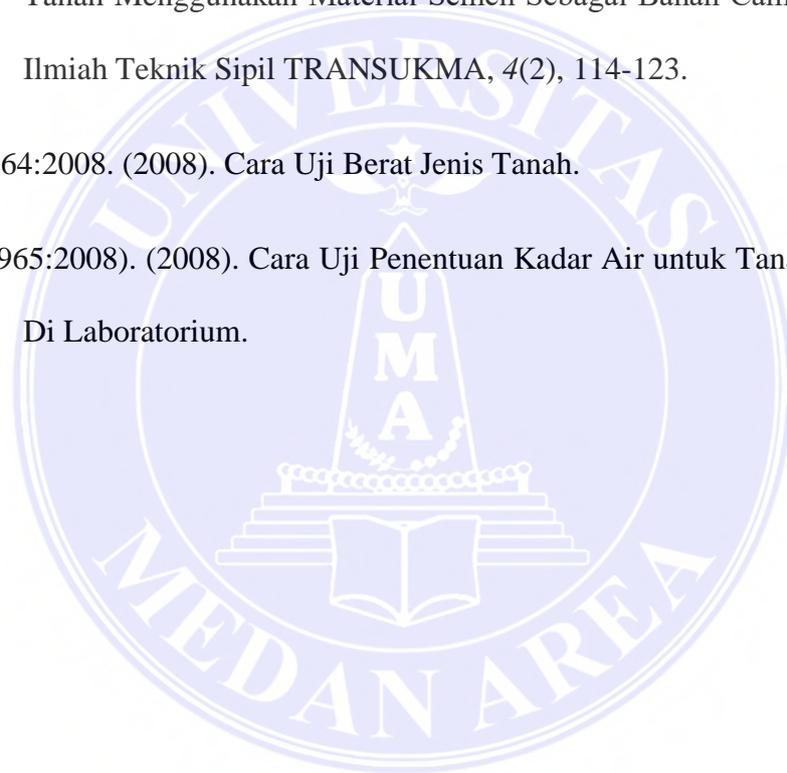
Kusuma, R. I., & Mina, E. 2016. “Tinjauan Sifat Fisis dan Mekanis Tanah (Studi Kasus: Jalan Carenang Kabupaten Serang)”. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2).

Razali, M. R., & Wijaya, O. 2016. “Nilai Cbr Pada Stabilisasi Tanah Dengan Semen Jalan Budi Utomo Unib Depan”. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 67-76.

Sugianto, A., Hendriyani, I., Utomo, G., & Rahmat, R. 2022. “Analisis Stabilisasi Tanah Menggunakan Material Semen Sebagai Bahan Campuran”. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA*, 4(2), 114-123.

