

TUGAS AKHIR

**“PENGARUH PENAMBAHAN Na_2CO_3 TERHADAP KONSISTENSI
DAN KUAT GESER PADA TANAH LEMPUNG”**



DISUSUN OLEH :

RENALDI Z

45 17 041 077

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
2023**



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar
Nomor : A.995/FT/UNIBOS/VIII/ 2023, Tanggal 21 Agustus 2023, Perihal Pengangkatan
Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Senin, 28 Agustus 2023
N a m a : **RENALDI Z**
No.Stambuk : **45 17 041 077**
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **“Pengaruh Penambahan Na_2CO_3 Terhadap Konsistensi dan
Kuat Geser Pada Tanah Lempung”**

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 Ujian Akhir

Ketua / Ex Officio : **Dr.Ir. H. Syahrul Sariman, MT** (.....)
Sekretaris / Ex Officio : **Ir. Arman Setiawan, ST. MT** (.....)
Anggota : **Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT** (.....)
Anggota : **Ir. Hj. Savitri Prasandi Mulyani, ST. MT** (.....)

Makassar, 29 Agustus 2023

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Dr. H. Nasrullah, ST. MT
NIDN: 09 080773 01


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

SURAT PERNYATAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : **RENALDI. Z**
Nomor Stambuk : **451704107**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Penambahan Na₂CO₃ Terhadap Konsistensi dan Kuat Gaser Pada Tanah Lempung**

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 Makassar menyimpan, mengalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base , mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

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

Makassar, 2023

Yang membuat pernyataan



Renaldi. Z
(RENALDI. Z)

45 17 041 077

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan susunan tugas akhir ini. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademis untuk mencapai derajat sarjana teknik pada program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Tugas akhir ini berjudul “PENGARUH PENAMBAHAN Na_2CO_3 TERHADAP KONSISTENSI DAN KUAT GESER PADA TANAH LEMPUNG LUNAK”

Walaupun jauh dari kata sempurna penulis sepenuhnya sadar akan keterbatasan penulisan ini, banyaknya hambatan dan kendala yang penulis hadapi, namun berkat tekad dan kerja keras serta dorongan dari beberapa pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan walaupun dalam bentuk yang sederhana. Untuk itu, segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terimah kasih khususnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah menyertai dan melindungi penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.Ir.H. Syahrul Sariman, MT selaku pembimbing satu dan Bapak Ir. Fauzy Lebang, ST.MT selaku pembimbing dua, saya ucapkan terimakasih sebesar-besarnya karena sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga penyusunan tugas akhir ini selesai.
3. Bapak Dekan , Para Wakil Dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
4. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf., M.T sebagai ketua jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.
5. Kedua orang tua saya, Bapak Herman dan Ibu Tennang, terimakasih banyak karena sudah memberikan support, semangat, dukungan moral dan materi yang tak terhitung jumlahnya, serta saudara, dan semua keluarga besar saya, terimakasih atas

semangatnya sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.

6. Teman-teman Angkatan 2017 Ironbrige Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar terimakasih telah membagi suka dan duka dengan penulis selama perkuliahan berlangsung, banyak bertukar pikiran, cerita, saran, dan semangat kepada saya selama hampir 6 tahun. Semoga kalian juga cepat menyusul, serta yang sudah selesai semoga kalian juga mendapat pekerjaan yang baik.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Sebagai manusia biasa yang tak pernah luput dari kesalahan kehilafan, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis jika tugas akhir ini bermanfaat untuk kita semua. Amin.

Makassar, Juli 2023

RENALDI Z

4517041077

Abstrak

Tanah lempung secara umum dapat di katakan mempunyai daya dukung yang rendah. Oleh Sebab itu perlu diberi perlakuan bila akan digunakan sebagai digunakan sebagai dasar konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Na_2CO_3 (natrium karbonat) terhadap konsistensi dan kuat geser pada tanah lempung. Penelitian ini dilakukan dengan mempersiapkan campuran berbagai konsentrasi Na_2CO_3 yaitu 0.4%, 0.6%, 0.8% dan 1.0% ,yang ditambahkan ke dalam sampel tanah lempung. Pengujian konsistensi menggunakan uji batas Atterberg (Batu Casagrande). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Na_2CO_3 memiliki pengaruh terhadap konsistensi tanah lempung. Pada pengujian kuat geser terdapat nilai kohesi, sudut geser dan kuat geser, dimana persentase campuran mengalami peningkatan. Sehingga pada pengujian ini di dapat nilai kuat geser optimum pada tanah campuran 1% Na_2CO_3 .

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PENGAJUAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR NOTASI..... | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | I-3 |
| 1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian..... | I-3 |
| 1.3.1 Tujuan | I-3 |
| 1.3.2 Manfaat..... | I-3 |
| 1.4 Pokok Bahasan Dan Batasan Masalah | I-4 |
| 1.4.1 Pokok Bahasan..... | I-4 |
| 1.4.2 Batasan Masalah..... | I-4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | I-5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Tinjauan Umum Tanah | II-1 |
| 2.1.1 Pengertian Tanah | II-1 |

| | | |
|-------|---|-------|
| 2.1.2 | Sistem Klasifikasi Tanah | I-3 |
| a. | Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butir..... | II-4 |
| b. | Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)..... | II-5 |
| c. | Klasifikasi Tanah Unified (USCS)..... | II-8 |
| 2.1.3 | Stabilisasi Tanah. | II-9 |
| 2.2 | Tanah Lempung..... | II-11 |
| 2.3 | Na ₂ CO ₃ | II-15 |
| 2.4 | Stabilisasi Tanah..... | II-17 |
| 2.4.1 | Pegujian Kadar Air..... | II-18 |
| 2.4.2 | Pengujian Berat Isi. | II-19 |
| 2.4.3 | Pengujian Berat Jenis | II-20 |
| 2.4.4 | Pengujian Batas-Batas Atterberg..... | II-21 |
| 2.4.5 | Pengujian Analisa Saringan..... | II-23 |
| 2.4.6 | Pengujian Analisis Hidrometer..... | II-23 |
| 2.4.7 | Pengujian Pemadatan | II-24 |
| 2.4.8 | Pengujian Kuat Tekan | II-27 |
| 2.4.9 | Pengujian Kuat Geser | II-29 |
| 2.5 | Penelitian terdahulu | II-31 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | | |
|-----|-----------------------------------|-------|
| 3.1 | Diagram Alur Penelitian | III-1 |
| 3.2 | Waktu Dan Lokasi Penelitian | III-2 |
| 3.3 | Metode Pengumpulan Data | III-2 |
| 3.4 | Tahap Penelitian Penelitian..... | III-3 |
| 3.5 | Variabel Penelitian | III-3 |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 3.6 Jumlah dan Notasi Sampel..... | I-4 |
| 3.7 Metode Analisis | III-5 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|------|
| 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah Asli | IV-1 |
| 4.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah..... | IV-2 |
| 4.2.1 Hasil Pengujian Kuat Geser..... | IV-2 |
| 4.2.2 Hasil Pengujian Konsistensi..... | IV-2 |
| 4.3 Pembahasan | IV-3 |
| 4.3.1 AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Officials) | IV-3 |
| 4.3.2 USCS (Unified Soil Classification System)..... | IV-3 |
| 4.4 Pengujian Kompaksi | IV-5 |
| 4.3.2 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung | IV-6 |
| 4.3.3 Hasil Pengujian Konsistensi | IV-8 |

BAB V PENUTUP

| | |
|---------------------|-----|
| 5.1 Kesimpulan..... | V-1 |
| 5.2 Saran..... | V-2 |

DAFTAR PUSTAKA

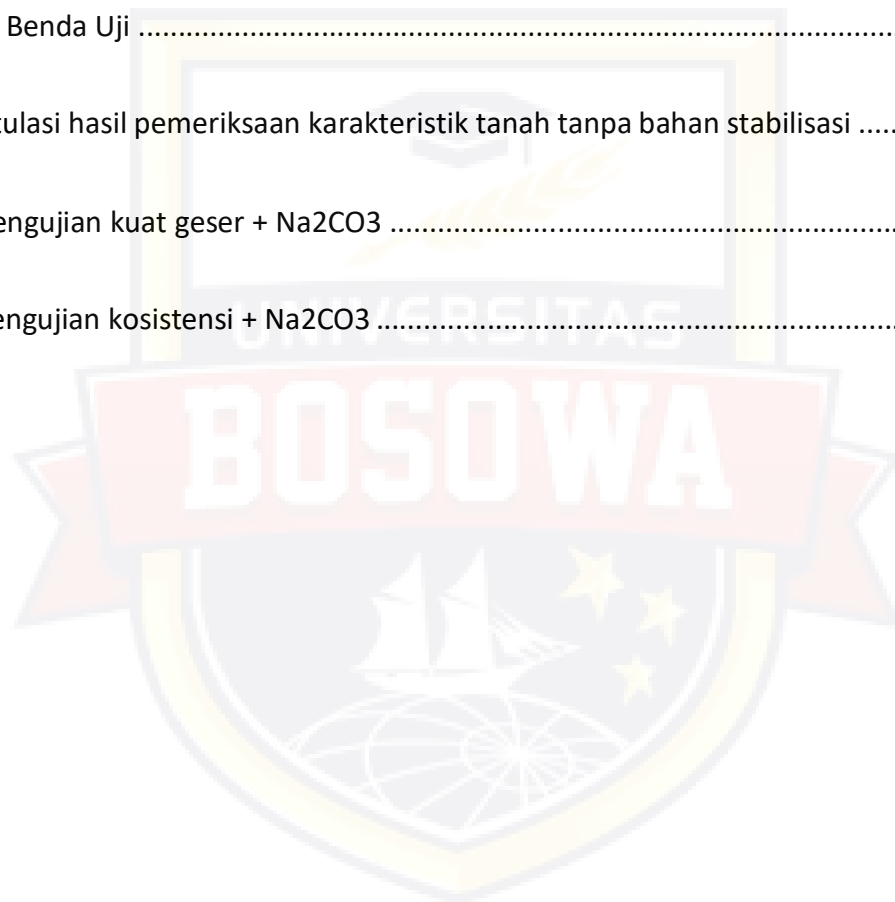
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Grafik Plastisitas untuk klasifikasi tanah USCSI-13
2. Gambar 2.2.Natrium Karbonat.....II-26
3. Gambar 4.1. Plot Grafik Klasifikasi USCSIV-4
4. Gambar 4.2.Grafik Pengujian KompaksiIV-5
5. Gambar 4.3.Grafik Hubungan Kohesi dengan Variasi Na_2CO_3IV-7
6. Gambar 4.4. Grafik Hubungan Sudut Geser dengan Variasi Na_2CO_3 IV-7
7. Gambar 4.5. Grafik Hubungan Kuat Geser dengan Variasi Na_2CO_3 IV-8
8. Gambar 4.6. Grafik Gabungan Batas Cair..... IV-9
9. Gambar 4.7. Grafik Gabungan Batas Plastis..... IV-10
10. Gambar 4.8. Grafik Gabungan Batas Susut IV-11
11. Gambar 4.9. Grafik Gabungan Indeks Plastis IV-12
12. Gambar 4.10. Grafik Gabungan Konsistensi dan Kuat GeserIV-13

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-------|
| 2.1 Klasifikasi berdasarkan ukuran butiran | I-14 |
| 2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO | II-16 |
| 2.3 Klasifikasi tanah sistem USCS | II-18 |
| 2.4 Hubungan batas Atterberg dan potensi perubahan volume | II-21 |
| 3.1 Variasi Benda Uji | III-2 |
| 4.1 Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah tanpa bahan stabilisasi | IV-1 |
| 4.2 Hasil pengujian kuat geser + Na ₂ CO ₃ | IV-2 |
| 4.3 Hasil pengujian konsistensi + Na ₂ CO ₃ | IV-3 |



DAFTAR NOTASI



| | |
|-----------|---|
| A | : Luas Penampang |
| AASTHO | : <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> |
| ASTM | : <i>American Society for Testing and Material</i> |
| CBR | : <i>California Bearing Ratio</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 |
| Q | : Debit Rembesan |
| Qu | : Kuat Tekan Bebas |
| Sand | : Pasir |
| Shrinking | : Penyusutan |
| Silt | : Lanau |
| SNI | : Standar Nasional Indonesia |

| | |
|------------|--|
| t | : Waktu Pengamatan |
| USCS | : Unified Soil Classification System |
| V | : Volume |
| 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 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Kerusakan yang terjadi pada jalan dan gedung, seperti terangkat atau turunnya suatu pondasi, keretakan dinding bangunan, dan bergelombangnya permukaan jalan, disebabkan oleh permasalahan pada tanah yang ada di bawah struktur suatu bangunan. Permasalahan tanah ini tidak hanya terbatas pada penurunan saja tetapi mencakup secara menyeluruh, seperti penyusutan dan pengembangan tanah. Oleh karena itu sifat teknis yang berkaitan dengan tanah dasar harus diperhatikan agar suatu struktur yang dibangun di atasnya dapat stabil terhadap pengaruh tanah. Beberapa jenis tanah memerlukan penanganan khusus untuk dapat dijadikan sebagai dasar konstruksi, salah satunya adalah tanah lempung.

