

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG
SAWIT TERHADAP KONSOLIDASI**

SKRIPSI

OLEH :

**RUGUN STEPANI PANJAITAN
168110085**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 13/9/24

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

ANALISA PENAMBAHAN ABU CANGKANG SAWIT TERHADAP KONSOLIDASI

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area



Oleh:

RUGUN STEPANI PANJAITAN

168110085

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 13/9/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)13/9/24

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Terhadap
Konsolidasi

Nama : Rugun Stepani Panjaitan

Npm : 168110085

Fakultas : Teknik Sipil



Tanggal Lulus : 20 Juli 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 20 Juli 2023



RUGUN STEPANI. P
NPM. 168110085

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rugun Stepiani Panjaitan
NPM : 168110085
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisa Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Konsolidasi.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 20 Juli 2023
Yang menyatakan


(Rugun Stepiani Panjaitan)

ABSTRAK

Saat struktur di bangun di atas tanah lempung masalah daya dukung tanah sering kali muncul. Oleh karena itu, ada baiknya melakukan penyelidikan tentang sifat fisis dan karakteristik tanah sebelum melakukan perencanaan konstruksi. Tanah memiliki banyak masalah, terutama tanah lempung, kerana pengaruh besar terhadap pengerjaan kontruksi dan pembangun jalan , setiap perencanaan harus melakukan pemeriksaan tanah untuk memastikan tanah dapat menahan beban konstruksi. Tanah lempung adalah tanah dengan ukuran mikronis hingga submikronis yang berasal dari pelapukan komponen kimiawi yang membentuk bantuan, tanah lempung sangat keras saat kering.Pada kadar air sedang, lempung plastis dan memiliki permeabilitas yang sangat rendah. Masalah penelitian ini adalah bagaimana campuran arang tempurung kelapa berdampak pada nilai konsolidasi LL, PL, PI, dan Cv, sebagai stabilisasi tanah lempung. Tujuan dari perbaikan tanah yang dilakukan pada penelitian ini perbaikan tanah untuk mendapatkan nilai Batas Cair (LL), Batas Plastis (PL), serta Indeks Plastis (PI), koefisien Konsolidasi (Cv) yang menggunakan alat konsolidasi. Nilai koefisien Konsolidasi (Cv) didapat dengan menggunakan uji konsolidasi. Hasil dari pengujian campuran 0%,2%,4%,6%,8% .Adapun Koefisien konsolidasi (Cv) yaitu sampel kadar abu cangkang sawit 0% =0,505, kadar abu cangkang sawit 2% =0,467, kadar abu cangkang sawit 4% =0,374, kadar abu cangkang sawit 6%= 0,416, kadar cangkang sawit 8%= 0,478.

Kata Kunci : Stabilisasi Tanah Lempung, Konsolidasi , Abu Cangkang Sawit

ABSTRACT

When a structure is built on clay soil, soil bearing capacity problems often arise. Therefore, it is better to carry out investigations on the physical properties and characteristics of the soil before planning construction. Soil has many problems, especially clay soil, because it has a big influence on construction works and road builders, every planner must carry out a soil inspection to ensure that the soil can withstand construction loads. Clay soils are soils with micron to submicronic sizes derived from weathering of the chemical components that form the relief, clay soils are very hard when dry. At moderate water content, clay is plastic and has very low permeability. The problem of this research is how the mixture of coconut shell charcoal has an impact on the consolidation values of LL, PL, PI, and Cv, as stabilization of clay soils. The aim of the soil improvement carried out in this study was to obtain the value of Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), and Plastic Index (PI), Consolidation coefficient (Cv) using a consolidation tool. Consolidation coefficient value (Cv) is obtained by using the consolidation test. The results of testing the mixture 0%, 2%, 4%, 6%, 8%. The coefficient of consolidation (Cv) is a sample of 0% palm shell ash content = 0.505, 2% palm shell ash content = 0.467, palm shell ash content 4 % = 0.374, palm shell ash content 6% = 0.416, palm shell ash content 8% = 0.478

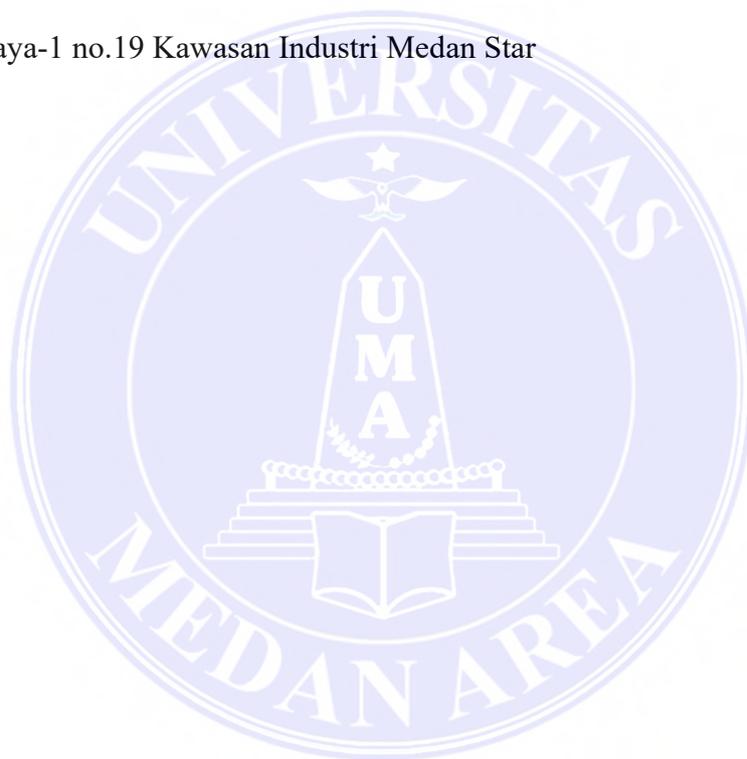
Keywords : Clay Soil Stabilization, Consolidation, Palm Shell Ash

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, Pada tanggal 03 Mei 1997 dari ayah Maringan Panjaitan dan ibu Rosdinar Sibarani Penulis merupakan putri 1 dari 3 bersaudara.