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

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



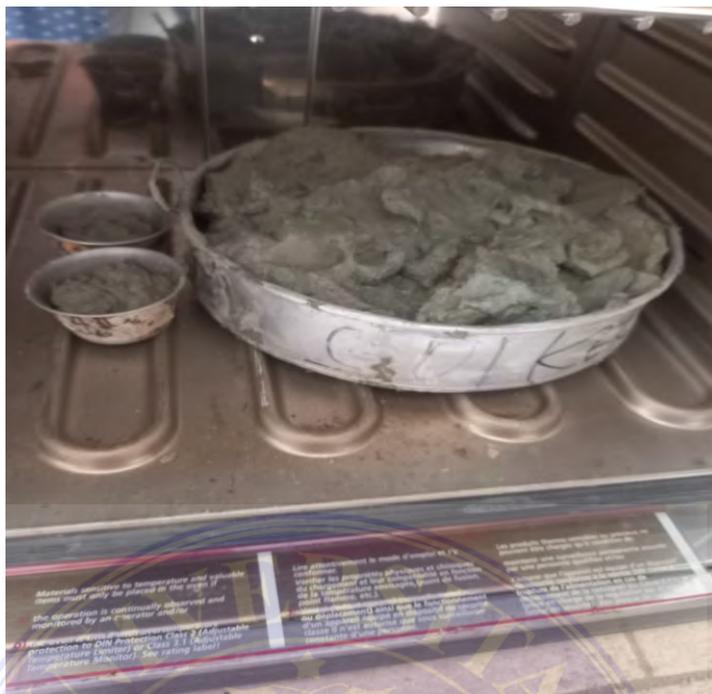
## LAMPIRAN



Tanah Lempung Dari Lapangan



Pengambilan Tanah Lempung Dari Lapangan



Pengeringan Sampel Tanah Di Dalam Oven



Proses Penghancuran/Penghalusan Sampel



Proses Penimbangan Sampel



Proses mencari nilai Atterberg Limit



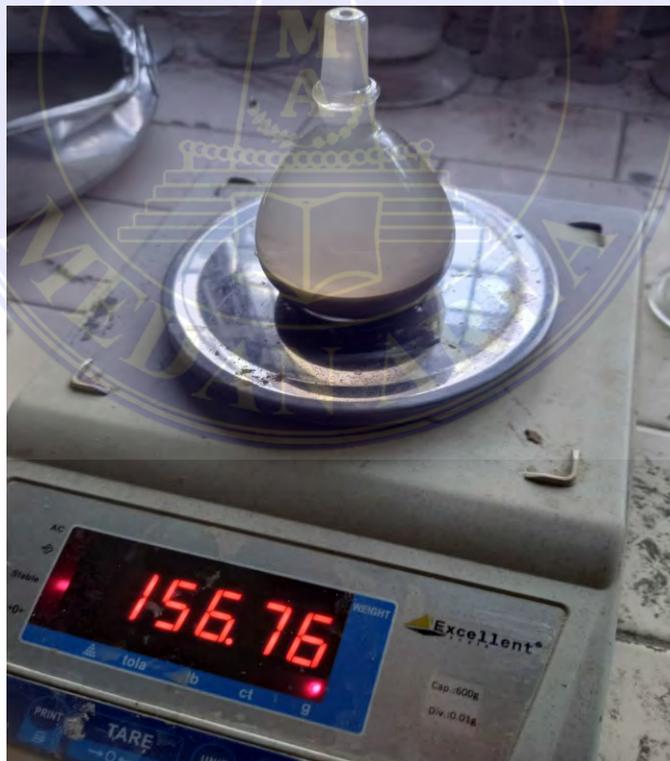
CBR laboratorium



Pan pemanas sampel



Sampel atterberg limit



Piknometer



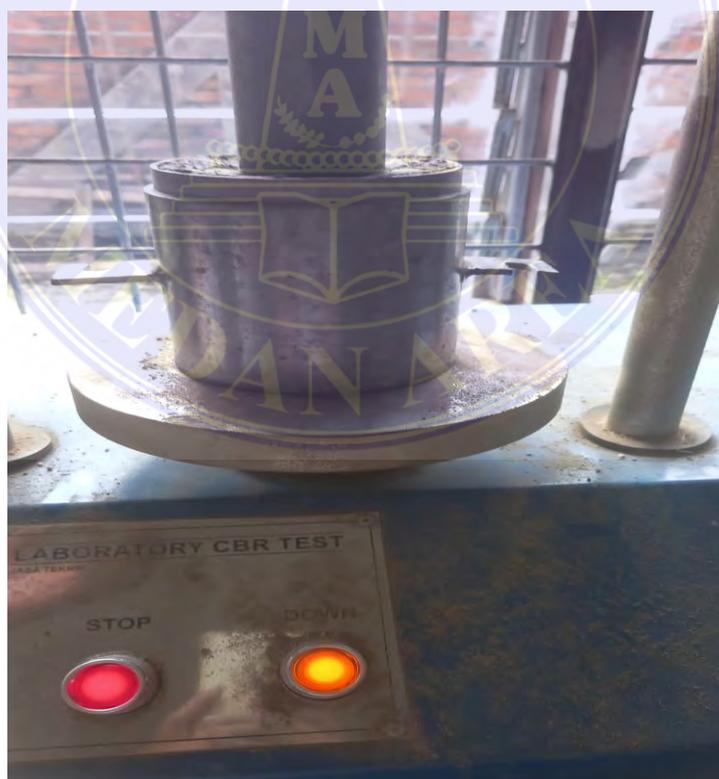
Saringan analisa tanah



Menimbang sampel pepadatan tanah



Gelas ukur



Uji penetrasi tanah menggunakan CBR laboratorium

