

**PENGARUH PENAMBAHAN LARUTAN ASAM SULFAT
(H₂SO₄) PADA NILAI CBR TANAH LEMPUNG EKSPANSIF
YANG TELAH DI STABILISASI LARUTAN NaOH 7,5%**



Oleh :

ANDRI KARAPA

4515041042

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2022






LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A.1182/FT/UNIBOS/VIII/2022 Tanggal 19 Agustus 2022, Perihal Pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 24 Agustus 2022
N a m a : **ANDRI KARAPA**
No.Stambuk : **45 15 041 042**
Judul Tugas Akhir : **“PENGARUH PENAMBAHAN LARUTAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) PADA NILAI CBR TANAH LEMPUNG EKSPANSIF YANG TELAH DI STABILISASI LARUTAN NaOH 7,5%”**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim penguji ujian sarjana strata satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : **Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT** 
Sekretaris (Ex. Officio) : **Ir. Fauzy Lebang, ST. MT** 
Anggota : **Ir. Hj. Satriawati Cangara, MSp** 
: **Ir.Arman setiawan ST. MT** 

Makassar, 24 Agustus 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar


Dr. H. Nasrullah, ST. MT
NIDN.09-08077301

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil
Univ. Bosowa Makassar


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.
NIDN.00-010565-02

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : **ANDRI KARAPA**

Nomor Stambuk : **4515041042**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **"PENGARUH PENAMBAHAN LARUTAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) PADA NILAI CBR TANAH LEMPUNG EKSPANSIF YANG TELAH DI STABILISASI LARUTAN NaOH 7,5%**

Mengatakan dengan sebenarnya bahwa

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang Pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, Saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan / mengalih formatkan, mengelol dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan Menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusa Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang Timbul atas pelanggaran hakcipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 25 Agustus 2022

Yang membu



(ANDRI KARAPA)

45 15 041 042

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang mahaesa yang telah melimpahkan rahmat dan kasihnya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pada jurusan sipil fakultas teknik Universitas Bosowa.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis memilih bidang yang merupakan salah satu bagian disiplin ilmu teknik sipil. Dipilihnya bidang ini berdasarkan kenyataan di lapangan mengenai kondisi tanah yang kurang baik sebagai pondasi untuk berdirinya suatu bangunan. Skripsi ini berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN LARUTAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) PADA NILAI CBR TANAH LEMPUNG EKSPANSIF YANG TELAH DI STABILISASI LARUTAN NaOH 7,5%”**

Untuk Menyelesaikan skripsi ini saya menerima bimbingan serta arahan dari berbagai pihak, maka melalui kesempatan ini saya mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak/Ibu dosen

Maka dengan senang hati saya menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun demi memperbaiki dan menyempurnakan skripsi ini, besar harapan saya semoga apa yang saya paparkan dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, khususnya di bidang ketekniksipilan.

Makassar, 13 juni 2022

Penulis

PENGARUH PENAMBAHAN LARUTAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) PADA NILAI CBR TANAH LEMPUNG EKSPANSIF YANG TELAH DI STABILISASI LARUTAN NaOH 7,5%

Oleh : Andri Karapa¹⁾, Syahrul Sariman²⁾, Fauzy Lebang³⁾

ABSTRAK

Tanah merupakan material yang paling banyak digunakan dalam pembangunan suatu konstruksi. Akan tetapi tidak semua tanah dapat digunakan sebagai bahan konstruksi. Apabila tanah tersebut tidak memenuhi persyaratan, maka tanah tersebut perlu distabilisasi.

Pada penelitian ini di gunakan bahan stabilisasi asam sulfat dan larutan NaOH . Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai CBR tanpa rendaman pada tanah lempung yang di variasikan dengan asam sulfat dan larutan NaOH untuk menentukan komposisi bahan yang sesuai untuk meningkatkan daya dukung tanah. Presentase bahan yang di gunakan pada penelitian ini adalah NaOH 7.5% dan asam sulfat 0%, 10%, 20% dan 30% . untuk hasil penelitian CBR di peroleh nilai yang menurun seiring penambahan asam sulfat dan larutan NaOH. Nilai CBR tanpa rendaman pada tanah asli dengan variasi 0% sebesar 19% untuk penurunan 0.1 inchi dan 21 % pada penurunan 0.2 inchi. pada tanah dengan variasi NaOH 7.5%+H₂so₄ 10% memiliki nilai 15% penurunan 0.1 inchi dan 16 % pada penurunan 0.2 inchi. . pada tanah dengan variasi NaOH 7.5%+H₂so₄ 20% memiliki nilai 12.32% penurunan 0.1 inchi dan 13.21% pada penurunan 0.2 inchi. Sedangkan pada tanah dengan variasi NaOH 7.5%+H₂so₄ 30% memiliki nilai 9% penurunan 0.1 inchi dan 11 % pada penurunan 0.2 inchi.

Kata kunci: California Bearing Ratio (CBR) Tanpa Rendaman, Asam Sulfat dan Larutan NaOH.

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGANTAR	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.1.1 Pengertian Tanah.....	I-1
1.1.2 Pengertian Asam Sulfat.....	I-2
1.1.3 Pengertian Naoh.....	I-2
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	I-4
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.4 Batasan Masalah.....	I-5
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum.....	
II-1 2.1.1 Pengertian Tanah.....	II-1
2.1.2 Klasifikasi Tanah.....	II-2

2.1.3	Sifat-Sifat Fisis Tanah.....	II-10
2.1.4	Sifat-Sifat Mekanis Tanah.....	II-22
2.2	Tanah Lempung Ekspansif.....	II-28
2.3	Asam Sulfat (H_2SO_4).....	II-29
2.4	Soda Api (NaOH).....	II-29
2.5	Stabilisasi Tanah.....	II-30
2.6	Penelitian Terdahulu.....	II-30

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Bagan penelitian.....	III-1
3.2	Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	III-2
3.2.1	Lokasi Pengambilan Benda Uji.....	III-2
3.2.2	Tempat Penelitian.....	III-2
3.3	Jenis penelitian.....	III-3
3.4	Variabel Penelitian.....	III-3
3.5	Notasi Dan Jumlah Sampel.....	III-4
3.6	Metode Analisis.....	III-5

BAB IV METODE PENELITIAN

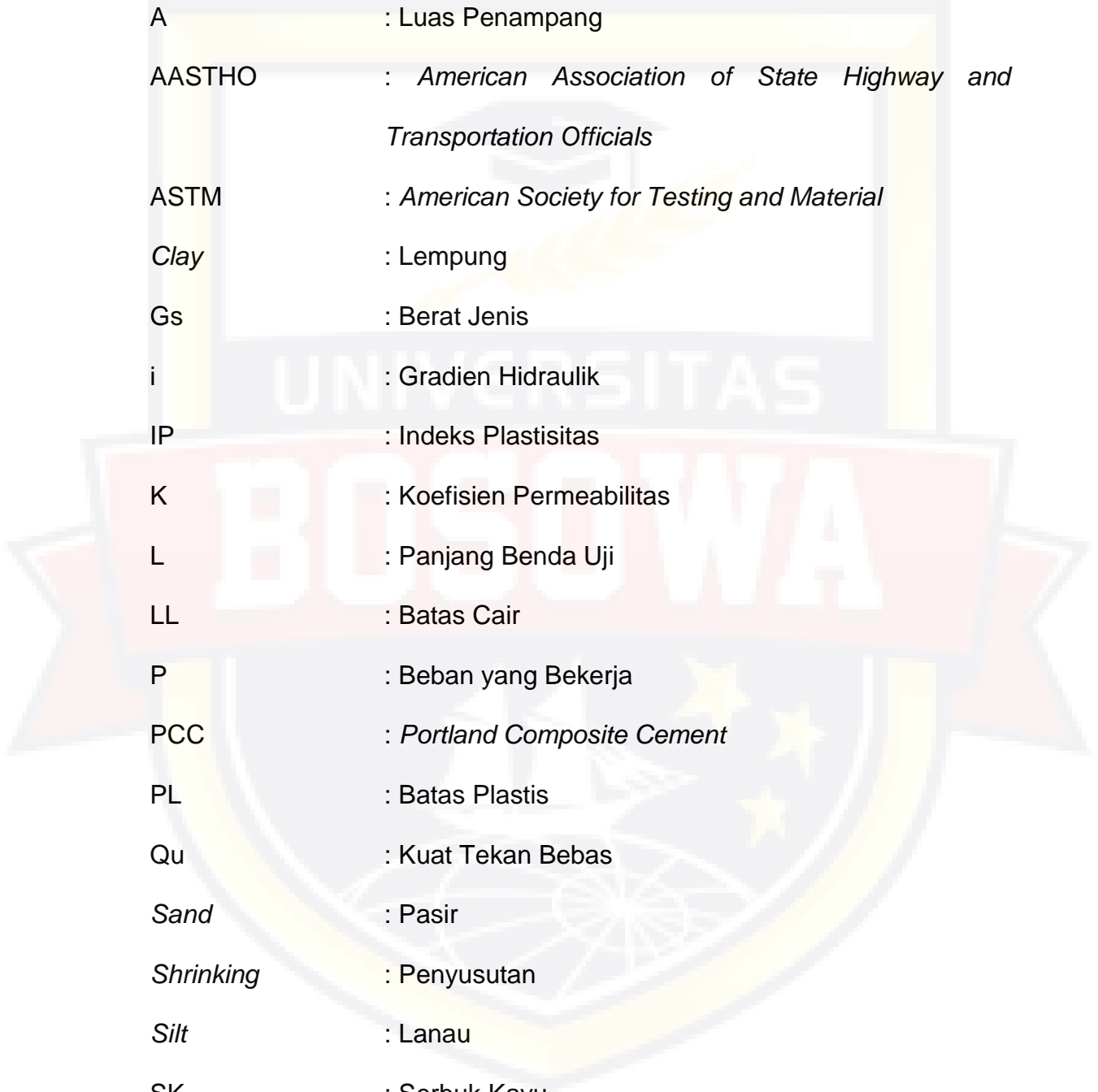
4.1	Karakteristik Dasar Tanah Asli.....	IV-1
4.2	Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Tambah.....	IV-2
4.2.1	Berat Jenis.....	IV-2

4.3.2	Pengujian Batas Konsistensi	IV-2
4.3	Klasifikasi Tanah Asli	IV-8
4.3.1	AASHTO (<i>American Association Of State Highway And Transportation Officials</i>)	IV-8
4.3.2	USCS (Unified Soil Classification System)	IV-8
4.4	Sifat Mekanis Tanah	IV-9
4.4.1	Hasil Pengujian CBR (California Bearing Ratio)	IV-9

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-2

DAFTAR NOTASI



A	: Luas Penampang
AASHTO	: <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing and Material</i>
Clay	: Lempung
Gs	: Berat Jenis
i	: Gradien Hidraulik
IP	: Indeks Plastisitas
K	: Koefisien Permeabilitas
L	: Panjang Benda Uji
LL	: Batas Cair
P	: Beban yang Bekerja
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
PL	: Batas Plastis
Qu	: Kuat Tekan Bebas
Sand	: Pasir
Shrinking	: Penyusutan
Silt	: Lanau
SK	: Serbuk Kayu
Swelling	: Pengembangan
t	: Waktu Pengamatan