Tahun 2015 Penulis lulus dari SMK Negeri 2 Medan dan pada tahun 2023 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. *TAMORATAMA* di Jl. Pelita Raya-1 no.19 Kawasan Industri Medan Star



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini diselesaikan. Tema yang dipilih **Penambahan Abu Cangkang Sawit terhadap Konsolidasi** dengan judul **“Analisa Penambahan Abu Cangkang Sawit terhadap Konsolidasi”**

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Hermansyah, S.T, MT yang telah memberikan saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan tugas akhir ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata saya ucapkan Terima kasih

Penulis

Rugun Stepani P.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vi
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3.1. Maksud Penelitian	2
1.3.2. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terlebih Dahulu	4
2.2. Defenisi Tanah.....	6
2.3. Klasifikasi Tanah	7
2.3.1. Sistem Klasifikasi <i>American Association of State Highway and Transp Transportation Official (AASHTO)</i>	8
2.3.2. Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unifed Soil Classification System (uscs)</i>	12
2.4. Tanah Lempung	15
2.5. Abu Cangkang Sawit	17
2.6. Stabilisasi Tanah	18
2.7. Penurunan	19
2.8. Konsolidasi (<i>Consolidation Settlement</i>)	20
2.9. Pengujian Kadar Air	23
2.10. Pengujian Berat Volume (<i>Unit Weight</i>)	24

2.11. Pengujian Batas <i>Atterberg Limit</i>	24
2.12. Pengujian Berat Jenis	26
2.13. Pengujian Pematatan Tanah.....	27
2.14. Pengujian Konsolidasi.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1. Lokasi Penelitian	31
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	31
3.3. Jenis Penelitian.....	31
3.4. Pelaksanaan Penelitian	32
3.4.1. Tahapan Pengujian Yang Terkait	32
3.4.2. Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	32
3.5. Metode Pelaksanaan Pengujian.....	33
BAB IV Hasil Dan Pembahasan	34
4.1. Hasil	34
4.1.1. Kadar Air (<i>Water Content Analysis</i>).....	34
4.1.2. Berat Jenis Tanah Lempung	41
4.1.3. Berat Volume	43
4.1.4. Pengujian <i>Atterberg Limit</i>	44
4.1.5. Perbandingan Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Disetiap Campuran Abu Cangkang Sawit.....	56
4.1.6. Hubungan Terhadap Pembebanan Bertahap Setiap Sample dan Kadar Campuran Abu Cangkang Sawit	61
4.1.7. Koefisien Konsolidasi (<i>Cv</i>) Pada Beban Bertahap Setiap Sampel dan Kadar Abu Cangkang Sawit	67
4.2. Pembahasan	70
4.2.1. Kadar Air (<i>Water Content Analysis</i>).....	70
4.2.2. Berat Jenis (<i>Spesific Gravity</i>)	70
4.2.3. Pengujian <i>Atterberg Limit</i>	70
4.2.4. Angka Pori	70

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1. Kesimpulan.....	71
5.2. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	74



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Klasifikasi tanah <i>AASHTO</i>	11
Tabel 2 Sistem Klasifikasi <i>Unifed Soul Classification System (USCS)</i>	13
Tabel 3 Klasifikasi Tanah <i>Unifed Soil Classification System (USCS)</i>	14
Tabel 4 Klasifikasi Tanah <i>Unifed Soil Classification System (USCS)</i>	27
Tabel 5 Kadar Air Rata-Rata	35
Tabel 6 Kadar Air Rata – Rata	40
Tabel 7 Berat Volume	43
Tabel 8 Berat Jenis Tanah Lempung	44
Tabel 9 Pengujian Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>) Campuran Abu Cangkang Sawit 0%	45
Tabel 10 Pengujian Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>) Campuran Abu Cangkang Sawit 2%	46
Tabel 11 Pengujian Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>) Campuran Abu Cangkang Sawit 4%	47
Tabel 12 Pengujian Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>) Campuran Abu Cangkang Sawit 6%	48
Tabel 13 Pengujian Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>) Campuran Abu Cangkang Sawit 8%	49
Tabel 14 Rata-Rata <i>Liquid Limit</i>	50
Tabel 15 Pengujian Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>) Abu Cangkang Sawit 0%	51
Tabel 16 Pengujian Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>) Abu Cangkang Sawit 2%	52
Tabel 17 Pengujian Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>) Abu Cangkang Sawit 4%	52
Tabel 18 Pengujian Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>) Abu Cangkang Sawit 6%	53
Tabel 19 Pengujian Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>) Abu Cangkang Sawit 8%	53
Tabel 20 Rata-Rata Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	54
Tabel 21 Indeks Plastis (PI)	55
Tabel 22 Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Campuran Abu Cangkang Sawit 0%	
Tabel 23 Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Campuran Abu Cangkang Sawit 2%	57