Tanah lempung merupakan tanah lunak yang memiliki sifat-sifat yang buruk dan di sebagian besar wilayah Indonesia diliputi tanah lempung yang dimana dengan mudah menyerap air dalam jumlah yang banyak sehingga tanah ini mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air yang sangat mudah mengembang, sehingga diperlukan penanganan khusus untuk menanggulangi

masalah-masalah yang nantinya akan timbul apabila bangunan atau jalan terletak diatas tanah lempung.

Oleh karena itu diperlukan upaya untuk memperbaiki kondisi tanah sebelum dilakukannya proses kontruksi dengan menambah stabilitas tanah itu sendiri dengan tujuan meningkatkan daya dukung tanah yang ditunjukkan dengan nilai Kuat Geser. Nilai Kuat Geser tersebut akan berbanding lurus dengan daya dukungnya, artinya semakin tinggi nilai Kuat Geser, maka semakin tinggi pula daya dukung tanah dasar.

Penelitian ini menggunakan Na_2CO_3 sebagai bahan stabilisasi. Na_2CO_3 sendiri merupakan salah satu material dasar yang paling banyak digunakan, didapatkan dari abu sintesis yang dibuat dari Natrium Klorida melalui proses Solvay atau proses yang sejenis. Na_2CO_3 banyak di manfaatkan dalam bidang industry kaca, obat-obatan, bahan makanan, deterjen, industri kertas, industri tekstil dan juga salah satu bahan stabilisasi yang tergolong ekonomis karena harganya yang relatif terjangkau.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menentukan bahwa tanah yang diteliti adalah tanah lempung?
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran Na_2CO_3 terhadap kuat geser

tanah lempung?

3. Bagaimana pengaruh variasi campuran Na_2CO_3 terhadap konsistensi tanah lempung?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu :

1. Menentukan karakteristik tanah lempung yang digunakan pada penelitian
2. Menentukan pengaruh variasi campuran Na_2CO_3 terhadap kuat geser tanah lempung.
3. Menentukan pengaruh variasi campuran Na_2CO_3 terhadap konsistensi tanah lempung.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Menambah ilmu pengetahuan mengenai pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan Na_2CO_3 pada tanah lempung terhadap nilai Kuat Geser dan Konsistensi.
2. Menggunakan material zat adiktif sebagai bahan variasi untuk perbaikan tanah lempung.

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Adapun pokok bahasan dalam penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengujian sifat fisis terhadap tanah untuk mengetahui kreteria tanah lempung.
2. Membuat variasi campuran tanah lempung dan Na_2CO_3
3. Mengukur presentasi penambahan Na_2CO_3 terhadap tanah lempung
4. Melakukan pengujian Kuat Geser terhadap tanah lempung dan tanah yang telah divariasikan dengan Na_2CO_3 .
5. Melakukan pengujian Konsistensi terhadap tanah lempung dan tanah yang telah divariasikan dengan Na_2CO_3 .

1.4.2 Batasan Masalah.

Adapun Rumusan masalah yang dianalisa pada penelitian ini yaitu :

1. Na_2CO_3 diambil dari toko bahan kimia
2. Tanah lempung yang diteliti diambil dari Sudiang, Ke. Biringkanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan
3. Tidak meneliti kandungan kimia bahan tambah Na_2CO_3

1.5 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang dasar-dasar teori mengenai karakteristik bahan campuran untuk stabilitasi tanah lempung, metode perencanaan serta persiapan dan proses mengstabilisasikan tanah lempung sebagai acuan dalam penyusunan tugas akhir.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran umum penelitian, waktu dan lokasi penelitian, diagram alir penelitian serta tahapan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ini diuraikan hasil pengujian bahan serta pengujian nilai Konsistensi dan Kuat Geser yang telah dilakukan di laboratorium, yang disajikan dalam bentuk tabel-tabel dan grafik, kemudian hasil tersebut dilakukan analisis dan pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan kesimpulan pokok dan keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk memperbaiki hasil dari penelitian analisis sifat fisik tanah lempung dengan Na_2CO_3 terhadap nilai Konsistensi dan Kuat Geser.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Karakteristik Tanah Lempung

Menurut Braja M. Das 1988, Lempung (clays) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (clay minerals), dan mineral - mineral yang sangat halus lain. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (=2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (lihat ASTM D-653). Di sini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (clay minerals). Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang "menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air" (Grim, 1953). Jadi dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (non-clay soils) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil (partikel-partikel quartz, feldspar, dan mika dapat berukuran submikroskopis, tetapi umumnya mereka tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah). Dari segi ukuran, partikel-partikel tersebut memang dapat digolongkan sebagai

partikel lempung. Untuk itu, akan lebih tepat bila partikel-partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 mikron, atau < 5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut sebagai lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid dan ukuran merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu (1) silika tetrahedra dan (2) aluminium oktahedra. Setiap unit tetrahedra (bersisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silikon. Kombinasi dari unit-unit silika tetrahedra tersebut membentuk lembaran silika. Tiga atom oksigen pada dasar setiap tetrahedra tersebut dipakai bersama oleh tetrahedra-tetrahedra yang berseblahan. Unit-unit oktahedra (bersisi delapan) terdiri dari enam gugus ion hidroksil (OH) yang mengelilingi sebuah atom aluminium, dan kombinasi dari unit-unit hidroksi aluminium ber bentuk oktahedra itu membentuk lembaran oktahedra. (Lembaran ini disebut juga lembaran gibbsite). Kadang-kadang atom magnesium menggantikan kedudukan atom aluminium pada unit-unit oktahedra; bila demikian adanya, lembaran oktahedra tersebut disebut lembaran brucite.

Pada sebuah lembaran silika, setiap atom silikon yang bermuatan positif dan bervalensi empat dihubungkan dengan empat atom oksigen yang bermuatan negatif dengan valensi total delapan. Tetapi setiap atom oksigen pada dasar tetrahedra itu dihubungkan dengan dua atom silikon lainnya. Ini

berarti bahwa atom-atom oksigen di sebelah atas dari unit-unit tetrahedra mempunyai kelebihan valensi (negatif) sebesar satu dan harus diseimbangkan. Bila lembaran silika itu ditumpuk di atas lembaran oktahedra seperti atom-atom oksigen tersebut akan menggantikan posisi ion hidroksil pada oktahedra untuk memenuhi keseimbangan muatan mereka.

Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2006) Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok-partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat yang dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Diantaranya terdiri dari kelompok - kelompok: montmorillonite, illite, kaolinite, dan polygorskite. Terdapat pula kelompok lain, misalnya :chlorite, vermiculite, dan halloysite.

Kaolinite

Kaolinite merupakan mineral dari kelompok kaoline, terdiri dari susunan satu lembar silika tetrahedra dengan satu lembar aluminium oktahedra, dengan satuan susunan setebal $7,2 \text{ \AA}$. kedua lembaran terikat bersama – sama, sedemikian hingga ujung dari lembaran silika dan satu lapisan lembaran oktahedra membentuk suatu lapisan tunggal. Dalam kombinasi lembaran silika dan aluminium, keduanya terikat oleh ikatan hydrogen.

Pada keadaan tertentu, partikel *Kaolinite* mungkin lebih dari seratus tumpukan yang sukar dipisahkan. Karena itu mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengan. (air dapat menimbulkan *kembang – susut pada sel satunya*).

Halloysite

Halloysite hampir sama dengan kaolinite, tapi kesatuan yang berurutan lebih acak ikatannya dan dapat dipisahkan oleh lapisan tunggal molekul air. Jika lapisan tunggal air menghilang oleh karena proses penguapan, mineral ini akan berkelakuan lain. Maka sifat tanah berbutir halus yang mengandung halloysite akan berubah secara tajam jika tanah dipanasi sampai menghilangkan lapisan tunggal molekul airnya. Sifat khusus lain adalah bentuk partikelnya menyerupai silinder – silinder memanjang, tidak seperti kaolinite yang berbentuk pelat – pelat.

Montmorillonite

Montmorillonite disebut juga smectite, adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembar silica dan satu lembar aluminium. Lembaran oktahedra terletak diantara dua lembaran silica dengan ujung tetrahedral tercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk suatu lapisan aluminium oleh magnesium. Karena adanya gaya ikatan Van Der Waals yang lemah diantara ujung lembaran silica dan terdapat kekurangan muatan negative dalam lembaran oktahedra, air dan ion – ion yang berpindah – pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya, jadi Kristal

montmorillonite sangat kecil, tapi pada waktu tertentu mempunyai gaya tarik yang kuat terhadap air. Tanah – tanah yang mengandung montmorillonite sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. Tekanan pengembangan yang dihasilkan dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya.

Illite

Illite adalah bentuk mineral lempung yang terdiri dari mineral – mineral kelompok Illite. Bentuk susunan dasarnya terdiri dari sebuah lembaran aluminium oktahedra yang terikat diantara dua lembaran silika tetrahedral. Dalam lembaran oktahedra, terdapat substitusi perisial aluminium oleh magnesium dan besi, dan dalam lembaran tetrahedra terdapat pula substitusi silikon oleh aluminium. Lembaran – lembaran terikat bersama – sama oleh ikatan lemah ion - ion kalium yang terdapat diantara lembaran – lembarannya. Ikatan – ikatan dengan ion kalium lebih lemah daripada ikatan hidrogen yang mengikat satuan Kristal kaolinite, tapi sangat lebih kuat daripada ikatan ionic yang membentuk Kristal montmorillonite. Susunan illite tidak mudah mengembang oleh air diantara lembaran – lembarannya.

2.2 Klasifikasi Tanah

Menurut Darwis 2018, klasifikasi tanah adalah ilmu yang berhubungan dengan kategorisasi tanah berdasarkan karakteristik yang membedakan masing – masing jenis tanah. Klasifikasi tanah merupakan sebuah subjek yang dinamis yang mempelajari struktur dari sistem

klasifikasi tanah, definisi dari kelas-kelas yang digunakan untuk penggolongan tanah, hingga penerapannya di lapangan

Sistem klasifikasi yang dipakai dalam mekanika tanah yang dimaksud untuk memberikan keterangan mengenai sifat – sifat teknis dari bahan– bahan itu dengan cara yang sama seperti halnya pernyataan – pernyataan secara geologis yang dimaksudkan memberikan keterangan mengenai asal geologis dari bahan – bahan itu.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda - beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tanah, tetapi tidak ada satupun dari sistem-sistem tersebut yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi. (Braja M. Das, 1988).

Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk

perencanaan dan perancangan konstruksi. Klasifikasi tanah sangat membantu perencana dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Tetapi, perencana harus berhati-hati dalam penerapannya karena penyelesaian masalah stabilitas, kompresi (penurunan), aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang signifikan (Lambe, 1979).

System klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat – sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, system klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah kedalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk study yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

istilah kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), atau lempung (day) tergantung dari ukuran partikel paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menggambarkan tanah berdasarkan ukuran partikel penyusunnya, beberapa lembaga telah mengembangkan batasan-batasan ukuran jenis tanah seperti ditunjukkan pada tabel 2.1.

Jenis-jenis tanah diklasifikasikan menurut sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi yang umum digunakan dalam rekayasa teknik sipil adalah sistem klasifikasi American Association of State Highway and Transportation

Officials (AASHTO) dan sistem klasifikasi Unified Soil Classification Systems (USCS). Kedua sistem tersebut didasarkan atas analisa butiran dan keplastisan tanah.