USCS	: Unified Soil Classification System
V	: Kecepatan Aliran
W	: Kadar Air
W _s	: Berat Butiran Padat
W _w	: Berat Air
α	: Koreksi Untuk Berat Jenis dari Butiran Tanah
γ _b	: Berat Volume Basah
γ _d	: Berat Volume Kering
γ _s	: Berat Volume Padat
γ _w	: Berat Volume Air

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Fase Tanah	II-01
Gambar 2.2	Batas-Batas Atterberg.....	II-14
Gambar 2.3	Alat Uji Batas Cair.....	II-16
Gambar 2.4	Hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah	II-24
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2	Lokasi Pengambilan benda Uji.....	III-2
Gambar 3.3	Lokasi Penelitian Benda Uji	III-2
Gambar 4.1	Kurva Aliran Untuk Penentuan Batas Cair	IV-3
Gambar 4.2	Grafik Analisa Saringan	IV-4
Gambar 4.3	Grafik Pembagian Butir Analisa Hidrometer.....	IV-5
Gambar 4.4	Grafik Gabungan Pengujian kompaksi	IV-6
Gambar 4.5	Grafik Gabungan Analisa CBR	IV-10

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi AASHTO	II-5
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi USCS	II-9
Tabel 2.3	Berat Jenis Tanah	II-13
Tabel 2.4	Nilai Indeks Plastisitas dan Macam tanah	II-19
Tabel 2.5	Nilai Aktivitas Khas Mineral Lempung	II-20
Tabel 2.6	Beban penetrasi bahan standar	II-28
Tabel 3.1	Variasi Benda Uji.....	III-4
Tabel 4.1	Rekapitulasi hasil pemeriksaan sifat Fisis Tanah Lempung	IV-1
Tabel 4.2	Sifat Mekanik setelah di campur variasi Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Larutan NaOH 7,5%.....	IV-1
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kompaksi	IV-6
Tabel 4.4	Hasil pengujian CBR (unsoaked)	IV-9

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting dalam bidang konstruksi, sebab pada tanah inilah suatu konstruksi bertumpu. Namun, tidak semua tanah baik digunakan dalam bidang konstruksi, karena ada beberapa jenis tanah dasar yang bermasalah baik dari segi daya dukung tanahnya maupun dari segi penurunan (*deformasi*) tanahnya. Untuk itu, dalam perencanaan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi daya dukung tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya.

Salah satu jenis tanah yang bermasalah ialah tanah lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang memiliki sifat kembang susut yang besar dan prilakunya sangat dipengaruhi oleh air, tanah yang memiliki fluktuasi kembang susut tinggi disebut lempung ekspansif. Tanah ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang dan sebagainya. Semua tanah lempung yang mengandung mineral ekspansif akan mempunyai sifat mengembang dan menyusut yang besar, apabila terjadi penambahan atau pengurangan kadar airnya. Proses kembang tanah lempung ekspansif dipengaruhi

oleh faktor lingkungan, di antaranya faktor perbedaan iklim, curah hujan, sistem drainasi dan fluktuasi muka air tanah.

Menurut Chen (1975), mineral lempung terdiri dari tiga komponen penting yaitu *montmorillonite*, *illite* dan *kaolinite*.

1. *Montmorillonite*

Montmorillonite disebut juga mineral dua banding satu (2:1) karena satuan susunan kristalnya terbentuk dari susunan dua lempeng silika tetrahedral mengapit satu lempeng alumina oktahedral ditengahnya. Struktur kisinya tersusun atas satu lempeng Al_2O_3 diantara dua lempeng SiO_2 . Karena struktur inilah *Montmorillonite* dapat mengembang dan mengkerut menurut sumbu C dan mempunyai daya adsorpsi air dan kation lebih tinggi. Tebal satuan unit adalah $9,6 \text{ \AA}$ ($0,96 \mu m$). Ukuran unit massa sangat besar, dapat menyerap air dengan sangat kuat, mudah mengalami proses pengembangan (Grim, 1959).

2. *Illite*

Mineral *illite* mempunyai hubungan dengan mika biasa, sehingga dinamakan pula hidrat-mika. *Illite* memiliki formasi struktur satuan kristal, tebal dan komposisi yang hampir sama dengan *montmorillonite*.

Perbedaannya ada pada:

- Pengikatan antar unit kristal terdapat pada kalium (K) yang berfungsi sebagai penyeimbang muatan, sekaligus sebagai pengikat.
- Terdapat $\pm 20\%$ pergantian silikon (Si) oleh aluminium (Al) pada lempeng tetrahedral.

- Struktur mineralnya tidak mengembang sebagaimana *montmorillonite* (Grim, 1959).

3. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan hasil pelapukan sulfat atau air yang mengandung karbonat pada temperatur sedang. Warna *kaolinite* murni umumnya putih, putih kelabu, kekuning-kuningan atau kecoklat-coklatan. *Kaolinite* disebut sebagai mineral lempung satu banding satu (1:1). Bagian dasar dari struktur ini adalah lembaran tunggal silika tetrahedral yang digabung dengan satu lembaran alumina oktahedran (*gibbsite*) membentuk satu unit dasar dengan tebal kira-kira $7,2 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) (Grim, 1959).

Usaha memperbaiki sifat-sifat tanah dasar lempung ekspansif dilakukan dengan cara di stabilisasi menggunakan bahan-bahan tambah additive untuk memperbaiki sifat tanah lempung tersebut. Pemanfaatan asam sulfat dan NaOH sebagai bahan tambah yang mudah untuk didapatkan dan dengan harga yang terjangkau diharapkan dapat memperbaiki mutu dan daya dukung tanah lempung ekspansif yang memiliki sifat kembang susut yang tinggi. Pada penelitian ini menggunakan tanah lempung ekspansif yang di stabilisasi dengan memanfaatkan asam sulfat dan NaOH

Asam sulfat merupakan asam anorganik yang kuat, zat ini mudah larut dalam air pada semua perbandingan, sehingga pengaplikasian pencampuran pada tanah lempung ekspansif yang memiliki kembang susut yang sangat tinggi, dengan komposisi campuran 10%, 20%, dan

30% di harapkan asam sulfat dapat memperbaiki sifat fisis tanah lempung ekspansif yang memiliki kembang susut yang sangat tinggi.

Larutan Soda Api (NaOH) merupakan senyawa kimia dengan alkali yang tinggi, NaOH sangat mudah larut di dalam air, salah satu cara yang di gunakan dalam memperbaiki kekuatan dari tanah lempung ekspansif adalah dengan penambahan NaOH untuk mengatasi permasalahan yang ada pada tanah lempung ekspansif, dengan komposisi campuran sebesar 7.5%.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mentukan jenis tanah yang yang ingin di teliti dengan kategori tanah lempung ekspansif ?
2. Apakah bahan campuran larutan asam sulfat dan NaOH 7,5% mempengaruhi sifat fisik tanah lempung ekspansif ?
3. Bagaimana menentukan nilai kadar air optimum dan berat isi kering pada pengujian kompaksi

1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merumuskan karakteristik tanah yang di teliti sebagai tanah lempung ekspansif.
2. Memperoleh nilai CBR tanah lempung ekspansif setelah penambahan NaOH 7,5% dan larutan asam sulfat.
3. Mendapatkan nilai nilai kadar air optimum dan berat isi kering pada pengujian kompaksi

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di peroleh dari penelitian ini adalah :

1. Hasil dari penelitian ini memberikan manfaat wawasan dan masukan sebagai upaya untuk memperbaiki daya dukung tanah dalam bidang konstruksi.
2. Memperbaiki perilaku tanah yang di distabilisasi menggunakan NaOH 7,5% dan Penambahan asam sulfat (H_2SO_4).
3. Memberikan solusi dan alternatif bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif berupa NaOH 7,5% dan Penambahan asam sulfat (H_2SO_4),

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Pokok bahasan pada penelitian ini yaitu :

1. Melakukan pengujian terhadap karakteristik fisik dan mekanis tanah lempung ekspansif

2. Mencampur asam sulfat dan NaOH dengan tanah lempung ekspansif
3. Melakukan pengujian fisik tanah yang telah di campur dengan asam sulfat dan NaOH
4. Melakukan pengujian terhadap kompaksi dan CBR tanah.
5. Membandingkan nilai CBR tanah lempung ekspansif dengan penambahan asam sulfat 7,5 % dan NaOH dengan presentase campuran 0%, 10%, 20%, 30%.

1.4.2 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini adalah penelitian perbaikan tanah lempung espansif yang dibatasi hanya pada stabilisasi tanah dengan cara pencampuran dengan H₂So₄ dan NaoH 7,5%
2. Pada penelitian ini, dilakukan pengambilan sampel tanah di Kabupaten Jeneponto.
3. Pengujian tanah lempung ekspansif dengan bahan campuran asam sulfat dan NaOH terhadap nilai CBR tanah.

1.1 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan dari proposal laporan tugas akhir ini.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang kajian literatur yang menjelaskan mengenai teori temuan, dan penelitian terdahulu.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang pembahasan dari tahapan penelitian dan prosedur penelitian yang dilaksanakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium dan hasil dari perhitungan.

BAB V PENUTUP

Pada bab penutup ini berisikan tentang kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan serta penyampaian saran terkait penelitian.

BAB II

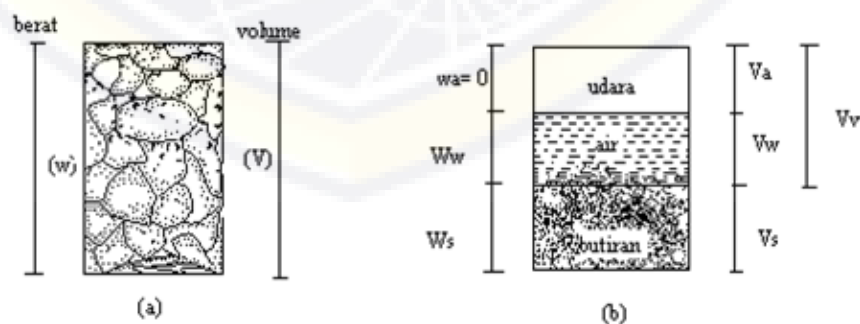
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Pengertian Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. (Das, 1995).

Selain itu tanah juga merupakan 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, ataupun yang lainnya (Hardiyatmo, 1992).



Gambar 2.1 Diagram fase tanah

Tanah dapat didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara. Pada awal mula terbentuknya tanah disebabkan oleh pelapukan batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat proses mekanis dan kimia. Pelapukan mekanis disebabkan oleh memuai dan menyusutnya batuan oleh perubahan panas dan dingin yang terus menerus (cuaca, matahari, dll) dan juga akibat gerusan oleh aliran air yang akhirnya menyebabkan hancurnya batuan tersebut. Dalam proses pelapukan mekanis tidak terjadi perubahan susunan kimiawi dari mineral batuan tersebut. Pada proses pelapukan kimiawi, batuan mineral induk diubah menjadi mineral-mineral baru melalui reaksi kimia.

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. 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 hal ini disebabkan karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi (Das, 1995). Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang

karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. 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, kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah.