Tabel 24 Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Campuran Abu Cangkang Sawit 4%	58
Tabel 25 Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Campuran Abu Cangkang Sawit 6%.....	59
Tabel 26 Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Campuran Abu Cangkang Sawit 8%.....	60
Tabel 27 Derajat Kejenuhan.....	61
Tabel 28 Pembebanan Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 0%	62
Tabel 29 Pembebanan Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 2%	63
Tabel 30 Pembebanan Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 4%	64
Tabel 31 Pembebanan Uji Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 6%	65
Tabel 32 Pembebanan Uji Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 8%	66
Tabel 33 Uji Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 0%.....	67
Tabel 34 Uji Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 2%.....	68
Tabel 35 Uji Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 4%.....	68
Tabel 36 Uji Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 6%.....	69
Tabel 37 Uji Konsolidasi Campuran Abu Cangkang Sawit 8%.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Grafik Plastis Untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO	9
Gambar 2 <i>Single Silika Tetrahedral</i>	16
Gambar 3 <i>Isometrik Silika Sheet</i>	16
Gambar 4 <i>Single Alluminium Oktahedron</i>	16
Gambar 5 <i>Isometrik Oktahedral Sheet</i>	16
Gambar 6 <i>Normally Consolidated (NC), Over consolidated (OC)</i>	22
Gambar 7 Batas-Batas Konsistensi	25
Gambar 8 Hubungan Antara Volume Tanah Dengan Kadar Air dalam batas <i>Atterberg</i>	26
Gambar 9 Grafik Hubungan Berat Volume Kering Dengan Kadar Air	29
Gambar 10 Bentuk Umum Grafik Pemasatan 4 Jenis Tanah	29
Gambar 11 Diagram Alur Pengujian	33
Gambar 12 Grafik Analisa Kadar rata-rata Air	40
Gambar 13 Grafik Analisa Batas Cair (LL)	50
Gambar 14 Grafik Analisa Batas Plastis (PL)	54
Gambar 15 Grafik Analisa <i>Indeks Plastis (PI)</i>	55
Gambar 16 Grafik Analisa Derajat Kejenuhan Dan Angka Pori	61

DAFTAR NOTASI

G = Kerikil (*gravel*)

S = Pasir (*Sand*)

C = Tanah Lempung (*Clay*)

M = Lanau (*Silt*)

O = Lanau atau Lempung Orgnaik (*Organic Silt or Clay*)

Pt = Tanah Gambut dan Tanah Organik Tinggi (*Peat and Highly Organic Soil*)

W = Gradasi Buruk (*well-graded*)

P = Gradasi Buruk (*poorly-graded*)

H =Plastis Tinggi (*high-plasticity*)

L = Plastis Rendah (*low-Plasticity*)

GI =Indeks Kelompok (*group index*)

F = Persen Butiran Lolos Saringan no. 200 (0,075)

LL =Batas Cair

PL= Batas Plastis

PI = Indeks Plastis

Cc= Indeks Pemampatan

Cv= Koefisien Konsolidasi

Wc = Kadar Air (*Water Content*)

Ww = Berat Air

Ws = Berat Tanah Dalam Keadaan Kering Oven (*Oven Dry*)

Gs =Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

γ_d =Berat Volume Butiran Padat

γ_w =Berat Volume Air

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Definisi tanah menurut Braja (1998) menyimpulkan bahwa sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak dapat tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan pelapukan bahan organik diertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel tersebut. Tanah berfungsi sebagai pendukung untuk bangunan dan jalan, tanah merupakan salah satu material yang selalu berhubungan dan berpengaruh terhadap perencanaan seluruh konstruksi. Saat struktur dibangun di atas tanah sangat penting untuk memerlukan penyelidikan sifat fisis dan karakteristik tanah memperhatikan kekuatan dukungan dan kuat geser tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya. Di Indonesia memiliki beragam jenis tanah yang tersebar di wilayahnya, salah satu contoh tanah lempung. Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki plastisitas yang cukup tinggi. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, sebaliknya sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (*kohesif*) dan sangat lunak (Terzaghi,1987). Sifat inilah yang dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi bangunan. Upaya untuk memperbaiki masalah tanah yang ada dengan metode perbaikan, digunakan untuk menambah daya dukung tanah lempung perlu dilakukan stabilitas tanah. Stabilitas tanah yang digunakan bahan khusus dapat dilakukan dengan menambah bahan yang akan distabilisasi. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan abu cangkang sawit untuk melihat seberapa

besar pengaruh campuran abu cangkang sawit terhadap daya dukung tanah lempung yang telah distabilisasi dengan sampel tanah yang berasal dari jalan Jambore Raya Binjai Kota.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa masalah sebagai berikut:

Beberapa besar penurunan konsolidasi tanah akibat penambahan abu cangkang sawit di tanah lempung dengan campuran 0%, 2%, 4%, 6%, 8%

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian Analisis Pemadatan dan Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Lempung dengan penambahan Abu Cangkang Sawit adalah sebagai berikut:

1.3.1. Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah dalam beberapa kasus, khususnya untuk tebal lapis perkerasan apabila daya dukung tanah tidak memenuhi maka akan mudah terjadi jalan retak bergelombang bahkan berlubang dan hal itu dapat menurunkan kenyamanan. Dari permasalahan tersebut maka perlu dilakukan stabilisasi tanah untuk mendapatkan nilai daya yang diizinkan.

1.3.2. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang sawit dengan campuran abu 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, terhadap batas cair, batas plastis, dan batas plastis.

Untuk mengetahui klasifikasi tanah lempung melalui sub penelitian *Liquid limit*

Untuk mengetahui nilai Koefisien Konsolidasi dan Derajat Kejenuhan setiap variasi campuran cangkang sawit.

1.4. Batasan Masalah.

Batasan masalah dari penulis Skripsi ini sebagai berikut :

1. Penggunaan sampel tanah pada penelitian ini digunakan tanah dari daerah rawa-rawa atau ladang di Kota Binjai.
2. Kadar abu cangkang sawit sebagai bahan campuran adalah 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%, yang kadar abu cangkang sawit tidak dilakukan penelitian kadar air.
3. Pengujian yang dilakukan terdiri dari:
Pengujian sifat fisik yang dijadikan sampel meliputi uji kadar air, berat jenis, pengujian Atterberg limit, Pengujian Angka Pori dan Pengujian Koefisien Konsolidasi

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Memanfaatkan penggunaan limbah sebagai bahan campuran pada perkuatan tanah
2. Memberikan masukan serta alternatif pada bahan tambah abu cangkang sawit terhadap tanah lempung
3. Masukan bagi instansi terkait tentang kondisi yang ada di daerah sekitar sehingga dapat merencanakan konstruksi dengan aman
4. Menambah referensi bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian selanjutnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terlebih Dahulu

Penelitian terlebih dahulu sangat bermanfaat untuk penulis dalam melakukan penelitian. Penelitian terlebih dahulu mampu memperkuat atau mendukung adanya kekuatan penelitian yang akan dilakukan karena sudah ada referensi ilmiah yang memiliki relevansi sehingga penelitian lebih kuat dan akurat.