Tabel 2.1 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah

| Nama Golongan | Ukuran butiran,mm | | | |
|---|-------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| | Krikil | Pasir | Lanau | Lempung |
| <i>American Society for Testing Material (ASTM)</i> | 75 - 4,75 | 4,75 - 0,075 | 0,075- 0,005 | 0,005 -0,001 |
| <i>Massachusetts Institut of Technology (MIT)</i> | > 2 | 2- 0,06 | 0,006.- 0,002 | < 0,002 |
| <i>USDepartement ofAgriculture (USDA)</i> | > 2 | 2- 0,005 | 0,005 - 0,002 | < 0,002 |
| <i>American Association ofState Highway and Transportation Officials (AASHTO)</i> | 76,2 - 2 | 2 - 0,075 | 0,075 - 0,002 | < 0,002 |
| <i>Unified Soils Classification System (USCS)</i> | 76,2-4,75 | 475 -0,075 | Halus (Lanau dan Lempung) 0,0075 | |

(Sumber : Braja M. Das,1994)

2.2.1 Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO

Klasifikasi tanah dengan cara AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), mempunyai tujuan agar kita dapat dengan mudah memilih material tanah untuk konstruksi subgrade. Pemilihan tanah tersebut, tentunya didasarkan atas hasil uji tanah dan apabila kita telah mempunyai pengalaman lapangan dalam pembuatan konstruksi subgrade maka pemilihan tanah sangat mudah dilakukan.

Sistem klasifikasi tanah sistem AASHTO pada mulanya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Public Road Administration Classification System. Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam

delapan kelompok, A-1 sampai A-7. Setelah diadakan beberapa kali perbaikan, sistem ini dipakai oleh The American Association of State Highway Officials (AASHTO) dalam tahun 1945.

Pengklasifikasian tanah dilakukan dengan cara memproses dari kiri ke kanan pada bagan AASHTO, sampai menemukan kelompok pertama yang data pengujian bagi tanah tersebut yang terpenuhi. Khusus untuk tanah-tanah yang mengandung bahan butir halus diidentifikasi lebih lanjut dengan indeks kelompoknya. Indeks kelompok didefinisikan, sesuai dengan kelompok tanah, yang dapat diklasifikasikan berdasarkan partikel butiran tanah, seperti pada tabel-tabel berikut.

Menurut system diatas tanah dibagi menjadi 7 kelompok, dan diberi nama dari A-1 sampai A-7. Semakin kecil angkanya, semakin baik untuk subgrade jalan, dan sebaliknya semakin bsar angkanya semakin jelek untuk subgrade. Kecuali pada tanah dalam group A-3, lebih baik daripada semua jenis tanah dalam group A-2 sebagai bahan untuk subgrade jalan.

Untuk jenis tanah yang berbutir alus (finer soils), terbagi atas empat kelompok / klasifikasi, seperti dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi tanah Sistem AASHTO (Tanah finner)

| | | | | |
|----------------------|--|-----|-----|--------------------|
| Klasifikasi umum | Tanah Lanau-Lempung(lebih dari 35% dari seluruh tanah lolos ayakan no. 200 | | | |
| Klasifikasi kelompok | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 A-7-5 * A-7-6' |

| | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Analisis ayakan no. 200(%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 Plastis (PI) | Maks 40 Maks 10 | Min 41 Maks 10 | Maks 40 Min 11 | Min 41 Min 11 |
| Tipe material yang paling dominan | Tanah berlanau | | Tanah berlempung | |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar | Biasa sampai jelek | | | |

Sumber: Braja M. Das 1988

Catatan: Kelompok A7 dibagi atas A7-5 dan A7-6, bergantung pada batas plastisitasnya (PL):

Untuk $PL > 30$ klasifikasinya A7-5, dan Untuk $PL > 30$ klasifikasinya A7-6

2.2.2 Klasifikasi Tanah Menurut USCS

Klasifikasi tanah sistem USCS (Unified Soil Classification System), diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh United State Bureau of Reclamation (USBR) dan United State Army Corps of Engineer (USACE). Kemudian American Standard Testing of Materials (ASTM), telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah.

Dalam USCS , suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (coarse-grained soils) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200 ($F_{200} < 50$). Simbol kelompok diawali dengan G untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil (gravelly soil) atau S untuk pasir (sand) atau tanah berpasir (sandy soil).
2. Tanah berbutir halus (fine-grained soils) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50$.)

Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub-kelompok. Digunakan symbol-simbol dalam sistem USCS sebagai berikut:

G = gravel (kerikil)

S = sand (pasir)

C = anorganic clay (lempung)

M = anorganic silt (lanau)

O = lanau atau lempung organik

Pt = peat (tanah gambut atau tanah organic tinggi)

W = well-graded (gradasi baik)

P = poorly-graded (gradasi buruk)

H = high-plasticity (plastisitas tinggi)

L = low-plasticity (plastisitas rendah).

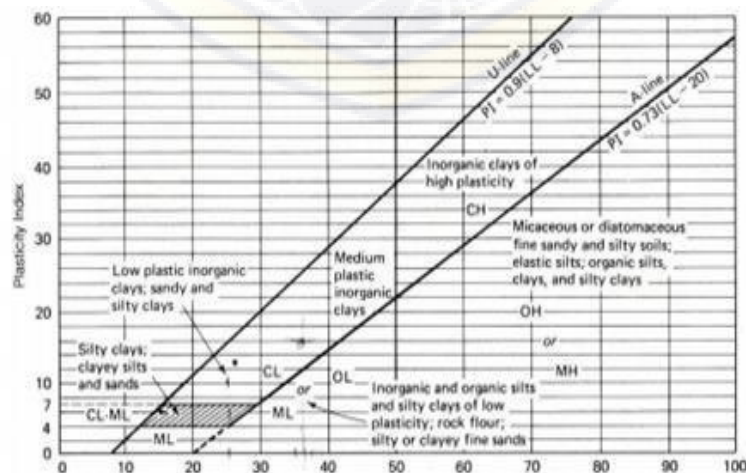
Prosedur penentuan klasifikasi tanah dengan Sistem Unified sebagai berikut :

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% sampai 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 $> 12\%$, maka harus dilakukan 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 atau 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 cari (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. (Darwis 2018)

Gambar 2.1 Grafik plastisitas untuk klasifikasi tanah USCS



Sumber: Darwis 2018

Untuk lebih jelas dalam pengklasifikasian tanah berdasarkan USCS dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.4 Sistem klasifikasi tanah menurut USCS

| Divisi Utama | | Simbol Kelompok | Nama Jenis | Formulasi |
|---|--|--|--|---|
| Tanah berbutir kasar, 50% butiran tertahan saringan No. 200 (0,075 mm) | Kerikil, sedikit atau tak ada butir halus | GW | Kerikil gradasi baik & campuran pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus | $C_u = \frac{D_{10}}{D_{60}} > 4; C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1 - 3$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas atterberg di bawah garis A atau PI < 4 Batas atterberg di atas garis A atau PI > 7 $C_u = \frac{D_{10}}{D_{60}} > 6; C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1 - 3$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW |
| | | GP | Kerikil gradasi buruk & campuran pasir kerikil, atau tak mengandung butiran halus | |
| | Kerikil, banyak kandungan butir halus | GM | Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau | |
| | | GC | Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung | |
| Pasir, 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan No. 4 (4,75 mm) | Kerikil bersih, sedikit atau tak ada butir halus | SW | Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tak mengandung butiran halus | |
| | | SP | Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tak mengandung butiran halus | |
| | Kerikil, banyak kandungan butir halus | SM | Pasir berlanau, campuran pasir-pasir-lanau | |
| SC | | Pasir berlempung, campuran pasir-pasir-lempung | | |
| 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 | Diagram plastisitas untuk mengklasifikasi tanah berbutir halus yang terandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang dapat disebut batasan plastisitasnya menggunakan simbol ganda. Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D.2488 |
| | | CL | Lempung tak organik dgn plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung lunak (lean clays) | |
| | | OL | Lanau organik & lempung berlanau organik dgn plastisitas rendah | |
| Lanau dan lempung, batas cair > 50% | MH | Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis | | |
| | CH | Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi | | |
| Tanah dengan kadar Organik Tinggi | Lanau dan lempung, batas cair > 50% | OH | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi | |
| | | Pt | Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi | |

Sumber: Darwis 2018

2.2.3. Perbandingan Antara Sistem AASHTO Dengan Sistem Unified

- Kedua sistem klasifikasi AASHTO dan unified didasarkan pada tekstur dan plastisitas tanah
- Kedua sistem klasifikasi membagi tanah dalam dua kategori pokok, yaitu: berbutir kasar (coarse-grained) dan berbutir halus (fine-grained), yang dipisahkan oleh saringan no. 200.
- Menurut sistem AASHTO suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus apabila lebih dari 35% lolos saringan No.200.
- Menurut sistem Unified suatu tanah dianggap tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% lolos saringan No. 200.
- Dalam sistem AASHTO saringan No. 10 digunakan untuk memisahkan antara kerikil dan pasir; dalam system unified yang digunakan adalah saringan No.4.
- Dari segi batas ukuran pemisahan tanah, saringan No. 10 lebih dapat diterima untuk dipakai sebagai batas atas pasir. Hal ini digunakan juga dalam teknologi beton dan lapisan pondasi jalan raya.
- Dalam system unified, tanah berkerikil dan berpasir dipisahkan dengan jelas, tapi dalam sistem AASHTO tidak.
- Kelompok A-2 berisi tanah-tanah yang bervariasi. Tanda-tanda seperti GW, SM, CH, dan lainnya digunakan dalam system unified menerangkan sifat-sifat tanah lebih jelas dari simbol yang digunakan . dalam system ASSHTO.

- Klasifikasi tanah organic seperti OL, OH dan PT telah diberikan dalam system unified, tapi system aashto tidak memberikan tempat untuk tanah organic.
- Liu (1967) telah membuat perbandingan antara sistem ASSHTO dan unified sebagai berikut:

| No. | AASHTO | Unified |
|-----|--|---|
| 1 | Digunakan untuk mengetahui kesesuaian tanah sebagai material tanah dasar untuk jalan raya | Digunakan untuk menentukan kesesuaian tanah untuk penggunaan umum |
| 2 | Tanah disebut berbutir halus jika lebih dari 35% lolos saringan No. 200 (0,075 mm) | Tanah disebut berbutir halus jika lebih dari 50% lolos saringan No. 200 |
| 3 | Saringan No 10 (2,0 mm) digunakan untuk membagi tanah menjadi kerikil dan pasir | Saringan No 4 (4,75 mm) digunakan untuk membagi tanah menjadi kerikil dan pasir |
| 4 | Tanah berkerikil dan berpasir tidak memiliki batas yang jelas | Tanah berkerikil dan berpasir terlihat jelas |
| 5 | Tidak ada tempat untuk tanah organik | Tanah organik diklasifikasikan sebagai OL dan OH dan sebagai Gambut (Pt) |
| 6 | Penggunaannya memakan waktu lama karena proses eliminasi | Lebih nyaman digunakan |

Perbandingan Sistem AASHTO dengan Sistem Unified

| Kelompok tanah sistem AASHTO | Kelompok Tanah yang sebanding dengan sistem Unified | | |
|------------------------------|---|------------|--------------------|
| | Kemungkinan Besar | Mungkin | Kemungkinan Kecil |
| A-1-a | GW, GP | SW, SP | GM, SM |
| A-1-b | SW, SP, GM, SM | GP | - |
| A-3 | SP | - | SW, GP |
| A-2-4 | GM, SM | GC, SC | GW, GP, SW, SP |
| A-2-5 | GM, SM | - | GW, GP, SW, SP |
| A-2-6 | GC, SC | GM, SM | GW, GP, SW, SP |
| A-2-7 | GM, GC, SM, SC | - | GW, GP, SW, SP |
| A-4 | ML, OL | CL, SM, SC | GC, GM, SM |
| A-5 | OH, MH, ML, OL | - | SM, GM |
| A-6 | CL | ML, OL, SC | GC, GM, SM |
| A-7-5 | OH, MH | ML, OL, CH | GM, SM, GC, SC |
| A-7-6 | CH, CL | ML, OL, SC | OH, MH, GC, GM, SM |

Perbandingan Sistem Unified dengan Sistem AASHTO

| Kelompok tanah sistem Unified | Kelompok Tanah yang sebanding dengan sistem AASHTO | | |
|-------------------------------|--|------------------------|------------------------------------|
| | Kemungkinan Besar | Mungkin | Kemungkinan Kecil |
| GW | A-1-a | - | A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 |
| GP | A-1-a | A-1-b | A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 |
| GM | A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7 | A-2-6 | A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a |
| GC | A-2-6, A-2-7 | A-2-4, A-6 | A-4, A-7-6, A-7-5 |
| SW | A-1-b | A-1-a | A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 |
| SP | A-3, A-1-b | A-1-a | A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 |
| SM | A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7 | A-2-6, A-4, A-5 | A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a |
| SC | A-2-6, A-2-7 | A-2-4, A-6, A-4, A-7-6 | A-7-5 |
| ML | A-4, A-5 | A-6, A-7-5 | - |
| CL | A-6, A-7-6 | A-4 | - |
| OL | A-4, A-5 | A-6, A-7-5, A-7-6 | - |
| MH | A-7-5, A-5 | - | A-7-6 |
| CH | A-7-6 | A-7-5 | - |
| OH | A-7-5, A-5 | - | A-7-6 |
| PT | - | - | - |

2.3 Stabilisasi Tanah

Tanah merupakan salah satu bahan konstruksi yang langsung tersedia di lapangan sebagai timbunan dan apabila dapat digunakan akan sangat ekonomis. Namun tanah harus dipakai setelah melalui proses pengendalian mutu. Apabila tanah ditimbun secara sembarangan akan mengakibatkan stabilitas yang rendah dan penurunan yang sangat besar.