Karakteristik tersebut di gunakan untuk menentukan kelompok atau klasifikasi tanah. Umumnya klasifikasi tanah di dasarkan atas ukuran partikel yang di peroleh dari analisa saringan (dan atau uji sedimentasi) serta plastisitas. Dari sudut pandang teknis secara umum tanah ini dapat digolongkan kelas/macam pokok sebagai berikut ;

- 1) Batu kerikil (gravel)
- 2) Pasir (sand)
- 3) Lanau (slit)
- 4) Lempung (clay)
 - Lempung anorganik (anorganic clay)
 - Lempung organik (organic clay)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena ia hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya, jumlah dan jenis dari mineral lempung

yang dikandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah, yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah.

Karena sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik.

Pada saat sekarang ada lagi dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi Unified. Sistem klasifikasi AASHTO pada umumnya dipakai oleh departemen jalan raya di semua negara bagian di Amerika Serikat. Sedangkan sistem klasifikasi Unified pada umumnya lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik yang lain.

1.1.2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*)

AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sebagai badan transportasi dan jalan raya Amerika Serikat menyusun sistem klasifikasi tanah untuk keperluan perencanaan jalan (subbase dan subgrade).

Pengujian tanah yang diperlukan dalam klasifikasi ini adalah “analisis saringan” dan “uji batas-batas Atterberg”, selanjutnya dihitung indeks kelompok (group indeks – GI), yang digunakan untuk mengevaluasi pengelompokan tanah-tanah. Indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005 (LL - 40)] + (F - 15)(PI - 10) \dots\dots (2.1)$$

Yang mana:

GI = Indeks Kelompok

F = Persen lolos saringan No. 200

LL = Batas Cair

PI = Indeks Plastisitas

Apabila nilai indeks kelompok semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam pemilihan penggunaan tanah tersebut (gradasi jelek).

Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7. Tanah dengan klasifikasi A-1, A-2 dan A-3 adalah tanah berbutir yang kurang dari 35% tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah A-1 granuler yang bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler, tetapi masih terdiri atas lanau dan lempung. Tanah berbutir halus klasifikasi A-4, A-5, A-6 dan A-7 adalah tanah yang lebih dari 35% dari butirannya lolos ayakan No. 200, tanah-tanah dalam kelompok ini biasanya merupakan jenis tanah lempung - lanau.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi AASTHO untuk lapisan tanah dasar-dasar dan jalan raya

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler (<35% Lolos Saringan No. 200)							Tanah Lanau - Lempung (>35% Lolos Saringan No. 200)			
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7
Klasifikasi Kelompok	A1-a	A1-b		A2-4	A25	A2-6	A2-7				
Analisis Saringan (% Lolos)											
No. 10 (2,00 mm)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40 (0,425 mm)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200 (0,075 mm)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat Fraksi yang lolos saringan No. 200											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks	6 maks	Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks Kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe Material yang Dominan Pada Umumnya	Pecahan batu, kerikil & pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian Umum Sebagai Tanah Dasar	"Sangat Baik" sampai "Baik"							"Sedang" sampai "Buruk"			

Sumber : (Braja M Das, 1995)

Catatan : Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

- Untuk $PL > 30$ klasifikasinya A-7-5
- Untuk $PL < 30$ klasifikasinya A-7-6
- Np = non plastis

1.1.2.2 Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Klasifikasi tanah sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United States Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineering* (USACE). Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Sistem Unified membagi tanah ke dalam dua kelompok utama:

1. Tanah berbutir kasar (*Coarse-Grained-Soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. Klasifikasi tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti: GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC.
2. Tanah berbutir halus (*Fine-Grained-soil*). Lempung dan lanau, yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH.

Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok (lihat table klasifikasi). Simbol-simbol yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

- G = Gravel (kerikil)
- S = Sand (pasir)
- C = Clay (lempung)

- M = Silt (lanau)
- O = lanau atau lempung organik
- Pt = peat (tanah gambut atau tanah organik tinggi)
- W = gradasi baik (*well graded*)
- P = gradasi buruk (*poor graded*)
- L = plastisitas rendah (*low plasticity*) ($LL < 50$)
- H = plastisitas tinggi (*high plasticity*) ($LL > 50$)

Prosedur penentuan klasifikasi tanah dengan system Unified sebagai berikut:

1. Tentukan tanah apakah berbutir “halus” atau “kasar” (secara visual atau saringan No. 200).
2. Untuk tanah berbutir kasar, maka lakukan:
 - a. Saringan tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
 - b. Hitung persen lolos saringan No. 4: bila persentase lolos $< 50\%$ klasifikasikan tanah sebagai “kerikil”, bila persentase lolos $> 50\%$ klasifikasikan tanah sebagai “pasir”.
 - c. Hitung persen lolos saringan No. 200: bila persentase lolos $< 5\%$ maka hitung C_u dan C_c ; bila termasuk bergradasi baik, klasifikasikan sebagai GW (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SW (bila pasir); bila termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SP (bila pasir).

- d. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No. 200 diantara 5% - 12%, maka tanah akan memiliki symbol ganda dan mempunyai sifat plastisitas (GW-GM atau SW-SM, dan lain-lain)
- e. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No. 200 > dari 12%, maka harus dilakukann uji batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal pada saringan No. 40. Kemudian dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC, SM-SC).

3. Untuk tanah berbutir halus, maka:

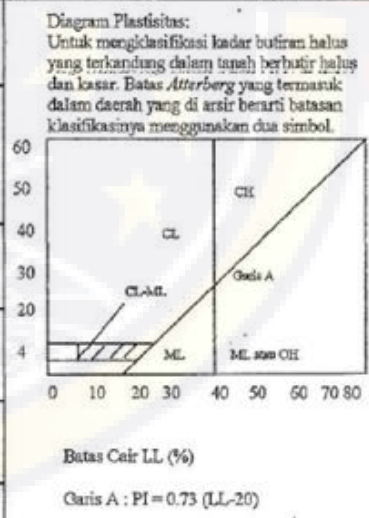
- a. Lakukan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran yang tinggal di atas saringan No. 40. Bila batas cair (LL) > 50% klasifikasikan tanah tersebut sebagai H (plastisitas tinggi); bila LL < 50% klasifikasikan tanah sebagai L (plastisitas rendah).
- b. Untuk tanah H, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A, tentukanlah apakah masuk kategori OH (organic) atau MH (anorganik). Dan bila plottingnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai tanah CH (organic plastisitas tinggi).
- c. Untuk tanah L, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukanlah apakah masuk kategori OL (organic) atau ML (anorganik) berdasarkan warna, bau atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.

- d. Bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada pada area yang diarsir, dekat dengan garis A, atau nilai LL sekitar 50%, maka gunakan symbol ganda.



Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutiran kasar: 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil berhalus (banyak kerikil)	GW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	
		Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	GP		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM		Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
			GC		Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Pasir 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir berhalus (banyak pasir)	SC	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			SW	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir dengan butiran halus	SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
OL			Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$		MH	Lanau anorganik atau pasir halus distomat, atau lanau distomat, lanau yang elastis		
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
		PT	Peat (gambut), musok, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		



2.1.3 Sifat-sifat Fisis Tanah

2.1.3.1 Kadar Air (*Moisture Water Content*)

Kadar air (W) adalah persentase perbandingan berat air (W_w) dengan berat butiran (W_s) dalam tanah. Kadar air tanah (W_s) dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots (2.2)$$

Dimana:

w = Kadar air

W_w = Berat air

W_s = Berat butiran

2.1.3.2 Porositas

Porositas (n) adalah perbandingan Antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Nilai n dapat di nyatakan dalam persen artau desimal.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots (2.3)$$

Dimana :

n = porositas

V_v = volume antar rongga

V = volume total

2.1.3.3 Angka Pori

Angka pori (e), di definisikan sebagai perbandingan Antara volume rongga dengan volume butiran, biasanya di nyatakan dalam desimal.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

e = Angka pori

V_v = Volume rongga

V_s = Volume butiran

2.1.3.4 Berat volume basah atau lembab

Berat volume basah atau lembab adalah perbandingan antara berat volume tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total (V).

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$$W = W_w + W_s + W_a \quad (W_a = 0)$$

Dimana :

γ_b = Berat volume basah

W = Berat volume butir tanah

W_w = Berat air

W_s = Berat butiran padat

2.1.3.5 Berat volume kering

Berat volume kering adalah perbandingan antara berat butiran padat dengan volume butiran total tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

γ_d = Berat volume kering

W_s = Berat butiran padat

V = Volume total

2.1.3.6 Berat volume butiran padat

Berat volume butiran padat adalah perbandingan antara berat butiran padat.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

W_s = Berat Butiran Padat

V_s = volume butiran padat

2.1.3.7 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah (G_s) adalah perbandingan antara berat volume butiran tanah (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) dengan isi yang sama pada temperatur tertentu. Berat jenis tanah (G_s) dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

$$\gamma_s = \frac{W_s/V_s}{W_w/V_w} = \frac{W_s}{V_s}$$

$$G_s = \frac{W_2/W_1}{(W_4-W_1)-(W_3-W_2)} \sigma \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

W_s = Berat Butiran Padat

V_s = volume butiran padat

γ_w = Volume air

γ_s = Berat volume padat

G_s = Berat jenis tanah

W_1 = Berat pycnometer

W_2 = Berat pycnometer + tanah

W_3 = Berat pycnometer + tanah + air

W_4 = Berat pycnometer + air

Adapun penilaian serta batas-batas besaran berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Berat Jenis Tanah (Hardiyatmo, 2002)

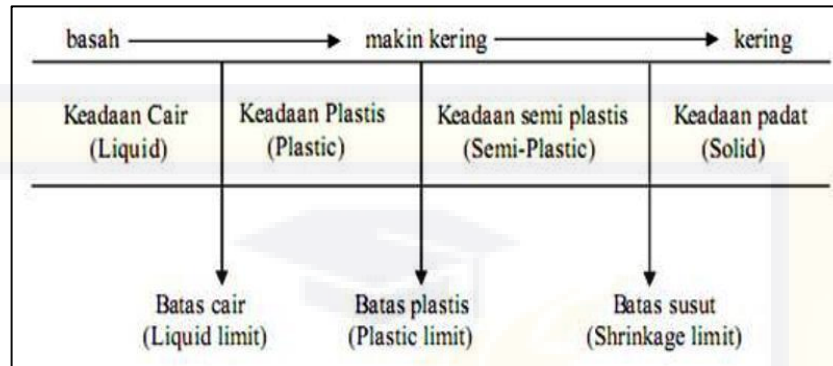
Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Tak Organik	2,62 - 2,68
Lempung Organik	2,58 - 2,65
Lempung Tak Organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,8

Harga Specific Gravity (G_s) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Tabel 2.3 menunjukkan harga-harga specific gravity beberapa mineral yang umum terdapat pada tanah.

2.1.3.8 Batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*)

Pada tahun 1911 *Atterberg* memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair, batas plastis dan batas susut. Konsistensi tanah sangat dipengaruhi oleh kadar air, yang mana tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, dan padat. Konsistensi adalah kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu. Konsistensi ini tergantung pada gaya tarik antar partikel lempung di dalam tanah.

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk.



Gambar 2.2 Batas-batas Atterberg

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Sembarang pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya tebal lapisan kation yang menyebabkan bertambahnya gaya tarik partikel. Bila tanah dalam kedudukan plastis, besarnya jaringan gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lain, dengan kohesi yang tetap terpelihara. Pengurangan kadar air menghasilkan pengurangan volume tanah.