Beberapa penelitian terlebih dahulu diantaranya:

1. Penelitian terlebih dahulu dilakukan oleh Dyah Pratiwi Kusumastuti (2019) mengenai studi Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Dan Abu Sekam Pada Tanah Lunak Berdasarkan Uji Konsolidasi. Dalam jurnalnya serbuk kaca dan Abu Sekam sebagai bahan stabilisasi tanah tanah lempung, hasil penelitiannya dengan campuran serbuk kaca 10% dan persentase Abu Sekam 0%, 2,5%,5%,7,5% dan 10% terhadap berat kering penguji konsolidasi. Hasil pengujian yang didapat nilai angka pori semakin menurun seiring dengan bertambahnya serbuk kaca dan abu sekam, dimana angka pori terendah 0,5328, menurunnya nilai angka pori menunjukkan semakin menurunnya indeks pemampatan (c_c) dan indeks mengembang (c_s). Semakin menurunnya Indeks Pemampatan dan indeks mengembang menandakan bahwa dengan penambahan serbuk kaca dan abu sekam menyebabkan contoh tanah lunak semakin memadat. Nilai indeks pemampatan dan indeks mengembang terendah dimdapat pada benda uji contoh dengan penambahan 10% serbuk kaca dan 10% abu sekam, yang masing-masing mengalami penurunan sebesar 33,165% dan

75,75% bila dibandingkan dengan contoh tanah asli

<https://doi.org/10.33322/forummekanika.v8i2.882>

2. Abdul Jail (2016) Studi Campuran Kapur Pada Tanah Lempung Terhadap Permeabilitas Dan Kecepatan Konsolidasi (Studi Kasus Tanah Deas Cot Girek Kandang Kecamatan Muara Dua Kabupaten Aceh Utara). Hasil pengujian yang didapat dengan persentase kapur 5%,7,5% dan 10% dengan jumlah uji 4 buah. Campouran kapur pada tanah tanah lempung didapat menurunkan niai CV hingga $2,33 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{min}$ pada beban terberat yaitu 8kg dengan pesentase 5% kapur dibandingkan pada tanah asli yaitu $1,294 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{min}$ dan $3,9 \times 10^{-2}$ pada beban 8kg, dengan demikian pada campuran tanah 5% kapur adalah yang paling baik

JURNAL : Jurnal Teknik Sipil (unimal.ac.id)

3. Nurul Hidayah (2016). Analisis Pemadatan dan Penurunan Konsolidasi pada Tanah Lempung dengan Penambahan Abu Cangkang Sawit Universitas Bangka Belitung. Hasil pengujian diperoleh nilai *Maximum Dry Density (MDD)* tanah asli sebesar 1,784 Gr/cm³, meningkat setelah dilakukan penambahan abu cangkang sawit dengan variasi 5% (1,795 gr/cm³), 10% (1,819 gr/cm³) dan 15% (1,826 gr/cm³). Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai penurun konsolidasi mengalami penurunan seiring dengan ditambahkan kadar abu cangkang sawit. Dari hasil pengujian diperoleh nilai penurunan tanah asli sebesar 0,31cm semakin kecil setelah dilakukan penambahan abu cangkang sawit dengan variasi 5% (0,23cm), 10% (0,16), dan 25% (0,14)

2.2. Definisi Tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki cirikhas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

Menurut B. M. Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum, 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).

Menurut Hardiyatmo (1992) dalam Apriliyandi (2017), tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

Menurut Bowles (1989) dalam Fauizek dkk (2018), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.3 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakaiannya (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar, seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Adha 2014).

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

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

Sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (*American Society for Testing and Materials (ASTM) Standar No.D-3282, AASHTO model M105*). Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud dan tujuan aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu *A-1* sampai dengan *A-7*. *A-1, A-2, dan A-3* adalah tanah berbutirdi mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolosayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok *A-4, A-5 A-6, dan A-7*. Butiran dalam kelompok *A-4* sampai dengan *A-7* tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Ukuran Butir

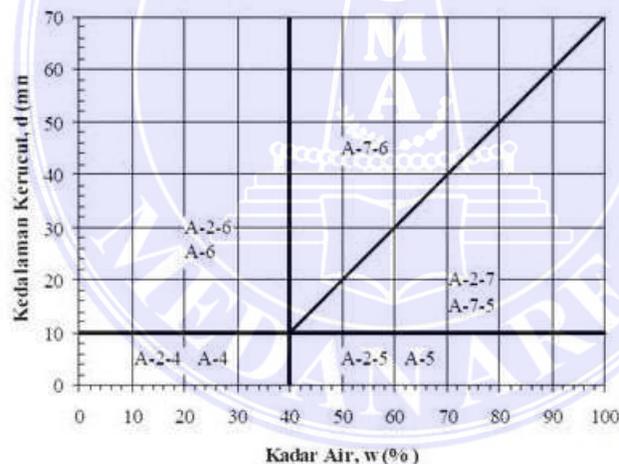
Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) danyang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).

Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200

2. Plastisitas

Kemampuan tanah untuk mengubah bentuknya pada volume konstan tanpa retak atau remuk yang dikenal sebagai plastis. Tanah dapat plastis, semi padat, dan padat tergantung pada kadar air yang dikandung tanah. Nilai indeks plastis, yang merupakan perbedaan antara nilai batas plastis dan cairan tanah., biasanya digunakan untuk menunjukkan tingkat keplastisan suatu tanah. Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih



Gambar 1 Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi Tanah Sistem *AASHTO*

(AASHTO M 145-91,2004)

Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam sampel tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase tanah yang dikeluarkan harus dicatat. Apabila dalam sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasi tanah, maka data dari uji di cocokan dengan angka- angka yang diberikan dalam Tabel 1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai (B. M. Das, 1995)



Klasifikasi Umum	kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau-lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A3	A2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				*
Analisis ayakan(% lolos)											
No. 10	≤ 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 batas cair (LL)	---		--- NP	≤ 41	≥ 41	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≤ 41	≤ 40	≥ 41
Indeks elastisitas (PI)	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
	Batu pecah, Pasir halus dan pasir			Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan dasar tanah	Baik sekali sampai baik							sedang sampai jelek			

Keterangan : * Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

** untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

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

Klasifikasi ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande padatahun 1942, untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Pada sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal **G** untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan **S** untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal **M** untuk lanau anorganik, **C** untuk lempung anorganik, dan **O** untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol **Pt** digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.
3. Tanah organik (Gambut/Humus), secara laboratorium dapat ditentukan jika perbedaan batas cair tanah contoh yang belum dioven dengan yang telah dioven sebesar > 25%.

Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah **W** – untuk gradasi baik (*Wells graded*), **P** – gradasi buruk (*poorly graded*), **L** – plastisitas tinggi (*low plasticity*) dan **H** – plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam klasifikasi USCS sebagai berikut :

- 1) Persentase lolos ayakan No. 200 dan lolos ayakan No. 4.
- 2) Koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c).
- 3) Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI).

Tabel 2. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)* (Mekanika Tanah 1, Harry Christady,1996)

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis		
Tanah berbutir kasar 50% butiran berbutiran saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tidak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_i < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_i > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah anis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tidak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_i < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_i > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah anis dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih 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	<p>Diagram plastisitas: Untuk mengidentifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir kasar dan tanah berbutir kasar: Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang ditunjukkan batasan klasifikasi menggunakan dua simbol.</p>	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')		
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus datar, lanau elastis		
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
Tanah dengan kadar organik tinggi	P_i	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2498		

Adapun menurut Bowles (1991) dalam Septayani (2016), kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) diperlihatkan pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3 Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS) (Bowles, 1991)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	LL < 50 %	L
Organik	O	LL > 50 %	H
Gambut	Pt		

Keterangan :

G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*)

S = Untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*)

M = Untuk lanau anorganik (*inorganic silt*)

C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*)

O = Untuk lanau dan lempung organik (*organic*)

Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah denga

P = Gradasi buruk (*poorly graded*)n kandungan organik tinggi

W = Untuk gradasi baik (*well graded*)

L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)

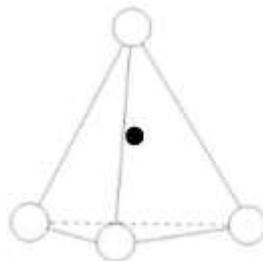
H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*)

LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

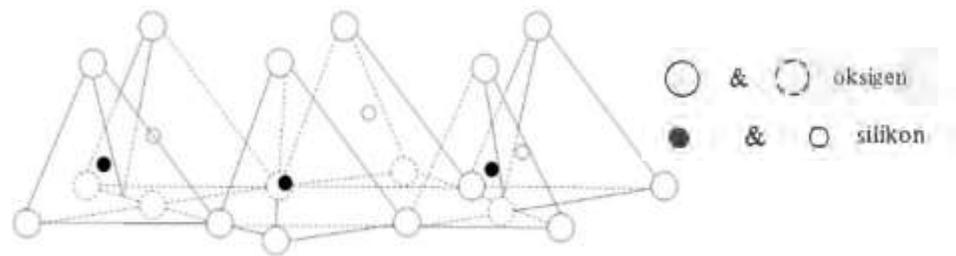
2.4. Tanah Lempung

Menurut Bowles (1991) dalam Septiyani (2016), tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif. Namun menurut Chen (1975) dalam Aziz & Safitri (2015), bahwa suatu mineral lempung tidak dapat dibedakan melalui ukuran partikelsaja, sebagai contoh partikel quartz dan feldspar, meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil namun tidak bisa disebut tanah lempung karenan umumnya partikel-partikel tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah. Perubahan sifat fisik dan mekanis tanah lempung dikendalikan oleh kelompok mineral yang mendominasi tanah tersebut.

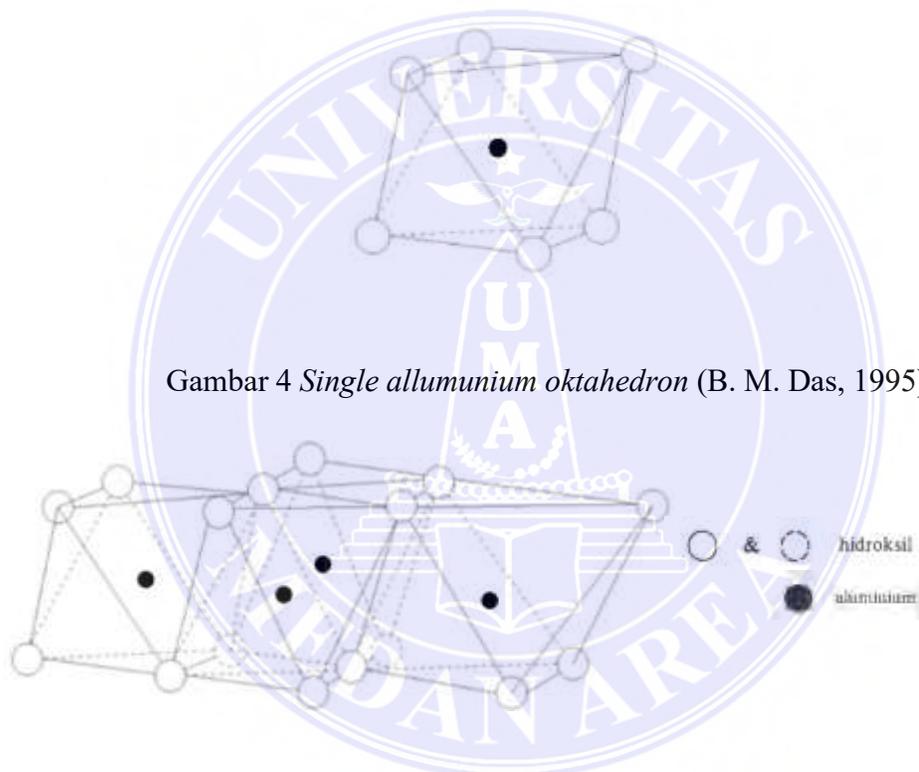
Menurut B. M. Das (1995) mineral lempung merupakan senyawa alumunium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu silika tetrahedra dan alumunium oktahedra. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari komposisi susunan satuan struktur dasar atau tumpuan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran.