Tanah yang terdapat di lapangan memiliki sifat yang beraneka ragam. Sifat tanah yang sangat lepas dan sangat mudah tertekan, mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai atau permeabilitas yang terlalu tinggi perlu dilakukan stabilisasi sebelum dilakukannya pembangunan di atas tanah tersebut. Stabilisasi tanah merupakan suatu metode untuk memperbaiki sifat tanah agar sesuai untuk suatu proyek konstruksi.

Stabilisasi dapat terdiri dari tindakan-tindakan berikut:

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

Secara umum, stabilisasi tanah dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu stabilisasi fisis, stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi Fisis yaitu mencampur bahan tanah berkarakteristik jelek dengan tanah

berkarakteristik baik (gradasi yang lebih baik). Stabilisasi mekanis adalah usaha meningkatkan kemampuan geser dan kohesi, sedangkan stabilisasi kimiawi mengandalkan bahan stabilisator yang dapat mengurangi sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan dan biasanya disertai dengan pengikatan terhadap butiran. Stabilisasi tanah menggunakan bahan stabilisator adalah untuk merubah interaksi air dengan tanah terhadap reaksi permukaan, karena itu aktivitas permukaan dari partikel tanah, muatan kutub, penyerapan, dan daerah penyerapan air memegang peranan penting. Sama pentingnya adalah penggabungan luas partikel sehingga dapat merubah menjadi suatu kesatuan untuk mencapai keseimbangan gaya tarik antar butir

2.4 sifat - sifat fisis tanah

Tanah dalam keadaan alami atau asli memiliki beberapa sifat-sifat dasar. Sifat - sifat dasar tersebut berupa sifat fisik yang berhubungan dengan tampilan dan ciri-ciri umum dari tanah. Sifat fisik tanah berguna untuk mengetahui jenis tanah tersebut.

2.4.1 Kadar Air

Kadar air atau (water content) adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) di dalam massa tanah (Darwis, 2018), yang dinyatakan sebagai formula sebagai berikut:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

w = Kadar air (%)

Ww = Berat air (gr)

Ws = Berat air butir tanah (gr)

2.4.2. Berat Jenis

Berat jenis atau berat spesifik (Specific Gravity) yaitu perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada temperature 4°C (Darwis, 2018), yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

Gs = Berat jenis

γ_s = Berat volume butiran padat (gr)

γ_w = Berat volume air (gr)

2.4.3. Pengujian Batas – Batas Atterberg

Pengujian batas-batas Atterberg terbagi ke dalam 3 bagian:

- Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan caor dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis (Hary Christady Hardiyatmo,2006).

Pengujian batas cair dilakukan dengan uji Casagrande (1948) yang mana contoh tana dimasukkan kedalam cawan casagrande kemudian permukaannya diratakan, dan dialur (grooving) tepat ditengah. Selanjutnya dengan alat penggetar cawan tersebut diketuk ketukkan pada landasannya dengan tinggi jatuh 1 cm sebanyak 25 ketukan bila akur selebar 12,7 mm yang berada ditengah tertutup sampai batasan 25 ketukan, maka kadar air tanah pada saat itu merupakan batas cair.

Kemiringan grafik semilog yang dibuat pada percobaan casagrande adalah merupakan nilai indeks aliran (flow index), yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_f = \frac{w_1 - w_2}{\text{Log}\left(\frac{N_2}{N_1}\right)} \dots\dots\dots(2.3a)$$

Keterangan:

I_f = Indeks aliran

w_1 = kadar air (%) pada N_1 pukulan

w_2 = kadar air (%) pada N_2 pukulan

Perhatikan bahwa nilai w_1 dan w_2 dapat ditukarkan untuk memperoleh nilai positifnya, walaupun kemiringan kurva sebenarnya negatif.

Dari banyak uji batas cair, waterways experiment station di Vicksburg, Mississippi (1949) mengusulkan persamaan batas cair,

$$LL = w_N \left(\frac{N}{25} \right)^{tg\beta} \dots\dots\dots(2.3b)$$

Keterangan:

N = jumlah pukulan, untuk menutup celah 0,5 in (12,7 mm)

w_N = kadar air

$Tg\beta = 0,121$ (tapi $tg\beta$ tidak sama dengan 0,121 untuk semua jenis tanah).

- Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis didefinisikan sebagai nilai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan daerah semi padat. Nilai batas plastis ini ditentukan dengan percobaan menggulung tanah hingga 2 meter hingga diameter 3,22 mm dan mulai mengalami retak – retak. Kadar air tanah yang digunung dalam kondisi tersebut merupakan nilai batas plastis tanah (Darwis,2018)

- Batas Susut

Batas susut adalah nilai kadar air pada kedudukan antara zone semi padat dan zone padat. Pada kondisi ini pengurangan kadar air dalam tanah

tidak akan mempengaruhi lagi pengurangan volume pada tanah. Percobaan untuk mengetahui batas susut dilakukan dengan mengisi tanah jenuh sempurna kedalam cawan porselin berukuran diameter 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 kedalam air raksa, dan nilai batas susutnya dihitung dengan persamaan berikut :

$$SL = \left\{ \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{m_2} \right\} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

m_1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (g)

m_2 = berat tanah kering oven (g)

v_1 = volume tanah basah dalam cawan (cm^3)

v_2 = volume tanah kering oven (cm^3)

γ_w = berat volume air (g/cm^3)

- Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)
 - Indeks Plastis (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jiika PI rendah, seperti lanau,

sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering (Hary Christady Hardiyatmo).

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

2.4.4. Indeks Cair (Liquidity Index)

Indeks Cair adalah kadar air tanah asli relative yang berada pada kedudukan plastis dan cair. Indeks cair (LI) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$LI = \frac{w_N - PL}{LL - PL} = \frac{w_N - PL}{PI} \dots\dots\dots (2.6)$$

Yang mana : w_n = kadar air di lapangan

Dari persamaan di atas, dapat terlihat bahwa:

Bila $w_n = LL$, maka $LI = 1$

Bila $w_n = PL$, maka $LI = 0$ Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai LI berada antara 0 sampai 1.
2. Untuk tanah yang plastis maka $LL > w_n > PL$
3. Jika kadar air tanah bertambah dari PL menuju LL, maka nilai LI juga akan bertambah dari 0 sampai 1.

2.4.5. Analisa Saringan

Analisis saringan dipergunakan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berbutir kasar (granular), yang dilaksanakan terhadap sampel tanah yang kering. Pelaksanaan pengujian ini adalah dengan melakukan penyaringan bersusun pada satu unit alat saringan standar. Berat tanah yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang, lalu diprosentasikan terhadap berat total sampel tanah yang dianalisis. (Darwis,2018)

Σ Berat tanah tertahan = Berat tanah tertahan + Berat tanah tertahan sebelumnya

$$\text{persen kumulatif tertahan} = \frac{\Sigma \text{ berat tanah tertahan}}{\text{Jumlah total tanah yang disaring}} \times 100\%$$

Persen kumulatif lolos = 100 % - Persen kumulatif tertahan

2.4.6. Analisis Hidrometer

Analisis hidrometer dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah yang berbutir halus atau bagian halus dari tanah berbutir campuran (common soil). Sampel tanah yang akan diuji dengan analisis hidrometer, adalah partikel tanah yang lolos saringan No.200, dan terlebih dahulu harus bebas dari material organik, yang dimaksudkan agar zat organik yang belum merupakan bagian dari konsistensi tanah, tidak akan mengacaukan analisis hidrometer tersebut.

Metode uji hidrometer didasarkan pada hukum Stokes mengenai kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspensi. Menurut Stokes bahwa kecepatan mengendap butiran didapatkan dengan formula sebagai berikut :

$$v = \frac{y_s - y_w}{18\mu} D^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Yang mana :

V = kecepatan, atau ratio jarak terhadap waktu

y_w = berat volume air (gram/cm³)

y_s = berat volume butiran padat (gram/cm³)

μ = kekentalan air absolute (gram.det/cm³)

D = diameter butiran tanah (mm)

2.4.7. Pengujian Pemadatan

Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, maka umumnya dilakukan uji pemadatan. Proctor (1933) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah pada umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya.

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

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+W} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

γ_d = berat volume kering (gram/cm³)

γ_b = berat volume basah (gram/cm³)

W = kadar air (%)

$$\text{pemadatan kering } (\gamma_d) = \frac{Y}{100+W} \times 100\%$$

γ_d = kepadatan kering (gram/cm³)

Y = kepadatan basah (gram/cm³)

W = kadar air (%)

2.5 Tanah Lempung

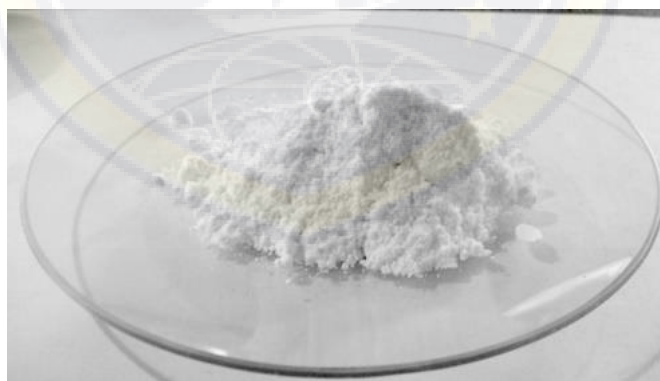
Tanah Lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan. Dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987). Pelapukan kimiawi menghaikan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid (< 0,002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

Sifat yang khas dari tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang.

2.6 NATRIUM KARBONAT (Na_2CO_3)

2.6.1 Umum

Natrium Karbonat (Na_2CO_3) merupakan garam sodium dari asam karbonat. Natrium Karbonat sering digunakan untuk pembuatan kaca, juga digunakan sebagai bahan dasar yang relatif kuat dalam berbagai keperluan. Natrium Karbonat adalah aditif umum untuk menetralkan efek asam dari klorin dan meningkatkan pH. Natrium Karbonat dapat digunakan sebagai pengatur pH basa untuk mempertahankan kondisi yang stabil.



Gambar 2.2 Natrium Karbonat

Natrium Karbonat mempunyai sifat fisik larut dalam air, tetapi dalam juga terjadi secara alami di daerah kering, terutama di deposit mineral (*evaporites*) terbentuk ketika danau musiman menguap. Natrium Karbonat

yang murni pada umumnya berwarna putih, berupa bubuk tanpa warna yang dapat menyerap embun dari udara, mempunyai rasa yang pahit dan dapat membentuk larutan alkali yang kuat. Dalam karbonat terdapat ikatan kovalen antara karbon dan oksigen.

2.6.2. Stabilisasi Tanah dengan Na_2CO_3

Metode stabilisasi tanah telah digunakan untuk mengatasi dan memecahkan berbagai macam masalah kondisi tanah dan memperbaiki sifat rekayasa yang diinginkan dari tanah yang ada atau tersedia. Secara umum, perbaikan atau stabilisasi tanah dapat diartikan sebagai proses yang dilakukan untuk mencapai peningkatan sifat geoteknik dari tanah pada suatu lokasi.