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

Batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis yakni batas atas dari daerah plastis. Batas cair ditentukan dari pengujian *Cassagrande* (1948), yakni dengan menggunakan cawan yang telah dibentuk sedemikian rupa yang telah berisi sampel tanah yang telah dibelah oleh *grooving tool* dan dilakukan dengan

pemukulan sampel dengan jumlah dua sampel dengan pukulan diatas 25 pukulan dan dua sampel dengan pukulan dibawah 25 pukulan sampai tanah yang telah dibelah tersebut menyatu.

Hal ini dimaksudkan agar mendapatkan persamaan sehingga didapatkan nilai kadar air pada 25 kali pukulan. Batas cair memiliki batas nilai antara 0–1000, akan tetapi kebanyakan tanah memiliki nilai batas cair kurang dari 100. (Holtz dan Kovacs, 1981).

$$LL = wN(\%)(\frac{N}{25})0.121.....(2.9)$$

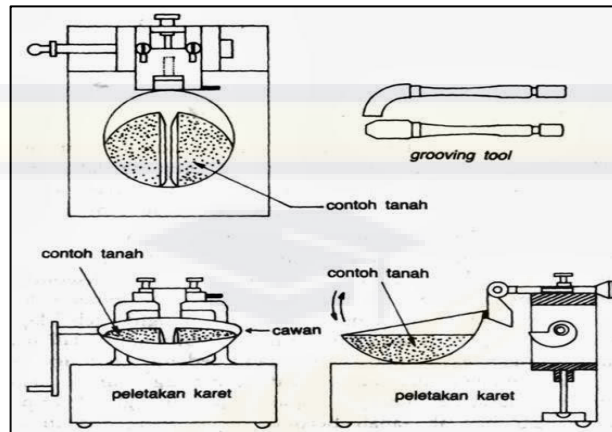
Dimana (%) :

LL = Batas Cair (Liquid Limit)

wN = Kadar Air pada ketukan ke N

N = Jumlah Ketukan

Alat uji batas cair berupa cawan *Cassagrande* dan *grooving tool* dapat dilihat pada Gambar 2.3. berikut ini:



Gambar 2.3 Alat Uji Batas Cair

2) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (*plastic limit*) merupakan kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air di mana tanah dengan diameter silinder 3.2 mm mulai mengalami retak-retak ketika digulung.

Batas plastis memiliki batas nilai antara 0–100, akan tetapi kebanyakan tanah memiliki nilai batas cair kurang dari 40 (Holtz dan Kovacs, 1981).

$$PL = \frac{\text{Berat Basah}}{\text{Berat Tanah Kering}} (100)$$

$$PL = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} (100) \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana: W1 = Berat cawan kosong

W2 = Berat cawan + tanah basah

W3 = Berat Cawan + Tanah Kering

3) Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut adalah nilai kadar air pada kedudukan antara semi padat dengan padat. Pada kondisi ini pengurangan kadar air dalam tanah tidak akan mempengaruhi lagi perubahan volume pada tanah.

Percobaan untuk mengetahui batas susut dilakukan dengan mengisi tanah jenuh sempurna ke dalam cawan porselin berukuran 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. selanjutnya cawan dan tanah isinya dikeringkan dalam oven. Setelah tanah dalam cawan mengering, selanjutnya dikeluarkan dari cawan tersebut. Untuk mengetahui nilai batas susut, maka sampel yang telah kering dicelupkan ke dalam air raksa, dan nilai batas susutnya dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SL = \left[\frac{(m1 - m2)}{m2} - \frac{(v1 - v2)\gamma_w}{m2} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan :

SL = Batas susut (%).

m1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gram)

m2 = berat tanah kering oven (gram)

V1 = Volume berat tanah basah dalam cawan percobaan (cm³).

V2 = Volume tanah kering oven (cm³).

γ_w = berat volume air (gram/ cm³)

4) Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Adapun rumusan dalam menghitung besaran nilai indeks plastisitas adalah sesuai dengan persamaan seperti yang ditunjukkan pada rumusan dibawah:

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan :

PI = Plastis Indeks (%)

LL = Liquid Limit (%)

PL = Plastis Limit (%)

Indeks plastisitan menunjukkan sifat keplastisan tanah, jika nilai PI tinggi maka tanah mengandung banyak lempung. Dan jika nilai PI rendah maka tanah mengandung banyak lanau. Ciri dan sifat dari tanah lanau adalah dengan kadar air yang berkurang sedikit saja tanah akan menjadi kering. Nilai indeks plastisitas dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam Tanah
0	Non Plastis	Pasir
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau
7 - 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung

Sumber : (Chen, 1975)

5) Aktivitas (Activity)

Butiran tanah lempung dikelilingi oleh air, yang mana ketebalannya sangat tergantung pada macam mineral lempung itu sendiri. Ada dua hal yang menentukan ketebalan air di sekeliling butiran lempung, yakni:

- Jumlah mineral
- Sifat mineral lempung yang ada pada butiran

Konsep dari Atterberg bahwa jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan tergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah. Dengan mengacu pada konsep ini, maka Skempton (1953), mendefinisikan aktivitas permukaan tanah sebagai perbandingan antara indeks plastisitas dengan persen fraksi ukuran lempung (yaitu persen dari berat butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm). Definisi tersebut dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$A = \frac{PI}{\% \text{ Clay} - 5} \dots \dots \dots (2.13)$$

Ini adalah petunjuk plastisitas dari butiran berukuran lempung. Nilai aktivitas kurang dari 0,75 dianggap rendah, di antara 0,75 – 1,25 normal, dan di atas 1,25 menunjukkan aktivitas yang tinggi.

Table 2.5 Nilai Aktivitas Khas Mineral Lempung

Jenis Mineral	Nilai Aktivitas
Kaolinite	0,4 - 0,5
Illite	0,5 - 1,0
Montmorillonite	1,0 - 7,0

Sumber: Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah, E.Sutarman

2.1.3.9 Analisa saringan

Analisa saringan adalah analisis yang dilakukan untuk menentukan gradasi butir (distribusi ukuran butir), yaitu dengan menggetarkan contoh tanah kering melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kebawah makin kecil secara berurutan. Analisa saringan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu analisa ayakan dan analisa hidrometer.

Analisa ayakan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara kering dan cara basah. Cara kering dilakukan dengan menggetarkan saringan, baik itu digetarkan dengan cara manual atau dengan alat penggetar. Cara basah dilakukan dengan mencampur tanah dengan air sampai menjadi lumpur encer dan dibasuh seluruhnya melewati saringan.

Dari data tersebut maka dapat diperoleh rumus :

$$\% \text{ tertahan} = \frac{\text{Berat total}}{\text{Berat tertahan}} \times 100\%.$$

$$\% \text{ lolos} = 100\% - \% \text{ tertahan} \dots \dots \dots (2.14)$$

Analisa hidrometer adalah analisa yang digunakan untuk menentukan ukuran butiran dari tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah

berbutir kasar yang didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir dari dalam air.

Dalam melakukan percobaan akan diperoleh berat tanah kering, selain itu diperoleh juga berat tanah yang tertahan serta berat kumulatifnya.

- Untuk persentase butiran-butiran halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\alpha \cdot R_{cp}}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan :

W_s = Berat kering contoh tanah

α = Koreksi untuk berat jenis dari butiran tanah

G_s = Berat Jenis

$$\alpha = \frac{G_s \times 1.65}{(G_s - 1) \times G_s} \dots\dots\dots(2.16)$$

- Rumus untuk mencari garis tengah butir-butir tanah adalah:

$$D = \kappa \left(\frac{L}{t} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan :

κ = Rasio kekentalan air ditentukan dengan menggunakan grafik

L = Panjang efektif yang ditentukan dengan menggunakan grafik diberikan pada gambar sesuai dengan harga R yang bersangkutan

t = Waktu pembacaan

2.1.4 Sifat-sifat Mekanis Tanah

2.1.4.1 Pemadatan Tanah (*Compaction*)

Pemadatan adalah densifikasi tanah yang jenuh dengan penurunan volume rongga diisi dengan udara, sedangkan volume padatan dan kadar air tetap pada dasarnya sama.

Beberapa kegunaan pemadatan tanah (*compaction*) adalah:

1. Meningkatkan kekuatan geser.
2. Mengurangi kompresibilitas.
3. Mengurangi permeabilitas.
4. Mengurangi potensi likuifaksi.
5. Kontrol *swelling* dan *shrinking*.
6. Memperpanjang durabilitas.

Pada tanah granuler mampu memberikan kuat geser yang tinggi dengan sedikit perubahan volume sesudah dipadatkan. Sedangkan pada tanah lanau sangat sulit dipadatkan bila dalam keadaan basah karena permeabilitasnya rendah.

Lempung padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik dalam kondisi basah. Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan memberikan kuat geser yang tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang-susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya.

Pada tahun 1933, Proctor menemukan dasar-dasar pemadatan tanah, dimana terdapat 4 (empat) variabel yang digunakan dalam fungsi *compaction*, yaitu: berat jenis kering tanah, kadar air tanah, jenis tanah dan *compactive effort* (Bowles, 1984).

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (%) dinyatakan dalam persamaan :

Rumus mencari berat isi basah (γ_b)

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (2.18)$$

W = Berat tanah (gram/cm³)

V = Volume (cm²)

Rumus mencari berat isi kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \dots \dots \dots (2.19)$$

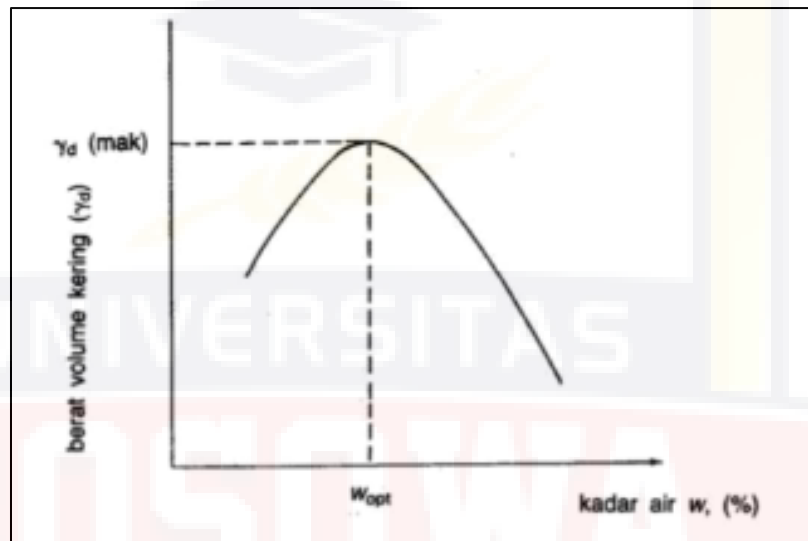
γ_d = Berat isi kering (gram/cm³)

w = kadar air (%)

γ_b = Berat isi tanah basah (gram/cm³)

Pada pengujian *compaction* di laboratorium alat pemadatan berupa silinder *mould* dengan volume $9,34 \times 10^{-4} m^3$, dan penumbuk dengan berat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Pada pengujian ini tanah dipadatkan dalam 3 lapisan (*standart Proctor*) dan 5 lapisan (*modified Proctor*) dengan pukulan sebanyak 25 kali pukulan.

Hasil dari pengujian *compaction* berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah

2.1.4.2 California Bearing Ratio (CBR)

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum digunakan yaitu dengan cara-cara empiris, yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*).

CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi tanah contoh sebesar 0,1" atau 0,2". Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan

standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai sebesar 100% dalam memikul beban. Nilai CBR akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanah, CBR dapat dibagi atas :

1. CBR lapangan (CBR *inplace* atau *field* CBR).

CBR lapangan memiliki kegunaan untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi.

2. CBR lapangan rendaman (*undisturbed soaked* CBR).

CBR lapangan rendaman ini berguna untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah yang mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Pemeriksaan ini dilaksanakan pada musim kemarau dan kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Dan digunakan pada badan jalan yang sering terendam air pada musim hujan.

3. CBR laboratorium (*laboratory* CBR).

CBR laboratorium dapat disebut juga CBR rencana titik. Tanah dasar yang diperiksa merupakan jalan baru yang berasal dari tanah asli,

tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan. Oleh karena itu, nilai CBR laboratorium adalah nilai CBR yang diperoleh dari contoh tanah yang dibuat dan mewakili keadaan tanah tersebut setelah dipadatkan.

Pemeriksaan CBR laboratorium dilaksanakan dengan dua macam metode yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked design CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked design CBR*) (Sukirman, 1992).

Untuk metode CBR rendaman, contoh tanah di dalam cetakan direndam dalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah dan permukaan air selama perendaman harus tetap kemudian benda uji yang direndam telah siap untuk diperiksa.

Uji CBR metode rendaman adalah untuk mengasumsikan keadaan hujan atau saat kondisi terjelek di lapangan yang akan memberikan pengaruh penambahan air pada tanah yang telah berkurang airnya, sehingga akan mengakibatkan pengembangan (*swelling*) dan penurunan kuat dukung tanah.

Nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan ini disebut "design CBR". Cara yang dipakai untuk mendapat design CBR ini ditentukan dengan 2 faktor, yaitu (Wesley, 1977):

a) Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.

b) Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

$$\text{Penambahan air} = 600 \times \left\{ 1 - \frac{100+A}{600+B} \right\}$$

Dengan: A = kadar air awal (%)

600 = Sampel (gr)

B = kadar air optimum (%) [dari data kompaksi]

Makin tinggi nilai CBR tanah (subgrade) maka lapisan di atasnya akan semakin tipis dan semakin kecil nilai CBR (daya dukung tanah rendah), maka akan semakin tebal lapisan perkerasan di atasnya sesuai dengan beban yang dipikulnya.

Ada dua macam pengukuran CBR yaitu:

1. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada 0.254 cm (0.1”) terhadap penetrasi standard besarnya 70,37 kg/cm² (1000psi)

$$\text{Nilai CBR} = \frac{PI}{70,37} \times 100 \% (PI \text{ dalam } kg/cm^2)$$

2. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada penetrasi 0.58 cm (0.2”) terhadap penetrasi standard yang besarnya 105,56 kg/cm² (1500psi)

$$\text{Nilai CBR} = \frac{PI}{105,56} \times 100 \% (PI \text{ dalam } kg/cm^2)$$

Dari kedua hitungan tersebut digunakan nilai nilai terbesar (Manual

Pemeriksaan Badan Jalan, Dir.Jen Bina Marga, 176).

Tabel 2.6. Beban penetrasi bahan standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (lbs/inch)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

2.2 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang tinggi apabila terjadi perubahan sistem kadar air tanah. Tanah ini apabila terjadi peningkatan kadar air tanah akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan. Apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Kembang susut terjadi sebagai akibat adanya perubahan system tanah-air yang mengakibatkan terganggunya keseimbangan gaya-gaya dalam.

Beberapa mineral yang biasa terdapat pada tanah ekspansif adalah kaolinite, illite dan montmorillonite. Ketiganya merupakan bentuk kristal Hidros Aluminium Silikat, namun ketiganya mempunyai sifat-sifat dan struktur dalam yang berbeda satu dengan yang lainnya. Perbedaan komposisi kimia dan struktul kristal pada mineral memberikan beberapa kelemahan untuk

mengembang. Pengembangan terjadi ketika air meresap diantara partikel lempung, sehingga menyebabkan terpisahnya partikel. Lempung ekspansif merupakan lempung yang memiliki sifat khas yakni kandungan mineral ekspansif yang mempunyai kapasitas pertukaran ion tinggi, sehingga lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut tinggi, apabila terjadi perubahan kadar air. Pada peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori.

2.3 Asam Sulfat (H_2SO_4)

Asam sulfat atau sulphuric acid adalah asam mineral kuat tak berwarna dengan sifat korosif yang tinggi. Asam sulfat dapat larut dalam air dalam berbagai perbandingan. Asam sulfat sangat berbahaya bila terkena jaringan kulit karena sifatnya yang korosif, dan dengan sifatnya sebagai penarik air yang kuat (pendehidrasi). Protocol standar pada percobaan ini masing-masing adalah 10x, 25x, dan 56x, dan pada jumlah penambahan air terhadap berat tanah kering, dengan variasi penambahan air sebesar 90 % : 10% (H_2SO_4), air sebesar 80% : 20% (H_2SO_4) dan air sebesar 70 % : 30 % (H_2SO_4).

2.4 Soda Api (NaOH)

Tanah lempung ekspansif di lapangan memiliki potensi mengembang (swelling potential) yang berbeda – beda. Parameter yang dapat digunakan

untuk membedakan potensi kembang tanah ekspansif adalah sifat fisik dan batas konsistensi tanah. Penelitian ini menggunakan Larutan Soda Api (NaOH) sebagai stabilisator dengan melalui proses pemadatan Modified Proctor pada (OMC + 7,5%) Proctor standard dengan jumlah tumbukan masing - masing adalah 10x, 25x, dan 56x, dan pada jumlah penambahan air terhadap berat tanah kering.

2.5 Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Adapun sifat tanah yang telah diperbaiki tersebut dapat meliputi: kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan. Menurut Bowles, 1991 beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut: meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), mengganti tanah yang buruk. Stabilisasi tanah adalah upaya yang dilakukan

untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis adalah salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia. Salah satu cara terbaik menangani permasalahan tanah berdaya dukung rendah adalah mengganti tanah dasar tersebut dengan tanah yang cukup baik, tetapi hal ini biasanya membutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh karenanya, dilakukan upaya-upaya untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara merubah sifat-sifat fisiknya untuk menekan biaya. Perbaikan sifat-sifat fisik dari tanah kurang baik menjadi tanah yang baik dibidang rekayasa Teknik Sipil disebut sebagai stabilisasi tanah.

2.6. PENELITIAN TERDAHULU

- **PERBAIKAN TANAH LEMPUNG EKSPANSIF MENGGUNAKAN SODA API (NaOH).** Bambang Pardoyo, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Windu Partono Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275.

1. Kadar air optimum dengan menggunakan metode *Proctor Standard* sebesar 31,50% dan $\gamma_{dry} = 1,26 \text{ gr/cm}^3$.

2. Activity tanah asli sebesar 0,68, menurut Skempton (1953) digolongkan tidak aktif $< 0,75$, sedangkan nilai activity menurut Seed, Woodward dan Lundberg (1962) sebesar 0,72 digolongkan dalam mineral Illite. Activity tanah campuran soda api 5%, 10%, 15% pada umur 0 hari dan 7 hari, jika ditinjau menurut Skempton (1953), nilai activity pada rentang $0,41 - 0,54 < 0,75$ (termasuk golongan tanah ekspansif yang tidak aktif). Sedangkan menurut Seed, Woodward dan Lundberg (1962), ditinjau dari unsur mineralnya, nilai activity pada rentang $0,47 - 0,61$ adalah mempunyai unsur Illite. Dari hasil uji Activity pada tanah asli dan tanah stabilisasi dapat digolongkan tanah tidak aktif dan kandungan mineralnya adalah Illite.

Hasil uji potensial mengembang dengan menggunakan CBR adalah:

- a. Pada 0 hari, untuk nilai *swelling potensial* pada tanah asli nilainya pada rentang 4,20% - 7,34%.
- b. Nilai *swelling potensial* pada tanah stabilisasi dengan 5% campuran soda api untuk 0 hari nilainya pada rentang 3,15% - 4,87%, untuk campuran 10% soda api nilainya pada rentang 0,31% - 0,40% dan untuk campuran 15% soda api nilainya pada rentang 0,00%.

c. Nilai *swelling potensial* pada tanah stabilisasi dengan 5% campuran soda api untuk 7 hari nilainya pada rentang 2,26 % - 2,35%, untuk campuran 10% nilainya pada rentang 0,28% - 0,38% dan untuk campuran 15% soda api nilainya pada rentang 0,00%.

Tinggi rendahnya tingkat kembang dan susut tanah lempung ekspansif ditentukan oleh kandungan montmorillonite yang sering menimbulkan masalah pada bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa komposisi campuran soda api yang terbaik untuk memperbaiki sifat ekspansif tanah lempung. Penelitian ini menggunakan larutan soda api (NaOH) sebagai stabilisator dengan melalui proses pemadatan Modified Proctor. Hasil terbaik diperoleh pada 25 x tumbukan, nilai dari indeks properties menunjukkan peningkatan, Uji UCS menunjukkan penurunan, Uji CBR dengan perendaman 7 hari dengan campuran soda api 10% menunjukkan hasil yang terbaik, sedangkan nilai Tekanan Mengembang dan Potential Mengembang mengalami penurunan yang signifikan.

- **STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN LARUTAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) PADA TANAH DASAR DI DAERAH GODONG - PURWODADI KM 50 KABUPATEN GROGOGAN, Oleh Sri Prabandiyani RW, Siti Hardiyati, Muhrozi,**

Bambang Pardoyo Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada tanah lempung ekspansif asli, maupun yang telah distabilisasi yang berasal dari Godong – Purwodadi KM 50 Kabupaten Grobogan Jawa Tengah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil tes minerologi menunjukkan bahwa tanah pada lokasi tersebut merupakan tanah lempung yang sangat aktif dengan kandungan *montmorillonite* sebesar 43,8% menurut Chen (1975).

2. Sampel tanah asli termasuk kedalam kategori tanah lempung ekspansif, yang memiliki nilai *liquid limit* sebesar 90,66%, *plasticity index* 62,42%, *shrinkage limit* 7,94% dengan persentase fraksi lempung yang lolos sebesar 91,8%. Menurut Skempton (1953) nilai aktivitas sebesar 0,77 tergolong kedalam tanah lempung yang memiliki potensi mengembang yang aktif namun menurut Chen (1988) tanah dengan $IP > 35$ dan $LL > 63$ merupakan tanah lempung yang memiliki potensi mengembang yang sangat tinggi. Sedangkan klasifikasi derajat ekspansif menurut Seed et al.(1962) tergolong kategori tinggi dengan nilai potensi mengembang 5 - 20% yaitu sebesar 17,9%.