Gambar 2 *Single silika tetrahedral* (B. M. Das, 1995)



Gambar 3 *Isometrik silika sheet*(B. M. Das, 1995)



Gambar 4 *Single alluminium oktahedron* (B. M. Das, 1995)

Gambar 5 *Isometrik oktahedral sheet*(B. M. Das, 1995)

Menurut Wesley (1977) dalam Sutrisno (2013), tanah lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil yang ukurannya kurang dari 0,002 mm serta menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk

aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

Sifat tanah lempung yang mudah diamati menurut Terzaghi (1987) dalam Khoiriyah (2015), adalah jika tanah lempung dalam keadaan kering maka akan sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan, selain itu permeabilitas tanah lempung juga sangat rendah. Sedangkan menurut Hardiyatmo (1992) dalam Herman (2016), sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat.

2.5. Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu Cangkang Kelapa Sawit merupakan salah satu limbah dari pengolahan kelapa sawit. Abu sawit merupakan sisa dari pembakaran cangkang kelapa sawit dalam dapur atau tungku pembakaran dengan suhu 700oc – 800cc. Abu sawit berasal dari unit pengolahan kelapa sawit yang penanganan limbah tersebut ditangani secara baik. Aplikasi dalam ilmu teknik (Graille dkk 1985), abu cangkang kelapa sawit dimanfaatkan berbagai bidang antara lain :

- a. Sebagai bahan tambahan pengganti semen dalam desain beton mutu tinggi.
- b. Bahan pengisi (Filler) dan lapisan perkerasan jalan raya.
- c. Bahan stabilisasi campuran tanah lempung dan dasar pada lapisan jalan raya.
- d. Bahan tambah pengganti semen dalam campuran material paving blok serta juga merupakan bahan material yang bersifat pozzolan.

2.6. Stabilisasi Tanah

Sebagai salah satu hal penting dalam mendukung sebuah konstruksi tetap aman,

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

- a. Meningkatkan kerapatan tanah.
- b. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang terjadi.
- c. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
- d. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
- e. Mengganti tanah yang buruk

2.7. Penurunan

Daya dukung tanah dalam menahan beban tergantung dari jenis tanah yang ada. Semua jenis tanah jika dibebani maka tanah akan mengalami penurunan (*Settlement*). Penurunan yang terjadi dalam tanah disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air didalam tanah tersebut. Jumlah dari penurunan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi (Das, 1995).

Pada tanah berpasir yang sangat tembus air (*permeable*), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori keluar sebagai akibat darikenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapis tanah itu karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir keluar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi secara bersamaan (Das, 1995).

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

Oleh karena itu harus dilakukan usaha perbaikan tanah agar tidak terjadi penurunan konsolidasi kembali saat konstruksi bangunan mulai dibangun bahkan setelah selesai dibangun di atasnya, sehingga risiko kerusakan struktur bangunan karena penurunan tanah yang terlalu besar dapat dihindari.

2.8. Konsolidasi

Menurut Soedarmo (1993), konsolidasi adalah proses pengecilan volume secara bertahap dan perlahan-lahan pada tanah jenuh maksimal dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Proses tersebut berlangsung terus-menerus sampai kelebihan tekanan angka pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total benar-benar hilang. Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Beberapa atau semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan.

Menurut Das (1995), secara umum penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

- a. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
- b. Penurunan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung yang mampu mampat (*compressible*) diberi

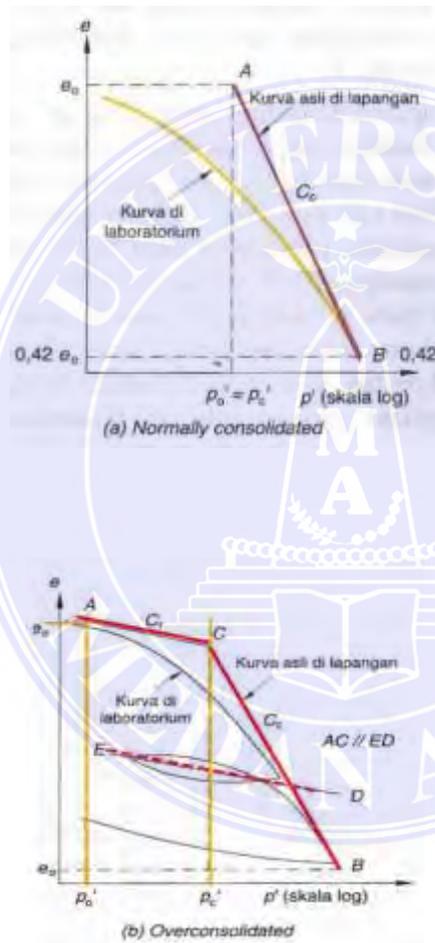
penambahan tegangan, maka penurunan (*settlement*) akan terjadi dengan segera. Selain itu dengan mudahnya tanah lempung mengalami kembang susut, hal ini tidak menguntungkan bagi konstruksi yaitu daya dukung yang rendah serta kompresibilitas yang tinggi.