Tujuan dari stabilisasi tanah pada dasarnya adalah untuk mengubah sifat alami dari tanah dan/atau mengontrol perilaku geotekniknya. Diantara sifat-sifat tanah yang biasanya diperbaiki adalah :

- Mengurangi kompresibilitas untuk menghindari penurunan.
- Meningkatkan kekuatan untuk meningkatkan stabilitas, daya dukung, dan daya tahan.
- Mengurangi permeabilitas untuk membatasi aliran air tanah.
- Meningkatkan permeabilitas untuk memungkinkan drainase.
- Mengurangi potensi likuifaksi akibat gempa.

2.7 Kuat Geser

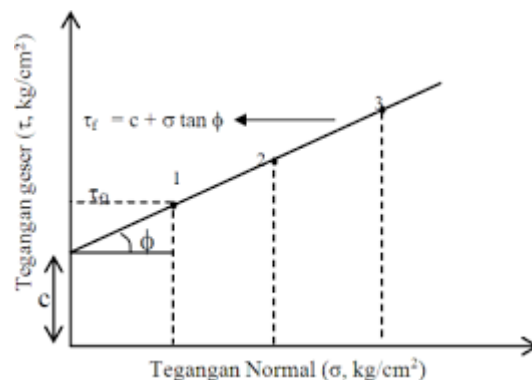
Dibidang Teknik, pengertian kekuatan geser adalah kekuatan material atau komponen material terhadap jenis beban atau kegagalan

struktur diaman material atau komponennya gagal dalam geser. Kekuatan geser adalah istilah yang digunakan dalam mekanika tanah untuk menggambarkan besarnya tegangan geser yang dapat dipertahankan oleh tanah. (*Wikipedia, the free encyclopedia*).

Kekuatan geser tanah didefinisikan oleh Duncan dan Wright (2005) sebagai, tegangan geser maksimum yang dapat bertahan dari tanah. Penilaian yang tepat terhadap kekuatan geser untuk analisis stabilitas lereng merupakan aspek penting dalam memahami dan memprediksi kinerja stabilitas suatu lereng.

Pengertian lain dari kekuatan geser tanah adalah fungsi dari tekanan yang diterapkan padanya dan juga cara tekanan ini diterapkan. Dengan kata lain bahwa kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Pengetahuan tentang kekuatan geser dalam bidang mekanika tanah diperlukan untuk menentukan daya dukung pondasi, tekanan lateral yang diberikan pada dinding penahan, dan stabilitas lereng.

Berdasarkan anggapan bahwa ada dua unsur pokok yang menentukan kuat geser didalam tanah, yakni gaya kohesi yang bergantung



pada jenis kepadatan tanah, serta gaya gesekan antara butir- butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya, maka Coulumb (1776) mendefinisikan kuat geser seperti gambar 2.3 berikut

$$r = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (2.9a)$$

Keterangan :

r = kuat geser tanah (KN/m^2)

c = kohesi tanah (KN/m^2)

ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (KN/m^2)

Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya dinyatakan menurut persamaan umum sebagai beriku :

$$r = f(\sigma) \dots\dots\dots (2.9b)$$

Keterangan :

r = tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (failure)

σ = tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya bahwa secara umum pengertian kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, maka apabila tanah mengalami pembebanan, beban tersebut akan akan ditahan oleh:

- (1) Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak bergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
- (2) Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Untuk mengetahui nilai dari kedua parameter kuat geser tanah tersebut perlu dilakukan pengujian terhadap tanahnya.

2.8 Penelitian Terdahulu

Anita Setyowati Srue Gunarti, 2013 (*ATTERBERG LIMIT PADA TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASIKAN DENGAN NATRIUM KARBONAT*) Berdasarkan hasil analisis saringan dengan menggunakan sistem klasifikasi tanah metode USCS, tanah yang berasal dari lokasi kampus Universitas Islam "45" Bekasi (Unisma) ini termasuk dalam golongan tanah dengan simbol CH dengan nama jenis tanah adalah tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah metode AASHTO, tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5 yang berarti tanah tersebut berjenis tanah berlempung dengan sifat cukup baik sampai buruk. Penambahan Na_2CO_3 dapat meningkatkan nilai plastisitas yang cukup signifikan. Berdasarkan pengujian *Atterberg Limit* nilai indeks plastisitas tanah terjadi pada variasi sampel dengan kadar Na_2CO_3 1 gr dengan pemeraman 24 jam sebesar 138,815%, sedangkan nilai sudut geser dalam tertinggi terjadi pada variasi sampel dengan kadar Rotec 2% dan abu ampas tebu 6% dengan pemeraman 7 hari sebesar

122,456%. Berdasarkan triaksial UU nilai kohesi tertinggi terjadi pada variasi sampel dengan kadar Rotec 2% dan abu ampas tebu 6% dengan pemeraman 7 hari sebesar 335,177%, sedangkan pada nilai sudut geser dalam mengalami penurunan dan penurunan yang paling rendah terjadi pada variasi sampel dengan kadar Rotec 2% dan abu ampas tebu 0% dengan pemeraman 1 hari sebesar 0,634%

DHAMIS TRI RATNA PURI, 2012 (PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR) Pada penelitian ini, bahan stabilisasi digunakan kapur 8% ditambah abu ampas tebu dengan variasi 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% dari berat sampel. Pengujian meliputi sifat fisis dan kuat geser tanah campuran yaitu uji berat jenis, uji kadar air, uji Atterberg limits, uji analisa saringan, uji hydrometer, uji standard proctor, uji DST dengan perawatan 3 hari dan 7 hari. Hasil penelitian tanah campuran diklasifikasi berdasarkan sistem AASHTO, termasuk ke dalam kelompok A-5, A-2-5 dan A-2-4. Sedang berdasar klasifikasi USCS, tanah campuran termasuk kelompok SC dan SM . Hasil penelitian menunjukkan nilai kadar air, nilai berat jenis, nilai batas cair, nilai batas plastis, indeks plastisitas, nilai persentase butiran tanah lolos saringan No.200 cenderung menunjukkan penurunan, adapun penurunan terbesar pada penambahan abu ampas tebu 15%. Nilai batas susut cenderung mengalami peningkatan terhadap tanah asli, adapun peningkatan terbesar pada penambahan abu ampas tebu 15%. Untuk uji standard proctor diperoleh kadar air optimum

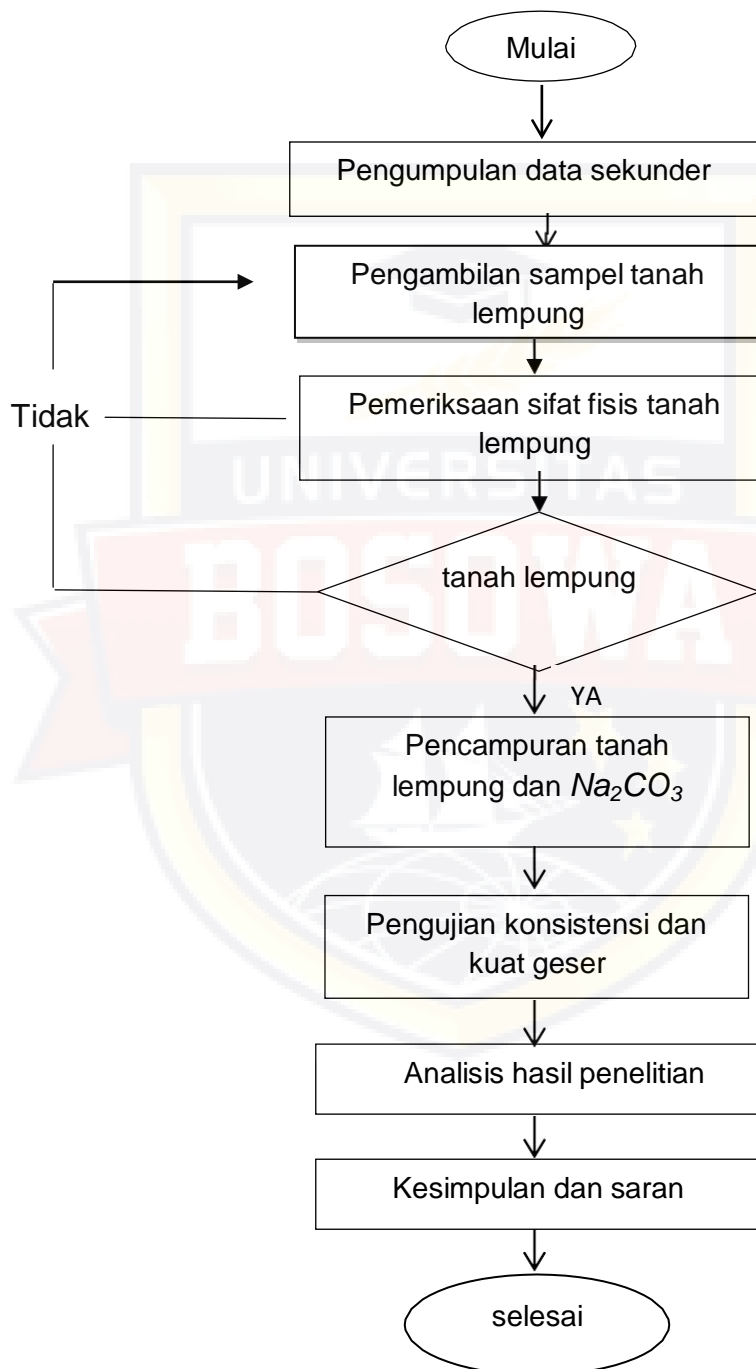
cenderung mengalami penurunan, penurunan terbesar pada penambahan abu ampas tebu 15% sebesar 30,05% dan berat isi kering cenderung mengalami peningkatan, peningkatan terbesar pada penambahan abu ampas tebu 15% sebesar 1,31%. Nilai kuat geser dengan perawatan 3 hari dan 7 hari cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan abu ampas tebu. Nilai kohesi dan nilai sudut gesek dalam dengan perawatan 3 hari terbesar terjadi pada penambahan abu ampas tebu 15% masing-masing sebesar 0,324 kg/cm² dan 47,78o . Nilai kohesi dan nilai sudut gesek dalam dengan perawatan 7 hari terbesar terjadi pada penambahan abu ampas tebu 15% masing-masing sebesar 0,360 kg/cm² dan 51,23o

IRWHAN JAYA SUSANTO,2014 (*PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP PENURUNAN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR*) Hasil penelitian menunjukkan nilai kadar air, nilai berat jenis, nilai batas cair, nilai batas plastis, indeks plastisitas, nilai persentase butiran tanah lolos saringan No.200 cenderung menunjukkan penurunan, adapun penurunan terbesar pada penambahan kapur 8% + abu ampas tebu 15%. Nilai batas susut cenderung mengalami peningkatan terhadap tanah asli, adapun peningkatan terbesar pada penambahan abu ampas tebu 15%. Hasil uji standard Proctor diperoleh kadar air optimum cenderung mengalami penurunan, penurunan terbesar pada penambahan kapur 8% + abu ampas tebu 15% sebesar 30,05% dan berat isi kering cenderung mengalami

peningkatan, peningkatan terbesar pada penambahan kapur 8% + abu ampas tebu 15% sebesar 1,31%. Nilai Penurunan konsolidasi dengan perawatan 3 hari dan 7 hari cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan abu ampas tebu. Nilai penurunan konsolidasi dengan perawatan selama 3 hari, compression indeks (Cc) minimum terjadi pada penambahan abu ampas tebu 3% sebesar 0,1564 cm dan coefficient of consolidation (Cv) maksimum terjadi pada penambahan abu ampas tebu 15% sebesar 0,0903 cm² /dtk. Penurunan konsolidasi minimum terjadi pada penambahan abu ampas tebu 3% sebesar 0,0196 cm. Sedangkan dengan perawatan selama 7 hari, compression indeks (Cc) minimum terjadi pada penambahan abu ampas tebu 15% sebesar 0,0732 cm dan coefficient of consolidation (Cv) maksimum terjadi pada penambahan abu ampas tebu 3% sebesar 0,0843 cm² /dtk. Penurunan konsolidasi minimum terjadi pada penambahan abu ampas tebu 15 % sebesar 0,0005 cm.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alur Penelitian



3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Bahan-bahan untuk pembuatan benda uji adalah tanah dengan kategori lempung. Na_2CO_3 yang diambil dari

Uji fisis dan mekanis tanah, pembuatan benda uji, dan uji mekanis benda uji di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Bosowa, di Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Adapun waktu penelitian direncanakan pada bulan Januari 2022 - bulan Agustus 2022.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji. Yang pertama dilakukan adalah pemilihan bahan dengan melihat ciri-cirinya secara visual sesuai dengan karakteristik bahan-bahan yang dibutuhkan.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk

1. Menganalisis pengaruh variasi Na_2CO_3 pada proses stabilisasi tanah
2. Menganalisis perilaku tanah lempung dengan bahan Na_2CO_3 terhadap uji Konsistensi dan Kuat Geser.