3. Untuk nilai *swell potential* dari uji oedometer dan uji CBR dengan pemeraman dengan penambahan stabilisator H₂SO₄ dengan variasi 10% (H₂SO₄) + 90% (air), 20% (H₂SO₄) + 80% (air) dan 30%

(H₂SO₄) + 70% (air) ,pada jumlah tumbukan 10x nilai *swell potential* besarnya antara 75,57 - 89,58%; 25x besarnya antara 64,82 - 99,46%;

Jumlah tumbukan	Nilai CBR							
	0,1" dan 0,2 " pemeraman							
	Tanah asli		10% H ₂ SO ₄		20% H ₂ SO ₄		30% H ₂ SO ₄	
	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
	%	%	%	%	%	%	%	%
10	1,38	1,16	0,52	0,76	1,25	1,10	1,28	1,16
25	3,23	2,82	3,35	3,22	2,85	2,47	3,12	2,73
56	7,42	6,58	7,58	6,26	5,23	4,33	6,20	5,01

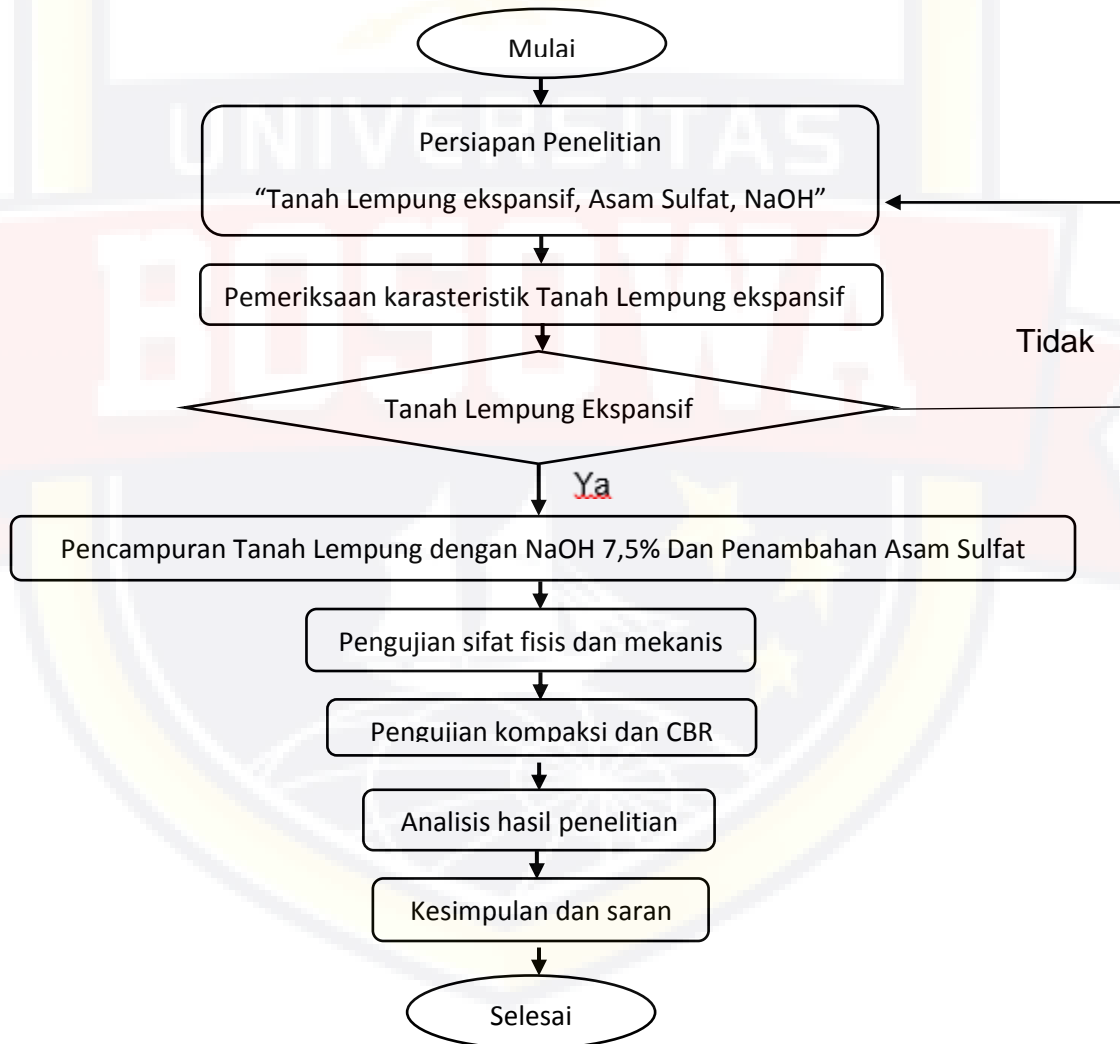
dan
30x
besarnya antara 97,4 - 107% dari uji Oedometer sedangkan Uji CBR dengan rendaman dihasilkan pada jumlah tumbukan 10x, nilai *swell potential* sebesar 6,14 - 7,23%, 25x, nilai *swell potential* sebesar 5,41 - 7,20% dan 56x, nilai *swell potential* sebesar 5,22 - 7,20% dari uji CBR.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini secara garis besar dapat di lihat pada bagan alir di bawah ini :



Gambar 3.1 : Bagan Alir Penelitian

3.2 Waktu Dan Lokasi Penelitian

3.2.1 Lokasi Pengambilan Benda Uji

Lokasi pengambilan benda uji berada di desa Tuju, Kecamatan Bangkalan, Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 3.2 : Lokasi Pengambilan Benda Uji

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah. Jurusan Sipil, Fakultas Teknik universitas Bosowa.



Gambar 3.3 : Lokasi Penelitian Benda Uji

3.3 Jenis penelitian

Pengujian dalam penelitian ini di mulai dari pengambilan sampel tanah lempung ekspansif di lapangan selanjutnya di lakukan pengujian di laboratorium dengan tahapan, sebagai berikut :

1. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-(71))
2. Pengujian berat jenis tanah (SNI 03-1964-2008/ASTM D854-88(72))
3. Pengujian batas cair (SNI 03-1967-1990)
4. Pegujian batas plastis (SNI 03-1966-2008)
5. Pengujian batas susut (3422 2008)
6. Pengujian indeks plastisitas (SNI 03-1966-1990)
7. Pengujian analisa saringan (SNI 03-1968-1990)
8. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) (SNI 03-1744-2012)

3.4 Variabel Penelitian

Variabel terkait dalam penelitian ini ada dua jenis yaitu variable terikat dan variable bebas :

1. Variable terikat dalam penelitian ini adalah larutan (NaOH 7,5%).
2. Variable bebas dalam penelitian ini Asam sulfat (H₂so₄).

3.5 Notasi Dan Jumlah Sampel

Tabel 3.1 : Variasi benda uji

Jenis Percobaan	Variasi	NaOH	H2so4	Kode Sampel	Jumlah
Pemadatan Tanah	Tanah Lempung Ekspansif	0	0	TA	5
	Tanah Lempung Ekspansif + NaOH+H2so4	7,5%	10%	TA1	5
	Tanah Lempung Ekspansif + NaOH+H2so4	7,5%	20%	TA2	5
	Tanah Lempung Ekspansif + NaOH+H2so4	7,5%	30%	TA3	5
CBR	Tanah Lempung Ekspansif	0	0	TC0	3
	Tanah Lempung Ekspansif + NaOH + H2so4	7,5%	10%	TC10	3
	Tanah Lempung Ekspansif+ NaOH + H2so4	7,5%	20%	TC20	3
	Tanah Lempung Espansif+ NaOH + H2so4	7,5%	30%	TC30	3
Total Sampel					32

3.6 Metode Analisis

Pada analisa data yang digunakan yaitu analisis terhadap data hasil uji di laboratorium sebagai berikut :

- a. Analisis Tanah Asli

1. Analisis distribusi butiran terhadap tanah yaitu melakukan analisis hasil pengujian tanah di laboratorium dan klasifikasinya menurut klasifikasi tanah serta menggolongkannya menurut jenis mineral tanah.
 2. Analisis kadar air dan berat jenis tanah lempung ekspansif terhadap penggunaan lapisan tanah dasar.
 3. Analisis batas-batas atterberg untuk mengklasifikasikan hasil uji batas cair dan batas plastis golongan tanah lempung
 4. Analisis hasil pemadatan
 5. Analisis hasil pemadatan tanah asli dilakukan guna mengetahui nilai kadar air optimum terhadap peningkatan kepadatan tanah.
- b. Analisis Tanah yang distabilisasi
1. Nilai CBR terhadap penambahan asam sulfat yang di stabilisasi NaOH 7,5%

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Dasar Tanah Asli

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisis Tanah Tanpa Bahan Tambah

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pemeriksaan sifat Fisis Tanah Lempung

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	31.29	%
2	Pengujian berat jenis	2.625	g/cm ³
3	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	67.41	%
	2. Batas Plastis	46.41	%
	3. Batas Susut	12.49	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	21.00	%
	5. Activity	1.54	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100.00	%
	#10 (2,00 mm)	96.20	%
	#20 (0,85 mm)	88.40	%
	#40 (0,43 mm)	85.28	%
	#60 (0,25 mm)	82.08	%
	#80 (0,180 mm)	79.48	%
	#100 (0,15 mm)	78.04	%
	#200 (0,075 mm)	75.24	%
5	Pasir	24.76	%
	Lanau	56.59	%
	Lempung	18.65	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	24.13	%
	γ dry	1.49	gr/cm ³

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021

Tabel 4.2. Sifat Mekanik setelah di campur variasi Asam Sulfat (H₂so₄) dan Larutan NaOH 7,5%.

Pengujian Kompaksi				
Kadar air optimum gr/cm ³	23.97	27.49	31.34	34.15
γ dry (%)	1,47	1.33	1.33	1.27
2	Pengujian CBR			
CBR	0%	10%	20%	30%
0.1	19	15	12.32	9
0.2	21	16	13.21	11

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021

4.2. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Tambah

4.2.1. Berat Jenis (Gs)

Dari hasil pemeriksaan berat jenis, diperoleh nilai berat jenis 2.625. Dari nilai berat jenis tersebut, tanah tersebut masuk kategori lempung anorganik yang mempunyai nilai berat jenis antara 2,68 – 2,75.

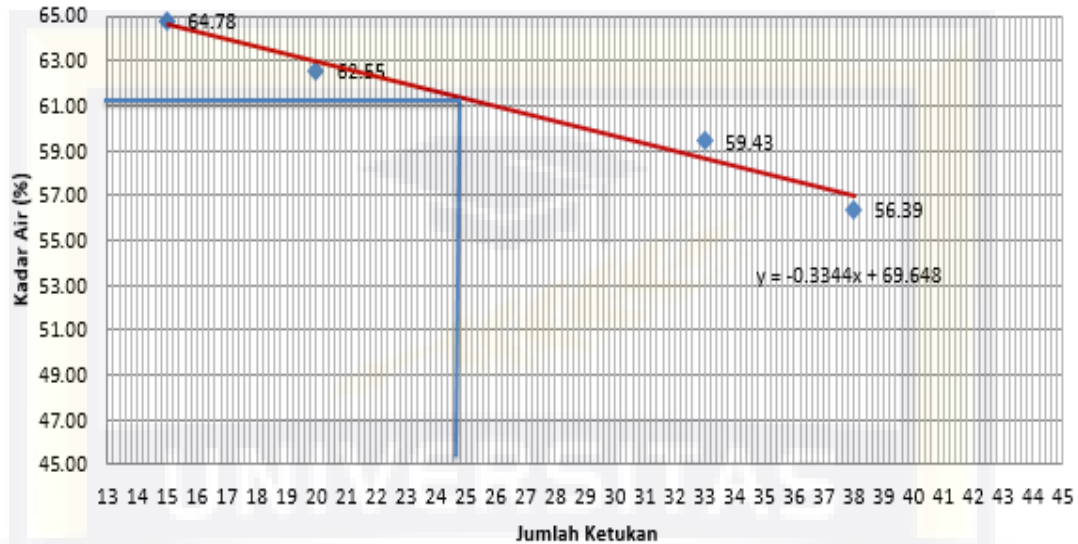
4.2.2. Pengujian Batas-batas Konsistensi

a. Batas Batas Atterberg

1) Batas Cair (Liquid Limit, LL)

Dari gambar 4.1 diperoleh hasil hubungan jumlah ketukan dengan kadar air didapatkan nilai batas cair (LL) = 61.41 %.