Oleh karena itu harus dilakukan usaha perbaikan tanah agar tidak terjadi penurunan konsolidasi kembali saat konstruksi bangunan mulai dibangun setelah selesai dibangun di atasnya, sehingga risiko kerusakan struktur bangunan karena penurunan tanah yang terlalu besar dapat dihindari bahan dan alat dalam pengujian konsolidasi berdasarkan ASTM D 2435-96 adalah sebagai berikut :

1. Bahan-bahan :
 - a. Sampel tanah asli (*undisturbed sample*) yang diambil melalui tabung contoh atau tabung uji CBR lapangan.
 - b. Air bersih secukupnya
2. Peralatan yang digunakan:
 - a. Frame alat konsolidasi dan Consolidometer
 - b. Cincin (cetakan) benda uji.
 - c. Extruder.
 - d. Batu pori dan bola baja.
 - e. Piringan (plat penekan).
 - f. Stopwatch.
 - g. Dial gauge deformasi ketelitian 0,01 mm.
 - h. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

- i. Pisau pemotong
- j. Cawan
- k. Oven

Menurut Hardiyatmo (2012), dalam proses konsolidasi yang sesungguhnya adalah terjadinya perubahan volume sesuai waktu dan besar tekanannya.



Gambar 6 (a) *normally consolidated* (NC) (b) *overconsolidated* (OC) (Hardiyatmo, 2012)

2.9. Pengujian Kadar Air

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah yaitu perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-2216, yaitu :

- a. Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukkan benda uji ke dalam cawan dan menimbangnya.
- b. Memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam *oven* dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- c. Menimbang cawan berisi tanah yang sudah *dioven* dan menghitung persentase kadar air.

Perhitungan :

1. Berat air (W_1) $= W_2 - W_3$
2. Berat tanah kering (W_3) $= W_3 - W_1$
3. Kadar air (ω) $= \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} \times 100\%$

Dimana :

W = Berat cawan yang akan digunakan.

W_2 = Berat benda uji + cawan.

W_3 = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

2.10. Pengujian Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan berat volume

Perhitungan :

1. Berat ring (W_c).
2. Volume ring bagian dalam (V).
3. Berat ring dan tanah (W_{cs}).
4. Berat tanah (W) = $W_{cs} - W_c$.
5. Berat Volume (γ) = w/v (gr/cm^3 atau t/m^3)

2.11. Pengujian Batas *Atterberg Limit*

Tanah berbutir halus memiliki sifat plastis yang disebabkan oleh adanya partikel mineral tanah lempung dalam tanah. Istilah plastis menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi dimana bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Atterberg (1991) menyatakan memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah yang berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*Liquid Limit*). Batas plastis (*Plastic Limit*), *Indeks Plastis* (PI). Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan pada gambar di bawah :



Gambar 7 Batas-batas Konsistensi (Mekanika Tanah 1, Haryatmo)

a. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis diperlukan tujuannya adalah untuk menentukan kadarair suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Nilai batas plastis adalah nilai dari kadar air rata-rata sampel. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-4318.

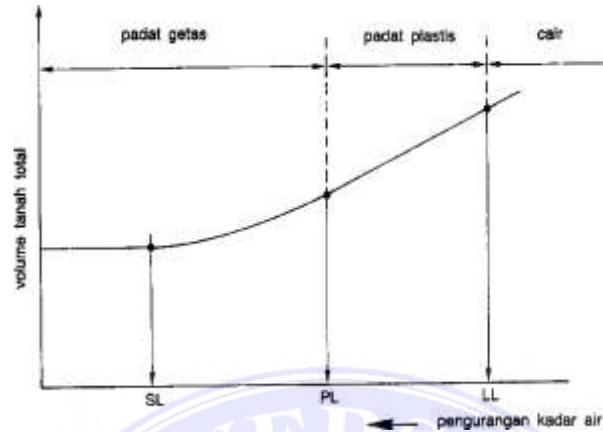
Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-4318 :

1. Mengayak sampel tanah yang telah dihancurkan dengan saringan No.40
2. Mengambil sampel tanah kira-kira sebesar ibu jari kemudian digulung-gulung di atas plat kaca hingga mencapai diameter 3 mm sampai retak-retak atau putus-putus.
3. Memasukkan benda uji ke dalam cawan kemudian ditimbang
4. Menentukan kadar air benda uji.

Perhitungan :

- a. Nilai batas plastis (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji.
- b. Indeks Plastisitas (PI) adalah harga rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji,

dengan rumus: $PI = LL - PL$



Gambar 8. Hubungan volume tanah dengan kadar air dalam batas *atterberg*

(B.M. Das, 1995)

2.12. Pengujian Berat Jenis

Tujuan pengujian berat jenis adalah untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah menggunakan piknometer. Berat jenis (*Specific gravity*), tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, dengan persamaan berikut.

Perhitungan :

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

Dimana :

Gs = Berat jenis

W1 = Berat *picnometer* (gram)

W2 = Berat *picnometer*, dan tanah kering (gram)

W3 = Berat *picnometer*, tanah, dan air (gram)

W4 = Berat *picnometer*, dan air bersih (gram)

Tabel 4 Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System (USCS)* (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 - 1,80

2.13. Pengujian Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Usaha pemadatan tersebut akan menyebabkan volume tanah akan berkurang, volume pori berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini bisa dilakukan dengan cara menggilas atau menumbuk. Manfaat dari pemadatan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah, antara lain:

- a. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan nilai sudut geser tanah (θ) dan kohesi (C)
- b. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban.

- c. Mengurangi permeabilitas yaitu mengurangi nilai k.
- d. Mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung).

Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan dapat memberikan kuat geser tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya. Lempung padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik pada waktu sangat basah (jenuh).

Pemadatan tanah bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum tanah dengan cara tumbukan yaitu dengan mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah.