Data karakteristik dari setiap bahan merupakan variabel-variabel yang akan dianalisis sebagai landasan untuk mengukur hasil penelitian berdasarkan data pengujian benda uji, kemudian dijadikan dasar dalam mengambil kesimpulan.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Kajian Pustaka
2. Persiapan alat dan bahan material.
 - a. Menyiapkan Material Bahan Uji
Jenis tanah Lempung diambil kondisi terganggu (*disturbed*).
Na₂CO₃ Yang didapatkan
 - b. Penyiapan Alat
Kegiatan Penyiapan alat dimaksudkan sebagai penunjang didalam penelitian untuk mendapatkan hasil-hasil dari sifat bahan, dan pengujian benda uji.
3. Pengujian Sampel
 - a. Batas cair (*liquid limit, LL*), sesuai dengan SNI 03-1967-1990
 - b. Batas Plastisis (*plastisis limit, PL*) dan indeks plastisitas (*plasticity index, PI*), sesuai dengan SNI 03-1966-2008
 - c. Berat jenis tanah sesuai dengan SNI 03-1964-2008/ASTM D854-88(72)
 - d. Kadar air sesuai dengan ASTM D 2216-(71)
 - e. Analisis saringan sesuai dengan SNI 03-1968-1990
 - f. *Unconfined Compression Test* sesuai dengan SNI 3638:2012
 - g. *Direct Shear Test* sesuai dengan SNI 03-2813-1992

3.5 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini yaitu :

- Variabel bebas (Na₂CO₃)
- Variabel terikat tanah lempung

3.6 Notasi dan Jumlah Sampel

Tabel 3.3 Variasi Benda Uji

| No | Variasi | Tanah | Na ₂ CO ₃ | Notasi | Jumlah |
|---------------------|--|-------|---------------------------------|----------------------------|-------------|
| 1 | Tanah Lempung | 400 g | 0 | KG | |
| 2 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 0,4% | 400 g | 1,6 g | KG 1,6 A 1,6 B 1,6 C | 1 1 1 |
| 3 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 0,6% | 400 g | 2,4 g | KG 2,4 A 2,4 B 2,4 C | 1 1 1 |
| 4 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 0,8% | 400 g | 3,2 g | KG 3,2 A 3,2 B 3,2 C | 1 1 1 |
| 5 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 1% | 400 g | 4 g | KG 4 A 4 B 4 C | 1 1 1 |
| Total Sampel | | | | | |

| No | Variasi | Tanah | Na ₂ CO ₃ | Notasi | Jumlah |
|---------------------|--|-------|---------------------------------|----------------------------|-------------|
| 1 | Tanah Lempung | 800 g | 0 | KT | |
| 2 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 0,4% | 800 g | 3,2 g | KT 1,6 A 1,6 B 1,6 C | 1 1 1 |
| 3 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 0,6% | 800 g | 4,8 g | KT 2,4 A 2,4 B 2,4 C | 1 1 1 |
| 4 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 0,8% | 800 g | 6,4 g | KT 3,2 A 3,2 B 3,2 C | 1 1 1 |
| 5 | Tanah Lempung + Na ₂ CO ₃ 1% | 800 g | 8 g | KT 4 A 4 B 4 C | 1 1 1 |
| Total Sampel | | | | | |

3.7 Metode Analisis

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

a. Analisis Tanah Asli

- Analisis distribusi butiran terhadap tanah yaitu melakukan analisis hasil pengujian tanah di laboratorium dan klasifikasinya menurut klasifikasi tanah serta menggolongkannya menurut jenis mineral tanah.
- Analisis kadar air dan berat jenis tanah lempung expansif
- Analisis hasil pemadatan (Uji Proctor)
- Analisis batas-batas atterberg untuk mengklasifikasikan hasil uji batas cair dan batas plastis golongan tanah lempung.
- Analisis hasil pemadatan tanah asli dilakukan guna mengetahui nilai kadar air optimum terhadap peningkatan kepadatan tanah.

b. Analisis Tanah yang distabilisasi

- **Penelitian Terdahulu**

Anita Setyowati Srue Gunarti, 2013 (ATTERBERG LIMIT PADA TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASIKAN DENGAN NATRIUM KARBONAT) Berdasarkan hasil analisis saringan dengan menggunakan sistem klasifikasi tanah metode USCS, tanah yang berasal dari lokasi kampus Universitas Islam “45” Bekasi (Unisma) ini termasuk dalam golongan tanah dengan simbol CH dengan nama jenis tanah adalah tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah metode AASHTO, tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5 yang berarti tanah tersebut berjenis tanah berlempung dengan sifat cukup

baik sampai buruk. Penambahan Na_2CO_3 dapat meningkatkan nilai plastisitas yang cukup signifikan. Berdasarkan pengujian *Atterberg Limit* nilai indeks plastisitas tanah terjadi pada variasi sampel dengan kadar Na_2CO_3 1 gr dengan pemeraman 24 jam sebesar 138,815%, sedangkan nilai sudut geser dalam tertinggi terjadi pada variasi sampel dengan kadar Rotec 2% dan abu ampas tebu 6% dengan pemeraman 7 hari sebesar 122,456%. Berdasarkan triaksial UU nilai kohesi tertinggi terjadi pada variasi sampel dengan kadar Rotec 2% dan abu ampas tebu 6% dengan pemeraman 7 hari sebesar 335,177%, sedangkan pada nilai sudut geser dalam mengalami penurunan dan penurunan yang paling rendah terjadi pada variasi sampel dengan kadar Rotec 2% dan abu ampas tebu 0% dengan pemeraman 1 hari sebesar 0,634%

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Tanah Asli

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisis Tanah Tanpa Bahan Tambah

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah tanpa bahan stabilisasi

| No | Parameter | Hasil | Satuan |
|----|---|------------|--------------------|
| | | Tanah Asli | |
| 1 | Pemeriksaan kadar air mula-mula | 35.3 | % |
| 2 | Pengujian berat jenis | 2.691 | |
| 3 | pengujian batas-batas Atterberg | | |
| | 1. Batas Cair (LL) | 49,40 | % |
| | 2. Batas Plastis | 24,09 | % |
| | 3. Batas Susut | 19,15 | % |
| | 4. Indeks Plastisitas (PI) | 25,31 | % |
| | 5. Activity | 0,64 | |
| 4 | Pengujian analisa saringan dan Hidrometer | | |
| | #4 (4,75 mm) | 100.00 | % |
| | #10 (2,00 mm) | 98.80 | % |
| | #18 (0,85 mm) | 97.36 | % |
| | #40 (0,43 mm) | 95.74 | % |
| | #60 (0,25 mm) | 93.46 | % |
| | #80 (0,180 mm) | 90.82 | % |
| | #100 (0,15 mm) | 88.02 | % |
| | #200 (0,075 mm) | 82.56 | % |
| 5 | Pasir | 17.94 | % |
| | Lanau | 33.17 | % |
| | Lempung | 48.89 | % |
| 6 | Pengujian Kompaksi | | |
| | Kadar Air Optimum | 20.14 | % |
| | γ dry | 1,36 | gr/cm ³ |

Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2022

4.2. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

4.2.1 Hasil Pengujian Kuat Geser

Pengujian kuat geser dengan variasi tanah lempung lunak+ Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1:

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kuat Geser

| PENGUJIAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG + Na_2CO_3 | | | | |
|---|---------|------------|------------------------|------------|
| NO | NOTASI | COHESI (C) | SUDUT GESER (Φ) | KUAT GESER |
| 1 | TA 0 | 0,31996 | 11,93 | 0,2112 |
| 2 | KGN 0,4 | 0,39268 | 15,73 | 0,3872 |
| 3 | KGN 0,6 | 0,42177 | 17,58 | 0,5984 |
| 4 | KGN 0,8 | 0,50176 | 21,17 | 0,6336 |
| 5 | KGN 1 | 0,53812 | 22,90 | 0,8800 |

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2023

4.2.2 Hasil Pengujian Konsistensi

Pengujian konsistensi variasi tanah lempung lunak + Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1% . :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Konsistensi

| HASIL PENGUJIAN KONSISTENSI TANAH LEMPUNG LUNAK + Na_2CO_3 | | | | |
|--|---------|------------|---------------|-------------|
| No. | Notasi | batas cair | batas plastis | batas susut |
| 1 | TA 0 | 57.18 | 31.41 | 17.56 |
| 2 | KTN 0,4 | 53.77 | 29.92 | 15.90 |
| 3 | KTN 0,6 | 52.22 | 27.86 | 15.30 |
| 4 | KTN 0,8 | 49.42 | 24.24 | 14.63 |
| 5 | KTN 1 | 47.10 | 20.75 | 13.51 |

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2023

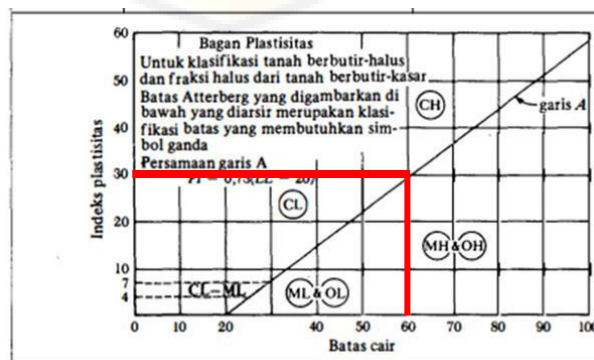
4.3. Pembahasan

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

Berdasarkan system klasifikasi AASHTO diperoleh data presentasi lolos saringan No. 200 sebesar 82,56 % dan nilai Batas Cair (LL) sebesar 49,40 % maka sampel tanah memenuhi persyaratan minimal lolos saringan No. 200 sebesar 35 %, memiliki Batas Cair (LL) $\geq 41\%$ dan Indeks Plastisitas $> 11 \%$, sehingga tanah sampel dapat diklasifikasikan dalam jenis tanah A-7-6.

4.3.2 USCS (*Unified Soil Classification System*)

Menurut system klasifikasi USCS, di peroleh data persentasi tanah lolos saringan No. 200 sebesar 82,56 % , memiliki nilai Batas Cair sebesar 49,40 % dan Indeks Plastisitas sebesar 25,31 % sehingga dilakukan plot grafik penentuan klasifikasi tanah yang di tunjukkan pada Gambar 4.4. Dari hasil plot diperoleh tanah termasuk dalam kategori CH yaitu Lempung Anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)



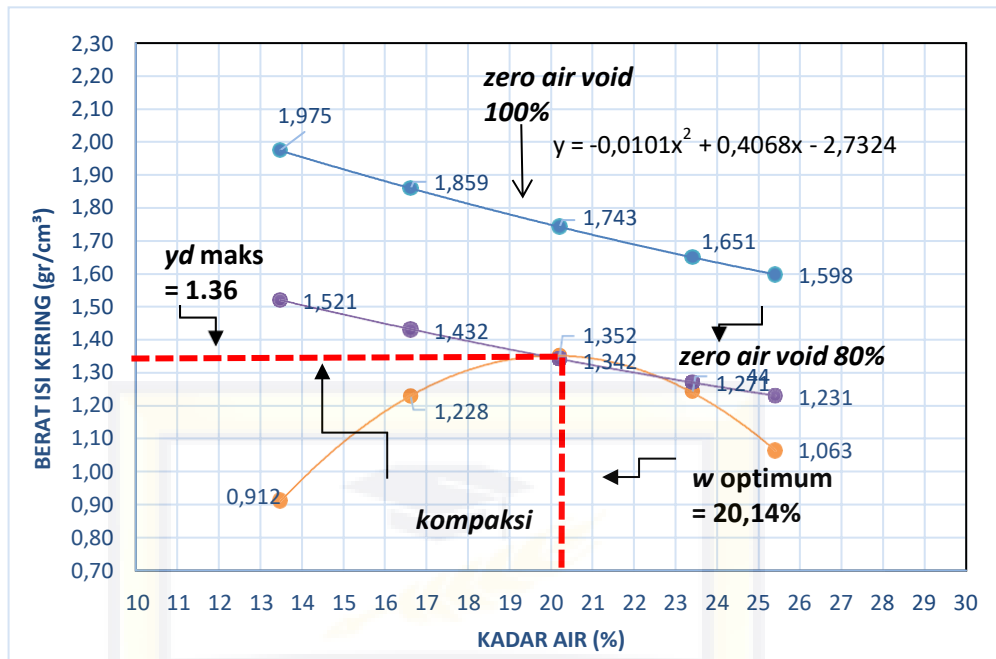
Gambar 4.1 Plot grafik klasifikasi USCS

Keterangan :

- CL = Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir lempung berlanau, lempung “kurus” (*lean clays*).
- ML = Lanau anorganik pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung.
- OL = Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.
- CH = Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*fat clays*).
- MH = Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis.
- OH = Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.