Kurva Aliran untuk Batas Cair



Gambar 4.1 Kurva Aliran untuk Penentuan Batas Cair

2) Batas Plastis (Plastic Limit, PL)

Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh nilai batas plastis (PL) = 46.41%

3) Indeks Plastisitas (Indeks Plasticity, IP)

Berdasarkan rumus $PI = LL - PL$ diperoleh nilai indeks plastisitas (PI) = 21.00%. Tanah yang mempunyai nilai $PI > 17$ masuk kategori lempung dengan sifat plastisitas tinggi.

4) Batas Susut (Shrinkage Limit)

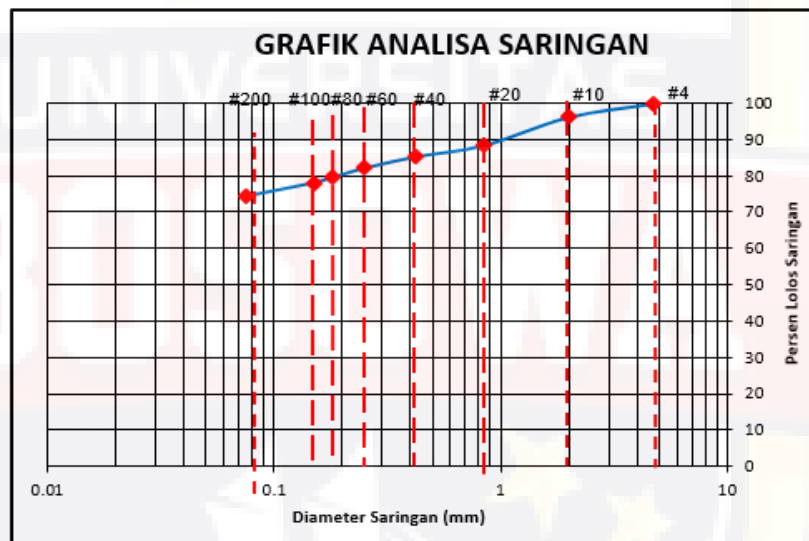
Dari hasil pengujian batas susut diperoleh nilai batas susut = 12.49%

5) Activity

Berdasarkan rumus penentuan nilai activity $A = \frac{PI}{\% \text{ Clay}-5}$ dari pengujian

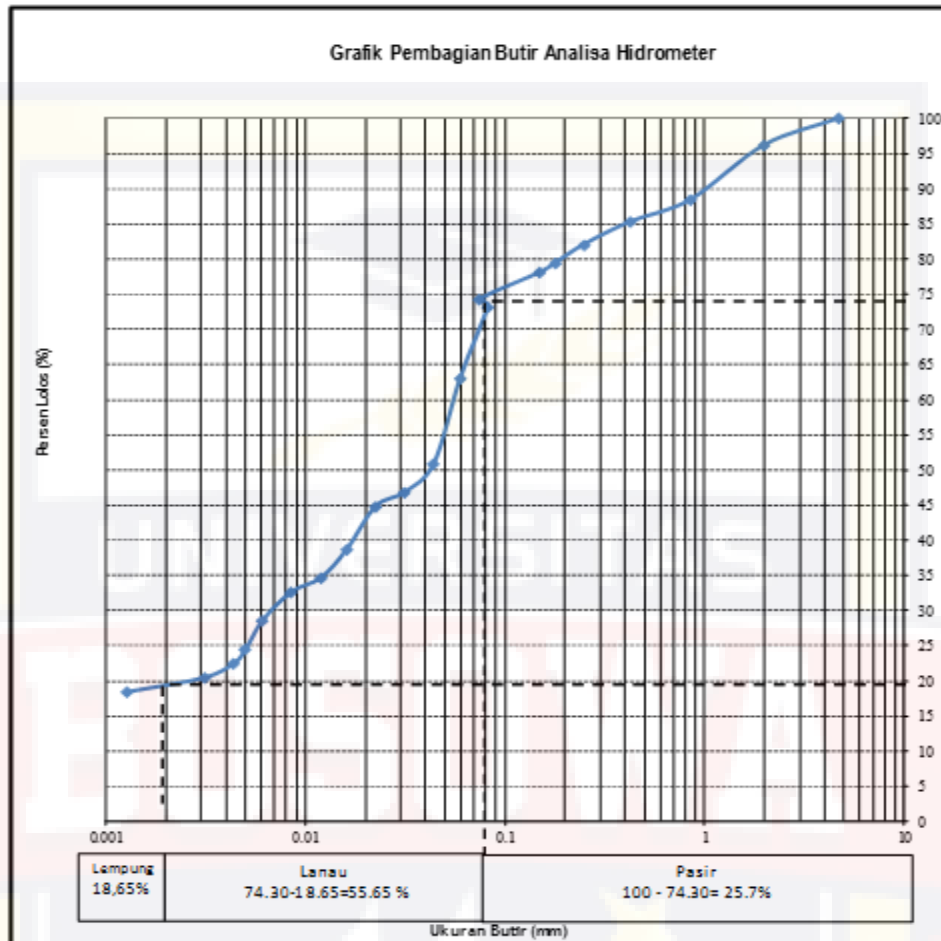
diperoleh nilai sebesar 1.54%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aktivitasnya tinggi dan jenis mineral lempungnya adalah illite yang dimana nilai aktivitasnya berada diantara 0.5-1 yang mempunyai nilai aktifitas normal.

b. Analisa Gradasi Butiran



Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan

Dari gambar 4.2 di atas, hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa saringan basah diperoleh hasil dari tanah tersebut 55.65% lolos saringan No.200. Sehingga didapat fraksi pasir sebesar 25.7%.



Gambar 4.3 Grafik Pembagian Butir Analisa Hidrometer

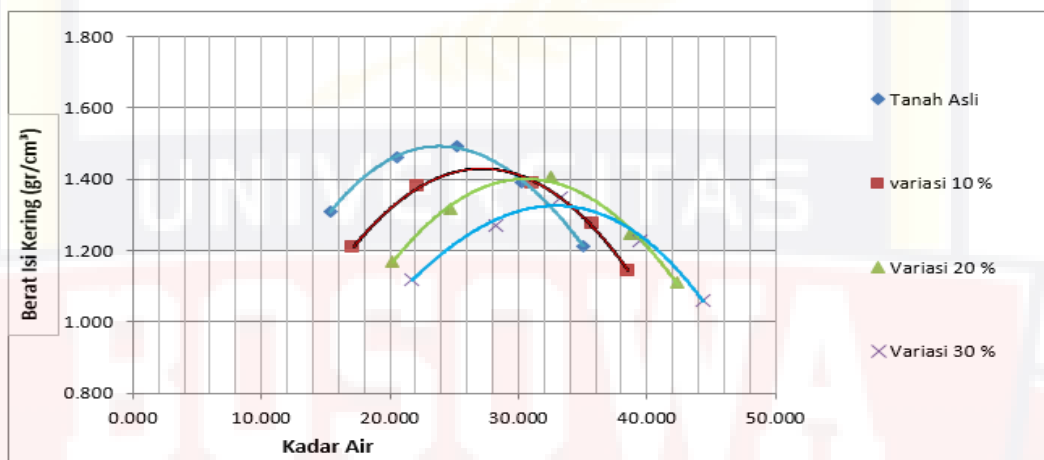
Dari gambar 4.3 hasil pengujian hidrometer berdasarkan kurva lengkungnya diperoleh hasil sebahagian besar ukuran butir tanah adalah fraksi Lempung yaitu sebanyak 18.65% . sedangkan fraksi lanau sebesar 55.65%.

Peninjauan klasifikasi tanah yang mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 0,002 mm, tidak berdasarkan secara langsung pada gradasinya,

sehingga penentuan klasifikasinya lebih didasarkan pada batas batas atterbergnya.

Sebagian besar lempung hanya memiliki sekitar 15% sampai 50% kadar lempung. (Laurence D. Wesley).

c. Pengujian Kompaksi (Pemadatan)



Gambar 4.4 Grafik Gabungan Pengujian Kompaksi

- Pengujian pemadatan Standar (Proctor test) Tanah tanpa bahan Variasi diperoleh $w_{opt} = 24,13\%$ dan $\gamma_{maks} = 1,49 \text{ gr/cm}^3$.
- Pengujian pemadatan Standar (Proctor test) Tanah dengan bahan Variasi NaOH 7,5% dan asam sulfat 10% diperoleh $w_{opt} = 27,16\%$ dan $\gamma_{maks} = 1,43 \text{ gr/cm}^3$.
- Pengujian pemadatan Standar (Proctor test) Tanah dengan bahan Variasi NaOH 7,5% dan asam sulfat 20% diperoleh $w_{opt} = 30,63\%$ dan $\gamma_{maks} = 1,40 \text{ gr/cm}^3$.

- Pengujian pemadatan Standar (Proctor test) Tanah dengan bahan Variasi NaOH 7,5% dan asam sulfat 0% diperoleh $w_{opt} = 32,44\%$ dan $\gamma_{maks} = 1,33 \text{ gr/cm}^3$.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Kompaksi

-	Pengujian Kompaksi			
Kadar Air Optimum (gr/cm3)	24.13	27.16	30.63	32.44
γ dry (%)	1.49	1.43	1.40	1.33

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021

Dari table diatas nilai kepadatan kering tanah lempung atau tanah dengan campuran variasi 0% 1.49gr/cm3 dengan kadar air optimum 24.13 gr/cm3. Dengan penambahan asam sulfat yang dengan persentasi campuran sebesar 10% maka didapat penurunan kepadatan kering maksimum sebesar 1.43% dengan selisi sebesar 0.14% dan mengalami kenaikan pada kadar air optimumnya sebesar 27.49 gr/cm3 dengan selisi sebesar 3.52 gr/cm3, untuk variasi 20% mengalami kepadatan kering 1.33% dengan selisi 0% dan mengalami kenaikan kadar air optimum sebesar 31.34 gr/cm3 dengan selisi 3.88 gr/cm3 dari variasi 10% , dan untuk variasi 30% mengalami penurunan kepadatan kering 1.27 % dengan selisi 0.06% dan kenaikan kadar air optimum sebesar 34.15 gr/cm3 dengan selisi 2.81 gr/cm3 dari variasi 20% sehingga didapat selisi yang bervariasi setiap penambahan persentasi asam sulfat. Penurunan tersebut di akibatkan karena berat jenis NaOH dan asam

sulfat lebih kecil dari berat jenis tanah lempung. Sehingga didapat penurunan kepadatan kering setelah ditambahkan variasi NaOH dan asam sulfat.