4.4 Pengujian Kompaksi (Pematatan)

Dari pengujian pematatan Standar (Proctor test) diperoleh w_{opt} = 20,04 % dan $\gamma_{maks} = 1,48 \text{ gr/cm}^3$. Dapat dilihat dari gambar 4.5 pengujian kompaksi berikut:



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Kompaksi

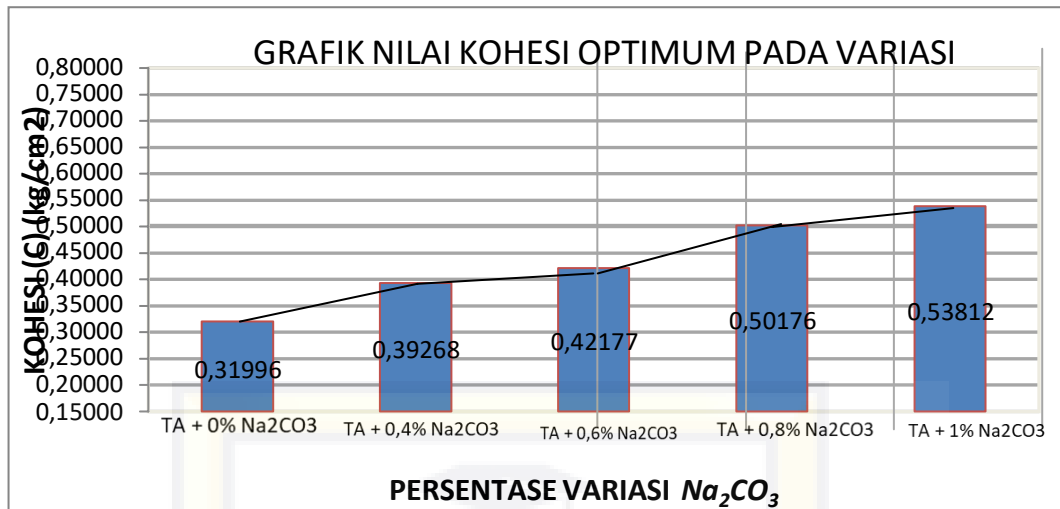
4.3.2 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung

Hasil pengujian kuat geser variasi tanah lempung + Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1% dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kuat Geser

| PENGUJIAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG + Na_2CO_3 | | | | |
|---|-----------|------------|------------------------|------------|
| NO | NOTASI | COHESI (C) | SUDUT GESER (Φ) | KUAT GESER |
| 1 | KGN 0% | 0,31996 | 11,93 | 0,2112 |
| 2 | KGN 0,4% | 0,39268 | 15,73 | 0,3872 |
| 3 | KGN 0,6 % | 0,42177 | 17,58 | 0,5984 |
| 4 | KGN 0,8 % | 0,50176 | 21,17 | 0,6336 |
| 5 | KGN 1 % | 0,53812 | 22,90 | 0,8800 |

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2023



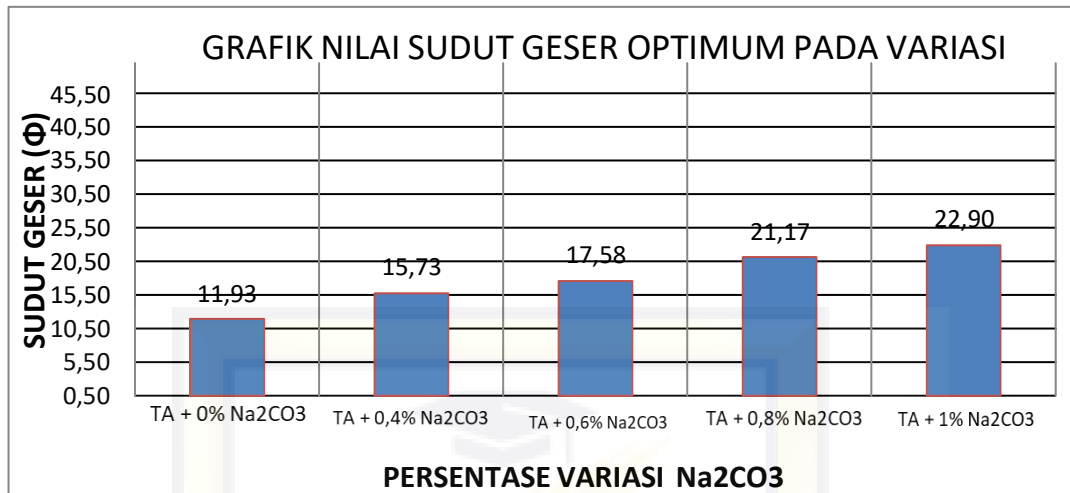
Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa 2023

Gambar 4.3 Grafik hubungan kohesi dengan variasi Na_2CO_3

| No | Notasi | Kohesi | Peningkatan Kohesi | % Peningkatan |
|----|---------|-------------------|--------------------|---------------|
| | | kN/m ² | kN/m ² | % |
| 1 | TA 0 | 0,31996 | 0,07272 | 22,72 |
| 2 | KGN 0,4 | 0,39268 | 0,02909 | 7,41 |
| 3 | KGN 0,6 | 0,42177 | | |
| 4 | KGN 0,8 | 0,50176 | 0,07999 | 18,87 |
| 5 | KGN 1 | 0,53812 | 0,03636 | 7,25 |

Pada gambar grafik 4.3 dapat dilihat bahwa hubungan nilai kohesi pada tanah asli dan pada variasi campuran 0,4% Na_2CO_3 mengalami peningkatan sebesar 22,72%, variasi campuran 0,6% Na_2CO_3 mengalami peningkatan sebesar 7,41% dan variasi campuran 0,8% Na_2CO_3 terjadi peningkatan sebesar 18,87%, sehingga nilai kohesi optimum tertapat pada variasi campuran 1% Na_2CO_3 yang mengalami peningkatan sebesar

7,25%.



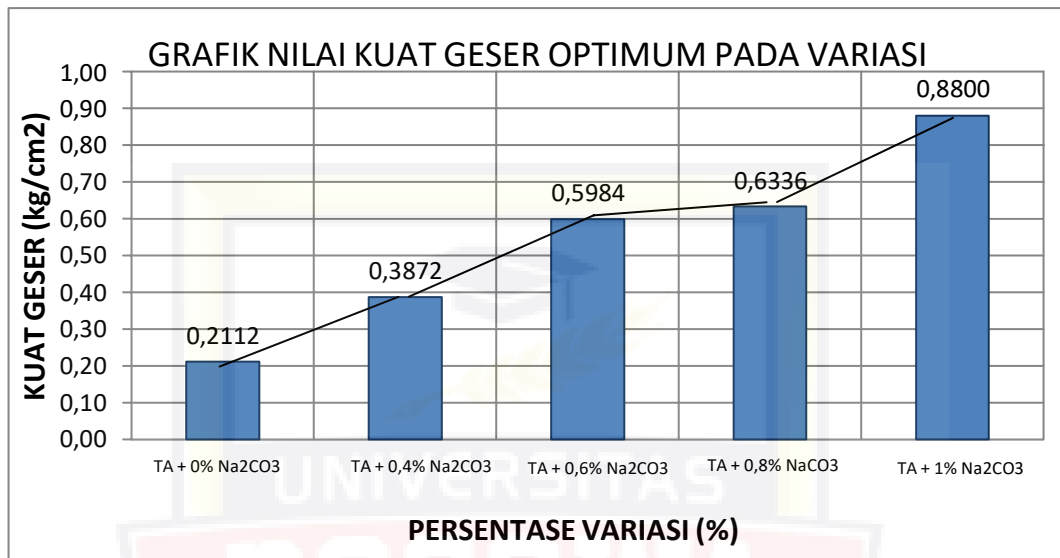
Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2023

Gambar 4.4 Grafik hubungan sudut geser dengan variasi Na₂CO₃

| No | Notasi | Sudut Geser | Peningkatan Sudut Geser | % Peningkatan |
|----|--------|-------------|-------------------------|---------------|
| | | φ | φ | % |
| 1 | TA 0 | 11,93 | 3,8 | 31,85 |
| 2 | KN 0,4 | 15,73 | | |
| 3 | KN 0,6 | 17,58 | 1,85 | 11,76 |
| 4 | KN 0,8 | 21,17 | 3,59 | 20,42 |
| 5 | KN 1 | 22,90 | 1,73 | 8,17 |

Pada gambar grafik 4.4 dapat dilihat bahwa hubungan sudut geser pada tanah asli dan pada variasi campuran 0,4% Na₂CO₃ pesen peningkatan sebesar 31,85%, variasi campuran 0,6% Na₂CO₃ mengalami peningkatan sebesar 11,76% dan variasi campuran 0,8% Na₂CO₃ terjadi peningkatan sebesar 20,42%, sehingga nilai sudut geser optimum tertapat

pada variasi campuran 1% Na_2CO_3 yang jumlah penikatannya sebesar 8,17%



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2023

Gambar 4.5 Grafik hubungan kuat geser dengan variasi Na_2CO_3

| No | Notasi | Kuat Geser | Peningkatan Kuat Geser | % Peningkatan |
|----|---------|-------------------|------------------------|---------------|
| | | kN/m ² | kN/m ² | % |
| 1 | TA 0 | 0,2112 | 0,176 | 83,33 |
| 2 | KGN 0,4 | 0,3972 | | |
| 3 | KGN 0,6 | 0,5984 | 0,2112 | 54,55 |
| 4 | KGN 0,8 | 0,6336 | 0,0352 | 5,88 |
| 5 | KGN 1 | 0,8800 | 0,2464 | 38,89 |

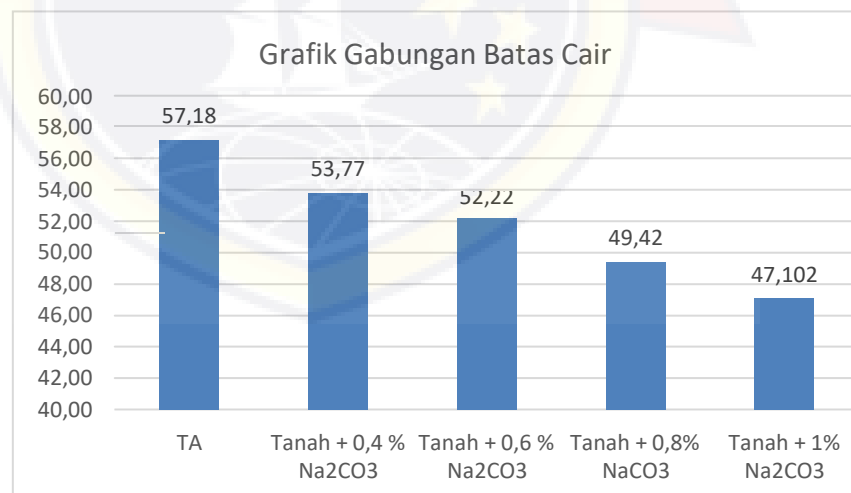
Pada gambar grafik 4.5 dapat dilihat bahwa hubungan kuat geser pada tanah asli dan pada variasi campuran 0,4% Na_2CO_3 mengalami peningkatan sebesar 83,33%, variasi campuran 0,6% Na_2CO_3 terjadi peningkatan sebesar 54,55% dan variasi campuran 0,8% Na_2CO_3 terjadi peningkatan sebesar 5,88%, sehingga nilai kuat geser optimum terdapat pada variasi campuran 1% Na_2CO_3 yang mengalami peningkatan sebesar 38, 89%.

4.3.3 Hasil Pengujian Konsistensi

Hasil pengujian konsistensi variasi tanah lempung + Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, dan 1%.

1. Batas Cair

Dari pengujian batas cair variasi tanah lempung + Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% di peroleh grafik seperti berikut.



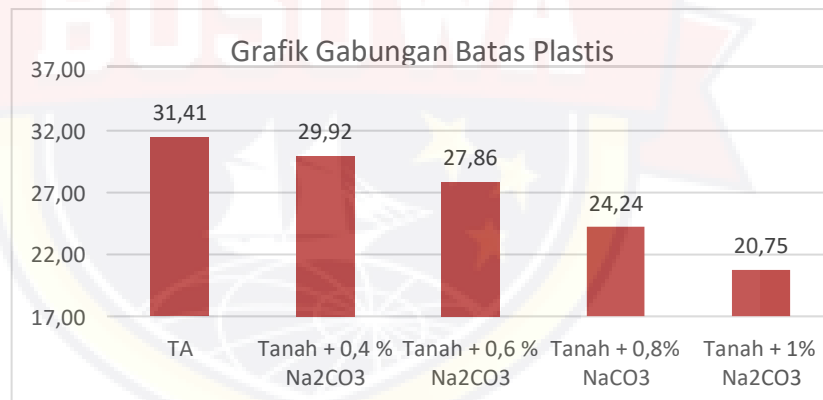
Gambar 4.6 Grafik Gabungan Batas Cair

Pada pengujian batas cair di peroleh nilai tanah + 0% Na_2CO_3 sebesar 48,45%, setelah penambahan Na_2CO_3 0,4% kenaikan kadar

air sebanyak 5,32% dengan nilai yang diperoleh sebesar 53,77%, adapun penambahan Na_2CO_3 0,6% terjadi penurunan sebanyak 1,55% dengan nilai yang dipeeroleh sebesar 52,22%, dan penambahan Na_2CO_3 0,8% terjadi penurunan sebanyak 2,8% dengan nilai yang diperoleh sebesar 49,42%. Untuk penambahan Na_2CO_3 1% terjadi penurunan sebanyak 2,32% dengan nilai yang diperoleh 47,10%.

2. Batas Plastis

Dari pengujian batas plastis variasi tanah lempung + Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% di peroleh grafik seperti berikut.



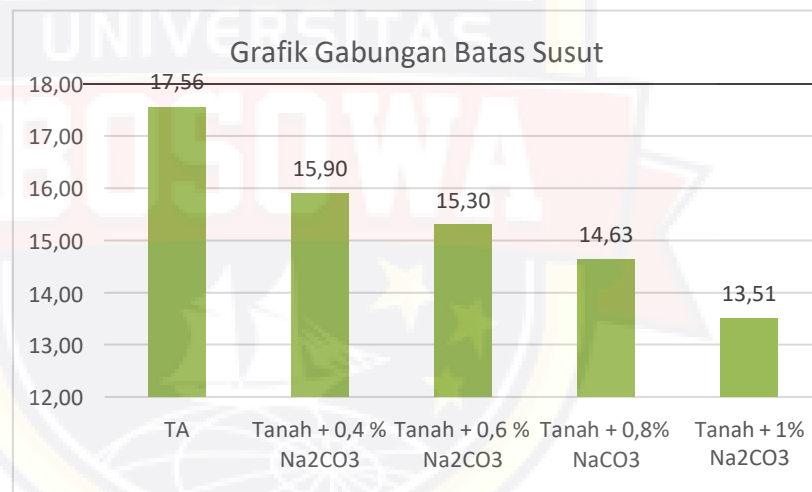
Gambar 4.7 Grafik Gabungan Batas Plastis

Pada pengujian batas plastis di peroleh nilai tanah + 0% Na_2CO_3 sebesar 24,09%, setelah penambahan Na_2CO_3 0,4% kenaikan kadar air sebanyak 5,83% dengan nilai yang diperoleh sebesar 29,92%, adapun penambahan Na_2CO_3 0,6% terjadi penurunan sebanyak 2,06% dengan nilai yang dipeeroleh sebesar 27,86%,

dan penambahan Na_2CO_3 0,8% terjadi penurunan sebanyak 3,62% dengan nilai yang diperoleh sebesar 24,24%. Untuk penambahan Na_2CO_3 1% terjadi penurunan sebanyak 3,49% dengan nilai yang diperoleh 20,75%.

3. Batas Susut

Dari pengujian batas susut variasi tanah lempung + Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% di peroleh grafik seperti berikut.



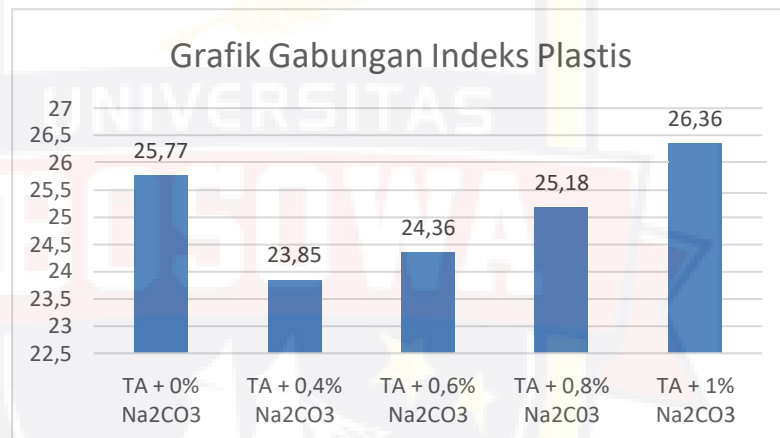
Gambar 4.8 Grafik Gabungan Batas Susut

Pada pengujian batas susut di peroleh nilai tanah + 0% Na_2CO_3 sebesar 19,15%, setelah penambahan Na_2CO_3 0,4% penurunan kadar air sebanyak 3,25% dengan nilai yang diperoleh sebesar 15,90%, adapun penambahan Na_2CO_3 0,6% terjadi penurunan sebanyak 0,6% dengan nilai yang dipeeroleh sebesar 15,30%, dan penambahan Na_2CO_3 0,8% terjadi penurunan sebanyak 0,67%

dengan nilai yang diperoleh sebesar 14,63%. Untuk penambahan Na_2CO_3 1% terjadi penurunan sebanyak 1,12% dengan nilai yang diperoleh 13,51%.

4. Indeks Plastis

Dari pengujian batas susut variasi tanah lempung + Na_2CO_3 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% di peroleh grafik seperti berikut.



Gambar 4.9 Grafik Gabungan Indeks Plastis

Pada pengujian batas susut di peroleh nilai tanah + 0% Na_2CO_3 sebesar 25,31%, setelah penambahan Na_2CO_3 0,4% penurunan kadar air sebanyak 3,46% dengan nilai yang diperoleh sebesar 23,85%, adapun penambahan Na_2CO_3 0,6% terjadi peningkatan sebanyak 0,51% dengan nilai yang dipeeroleh sebesar 24,36%, dan penambahan Na_2CO_3 0,8% terjadi peningkatan sebanyak 1,12% dengan nilai yang diperoleh sebesar 25,19%. Untuk

penambahan Na_2CO_3 1% terjadi peningkatan sebanyak 1,18% dengan nilai yang diperoleh 26,36%.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

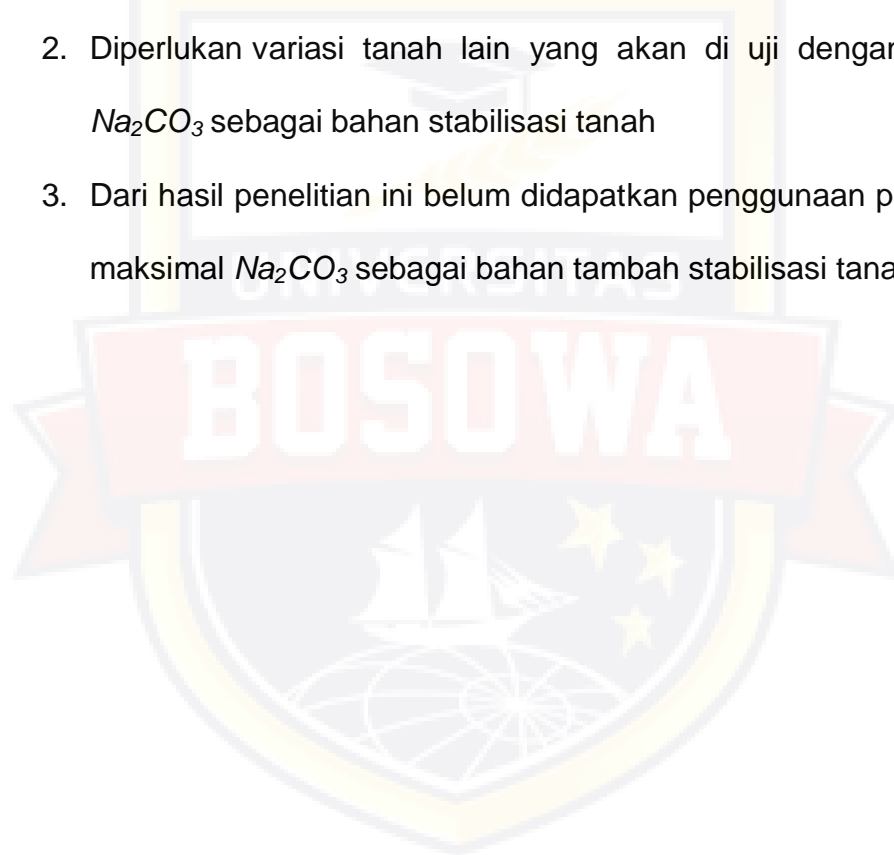
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan ,yaitu ;

1. Hasil Pengujian karakteristik tanah asli diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus dengan menggunakan Sistem Klasifikasi tanah ASTM (*American Society for Testing and Materials*).
2. Pada pengujian kuat geser terdapat nilai kohesi, sudut geser dan kuat geser, dimana persentase campuran mengalami peningkatan. Sehingga pada pengujian ini di dapat nilai kuat geser optimum pada tanah campuran 1% NaCO_3 sebesar.
3. Pada pengujian konsistensi terdapat nilai batas cair, batas susut, dan batas plastis mengalami penurunan kadar air hingga variasi 1% Na_2CO_3 dan pengujian konsistensi terdapat nilai indeks plastis mengalami peningkatan pada variasi 1% Na_2CO_3 .

5.2 SARAN

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu solusi untuk menangani masalah tanah lempung lunak pada saat dilakukan konstruksi atau pekerjaan di lapangan.
2. Diperlukan variasi tanah lain yang akan di uji dengan bahan Na_2CO_3 sebagai bahan stabilisasi tanah
3. Dari hasil penelitian ini belum didapatkan penggunaan persentasi maksimal Na_2CO_3 sebagai bahan tambah stabilisasi tanah.



DAFTAR PUSTAKA

- Anita Setyowati Srie Gunarti. (2013). *Atterberg Limit Pada Tanah Lempung Yang Distabilisasikan Dengan Natrium Karbonat. Univesitas Islam 45 Bekasi, Bekasi.*
- Bowles, joseph. (1989). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Terjemahan Johan K. Jakarta: Penerbit Erlangga.*
- Braja M. Das. (1994). jilid II, Erlangga, Jakarta. *Mekanika Tanah (prinsip-prinsip Rekayasa Geotekniks).*
- Casagrande, A. (1948). Classification and identification of soils. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 113(1), 901-930.
- Darwis. 2018. *Dasar-Dasar Mekanika Tanah. Yogyakarta: Pena Indris.*
- Das Braja M. (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1. Jakarta: Erlangga*
- Hardiyatmo, H. C 2006. *Mekanika Tanah I. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.*
- Ratna Puri, Dhamis Tri. (2012). *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Geser tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur. Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.*
- SUSANTO, IRWHAN JAYA (2014) *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur. Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.*