Namun untuk nilai kadar air optimumnya mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah persen variasi karena NaOH dan asam sulfat tersebut memiliki daya serap yang lebih besar dibandingkan dengan tanah lempung, sehingga itulah yang mempengaruhi penurunan kadar air optimum pada tiap penambahan variasi NaOH dan asam sulfat yang lebih banyak, tetapi berbanding terbalik dengan kepadatan kering yang didapatkan dari tiap variasi NaOH dan asam sulfat tersebut.

4.3. Klasifikasi Tanah Asli

4.3.1 AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*)

Untuk mengklasifikasikan tanah yang diuji ke dalam klasifikasi AASTHO adalah dengan berdasarkan uji analisa distribusi butiran serta hasil uji batas-batas Atterberg, yaitu sebagai berikut:

- a) Tanah lolos saringan No.200 = 74.30%
- b) Batas cair (LL) = 67.41%
- c) Batas Plastis (PL) = 46.41%
- d) Indeks Plastisitas (IP) = 21.00%

Berdasarkan analisa basah, presentase bagian tanah yang lolos saringan no.200 adalah 74,30% ($> 35\%$).Sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok : (A-4,A-5,A-6,A-7).

Batas cair (LL) = 32,64% .Untuk tanah yang batas cairnya lebih kecil dari 40% maka tanah tersebut masuk dalam kelompok A-4 (max. 40%) dan A-6 yang juga max. 40%.

Indeks Plastisitas (PI) = 21,00%. Untuk kelompok A-4 nilai maksimalnya 10% sedangkan kelompok A-6 nilai PI minimumnya sebesar 11% maka tanah dikelompokkan kedalam kelompok A-6. Tanah yang masuk kategori A-6 termasuk klasifikasi tanah lempung.

4.3.2 USCS (Unified Soil Classification System)

Dari analisis saringan basah didapatkan tanah lolos saringan no.200 lebih besar dari 50% sehingga masuk ke dalam klasifikasi tanah berbutir halus.

Batas cair (LL) = 67,41% dan indeks plastisitas (PI) = 21,00%. Dari bagian plastisitas, klasifikasi tanah masuk dalam range CL : CL adalah simbol lempung anorganik dengan plastisitas rendah, sampai dengan sedang, lempung berkerikil lempung berpasir, lempung berlanau lempung “kurus” (lean clays). Lempung anorganik juga biasa diartikan bahwa tanah lempung tersebut terbentuk akibat pelapukan dari batuan ataupun partikel-partikel yang berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari

pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, karena memang sample tanah yang saya uji tersebut berasal dari daerah pesisir pantai.

Dari karakteristik material diatas (yaitu plastisitas dan distribusi ukuran partikel) dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut adalah : Tanah Lempung (Clay) dengan Sifat Plastisitas sedang.

4.4 Sifat Mekanis Tanah

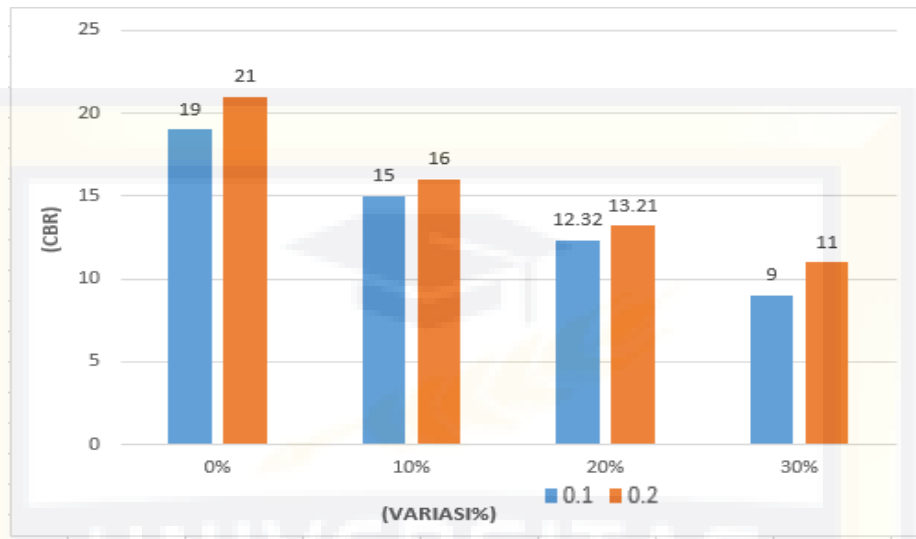
4.4.1 Hasil Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Tabel 4.4 Hasil pengujian CBR (unsoaked)

CBR	Tanah Asli	Variasi NaOH 7.5% + H2so4 10%	Variasi NaOH 7.5% + H2so4 20%	Variasi NaOH 7.5% + H2so4 30%
0.1	19	15	12.32	9
0.2	21	16	13.21	11

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021

Adapun perbandingan Nilai CBR tanpa rendam (unsoaked) dengan variasi Asam Sulfat (H₂so₄) dan Larutan NaOH 7,5%, dapat dilihat dari grafik berikut:



Gambar 4.5 Grafik Gabungan Analisa CBR

Pada data-data diatas dapat dilihat nilai CBR dari grafik design dari tanah asli atau tanah dengan variasi 0% senilai 5.56% untuk penurunan 0.1 inchi dan 5.9% pada penurunan 0.2 inch, dan mengalami penurunan nilai CBR pada tiap penambahan persentasi variasi NaOH 7,5% dan asam sulfat.

Berdasarkan table serta grafik gabungan dari tiap persentasi pencampuran variasi NaOH 7,5% dan asam sulfat dapat dilihat bahwa :

1. Pada tanah asli atau persentasi pencampuran 0% dengan nilai CBR 19% untuk penurunan 0.1 inchi dan 21% pada penurunan 0.2 inch.
2. Pada tanah dengan variasi 10% pencampuran NaOH 7,5% dan asam sulfat dengan nilai 15% untuk penurunan 0.1 inchi dan mengalami peningkatan 16% pada penurunan 0.2 inchi

3. Pada tanah dengan variasi 20% pencampuran NaOH 7,5% dan asam sulfat dengan nilai 12,32% untuk penurunan 0.1 inchi dan 13,21% pada penurunan 0.2 inchi
4. Pada tanah dengan variasi 30% pencampuran NaOH 7,5% dan asam sulfat dengan nilai 9% untuk penurunan 0.1 inchi dan mengalami peningkatan 11% pada penurunan 0.2 inchi.

Berdasarkan uraian diatas dapat dilihat nilai CBR tiap persenan pencampuran variasi Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Larutan NaOH 7,5% mengalami penurunan, untuk nilai CBR dengan penurunan 0.1 inchi menghasilkan selisi 4% diantara penambahan 0% sampai 10%, 2.68 % antara penambahan variasi 10% sampai 20%, dan 3.32 % antara penambahan 20% sampai 30%, sedangkan nilai cbr pada penurunan 0.2 inchi menghasilkan selisi 5% diantara penambahan 0% sampai 10%, 12.79 % antara penambahan variasi 10% sampai 20%, dan 2.21% antara penambahan 20% sampai 30%, nilai CBR turun dikarenakan terjadi pelemahan daya ikat antar partikel tanah dengan bahan campuran Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Larutan NaOH 7,5% disebabkan karena arang tempurung tersebut. Memiliki daya ikat (kohesi) yang relative kecil dibandingkan dengan tanah lempung, sehingga dengan penambahan Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Larutan NaOH 7,5% yang lebih banyak maka terjadi penurunan nilai CBR.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengolahan data serta pembahasan yang dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu ;

1. Hasil Pengujian karakteristik tanah asli diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus dengan sifat plastisitas tinggi dimana ukuran butiran dominan adalah fraksi lanau sebesar 56.59%, fraksi pasir 24.75% dan fraksi lempung sebesar 18.65%. dengan angka activity 1.54
2. Nilai CBR yang dilihat dari CBR desing tiap variasi mengalami penurunan, semakin banyak campuran variasi NaOH dan asam sulfat yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai CBRnya, dikarenakan NaOH dan asam sulfat mengurangi daya ikat (kohesi) pada tanah lempung.
3. Untuk nilai kadar air optimum dan berat isi kering pada pengujian kompaksi, semakin banyak campuran variasi asam sulfat dan NaOH yang ditambahkan, maka semakin besar nilai kadar air optimum dikarenakan variasi NaOH dan asam sulfat tersebut menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan tanah lempung sehingga semakin banyak penambahan persentasi NaOH dan asam sulfat maka semakin

besar nilai kadar air optimum tetapi berbanding terbalik dengan berat isi kering yang relative berkurang seiring penambahan persentasi NaOH dan asam sulfat karena berat jenis NaOH dan asam sulfat lebih kecil di banding dengan berat jenis tanah lempung.

5.2. Saran

1. Bagi para peneliti yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut perlu dilakukan pengujian berat jenis pada sampel NaOH dan asam sulfat demi untuk memastikan keakuratan pengujian yang dilakukan.
2. Melihat hasil penelitian ini, untuk pengujian CBR mungkin perlu ada variasi lain untuk lebih menstabilisasikan tanah tersebut dan variasi waktu pemeramanan serta lebih memperbanyak jumlah sample sehingga lebih banyak perbandingan untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih akurat.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan apabila ingin mengembangkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing Material (1996). Standard Test Method for One - Dimension Swell or Settlement Potential of Soil, Annual Book of ASTM Standard, D 4546- 96, Vol 04,08, Philadelphia, 672 – 678

Bambang Pardoyo*, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Windu Partono. 2018. Perbaikan Tanah Lempung menggunakan Soda Api. *Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,*

Bowles, Joseph E, 1986, *Sifat-Sifat Fisis Geoteknis Tanah edisi kedua,* Erlangga, Jakarta.

Bowles, Joseph E., 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah),* Erlangga Jakarta.

Braja M. Das, 1995, MEKANIKA TANAH, Penerbit Erlangga, Jakarta

Buku Bahan Ajar Darwis Panguriseng. *Materi Pokok Mekanika Tanah – 1 dan Geologi Rekayasa.* Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

Casagrande. 1942. Sistem Klssifikasi Unifed Soil & Clasification System (USCS).

Chen, F., H., 1975. Foundation on Expansive Soils, Developments in Geotechnical Engineering 12, Else-Vier Scientific Publishing Company, New York,.

Das, Braja M, Endah Noor, Mochtar, Indrasurya B, 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2, Penerbit: Erlangga, Jakarta.

Das Baraja M.1995. *Mekanika Tanah 1*. Erlangga. Jakarta

Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Hardiyatmo, Hary Christiady 2010. *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University

Hardiyatmo. 2006, "*Mekanika Tanah 1*" Edisi Keempat: Yogyakarta.

Mekanika Tanah, Laboratorium. 2014. *Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah*. Universitas Bosowa. Makassar.

Sri Prabandiyani RW, Siti Hardiyati, Muhrozi, Bambang Pardoyo. 2015. stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4) pada tanah dasar di daerah godong - purwodadi km 50 kabupaten grogogan. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Skempton, A., W., 1953. The Colloidal Activity of Clays, Poceeding 3rd Int, Conference Soil.

Soedarmo, G. D. & Purnomo, S. J. E. 1997. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta : Kanisius.

Sutarman, E. 2013. Konsep dan aplikasi mekanika tanah, Ed.1, Penerbit : Andi. Yogyakarta.

Verhoef, PNW. 1994. Geologi Untuk Teknik Sipil. Erlangga. Jakarta.

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*,

Penerbit: Andi, Jakarta