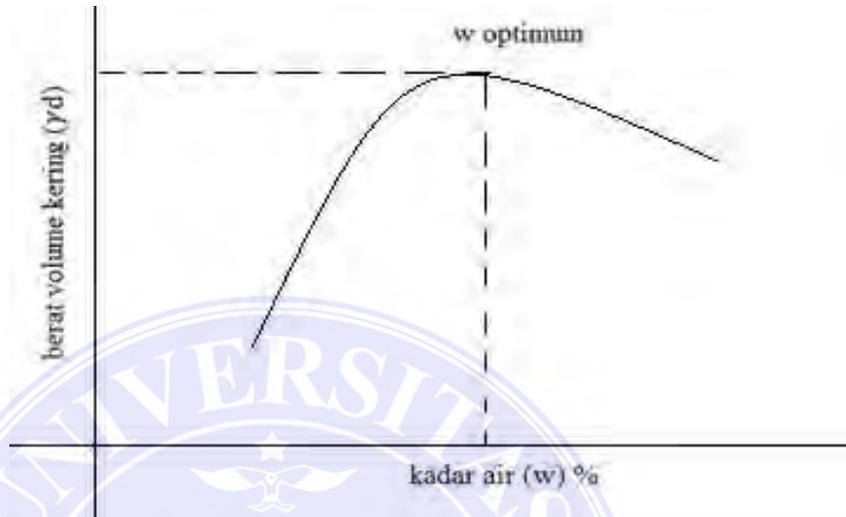
Perhitungan :

a. Kadar Air :

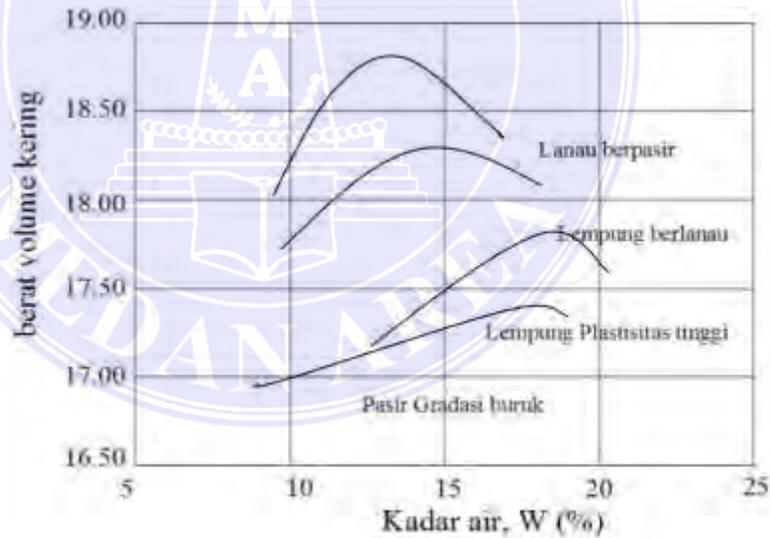
- 1) Berat cawan + berat tanah basah = W_1 (gr)
- 2) Berat cawan + berat tanah kering = W_2 (gr)
- 3) Berat air = $W_1 - W_2$ (gr)
- 4) Berat cawan = W_c (gr)
- 5) Berat tanah kering = $W_2 - W_c$ (gr)
- 6) Kadar air (w) = $\frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_c} \times 100$

Kadar air yang memberikan berat kering yang maksimal disebut kadar air optimum. Untuk tanah berbutir halus dalam mendapatkan kadar air optimum digunakan batas plastisnya. Kurva hubungan antara kadar air (w) sebagai absis dan berat volume tanah kering sebagai ordinat, puncak kurva sebagai nilai (γ_d maksimum), kurva yang digunakan adalah kurva dari uji pemadatan tanah (*proctor standart*). Dari

titik puncak ditarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini adalah kadar air optimum seperti yang terlihat pada Gambar x.



Gambar 9. Grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air (ASTM D-698)



Gambar 10. Bentuk umum grafik pemadatan 4 jenis tanah (ASTM D-698)

2.14. Pengujian Konsolidasi

Bila lapisan tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori di dalam lapisan tersebut segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Konsolidasi adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Oleh karena itu konsolidasi dapat diartikan sebagai proses terperasnya air tanah akibat bekerjanya beban, yang terjadi sebagai fungsi waktu karena kecilnya permeabilitas tanah. Proses ini berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang. Untuk mengukur konsolidasi tanah di laboratorium, digunakan alat konsolidasi (*Consolidated apparatus atau oedometer*).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di bengkel Universitas Katolik (UNIKA) Medan, pada awal Februari 2023. Adapun sumber tanah lempung di dapat dari kota Binjai Sumatera Utara, dan abu cangkang sawit diambil dari PTPN IV Pabrik Kelapa Sawit Adolina Kecamatan Perbaungan, Serdang Bedagai.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Sampel penelitian ini adalah tanah lempung yang diambil dari ladang daerah binjai, dengan kedalaman 2 m dari muka tanah asli, sedangkan bahan penstabilisasi adalah limbah cangkang sawit yang di dapat diambil dari PTPN IV Pabrik Kelapa Sawit Adolina yang dibakar dengan tungku pembakaran pada suhu $\pm 700^{\circ}\text{c}$ sehingga menjadi abu. Pengujian dilakukan terhadap sifat fisis dan sifat mekanis pada tanah asli yang telah dicampur dengan berbagai variasi persentase abu cangkang sawit dengan masa perawatan selama 3 hari. Persentase campuran abu cangkang sawit adalah 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%.

3.3 Jenis Penelitian

Penelitian yang sedang dikerjakan ini termasuk dalam penelitian tugas akhir. Berdasarkan atas sifat-sifat masalah dari penelitian, rancangan penelitian ini dapat digolongkan dalam penelitian Deskriptif Komparatif (*Comparative Descriptive Research*). Deskriptif berarti pemaparan masalah yang ada berdasarkan data, sedangkan komparatif berarti membandingkan (Narbuko dan Achmadi, 2002 : 44). Dalam hal ini adalah membandingkan

dan menganalisa teknik yang efisien dalam merencanakan penggunaan tenaga kerja.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Tahapan Pengujian yang Terkait

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, diantaranya terdiri atas pengujian kadar air, uji berat spesifik,, uji berat volume, uji atterberg limit dan uji konsolidasi.

3.4.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah

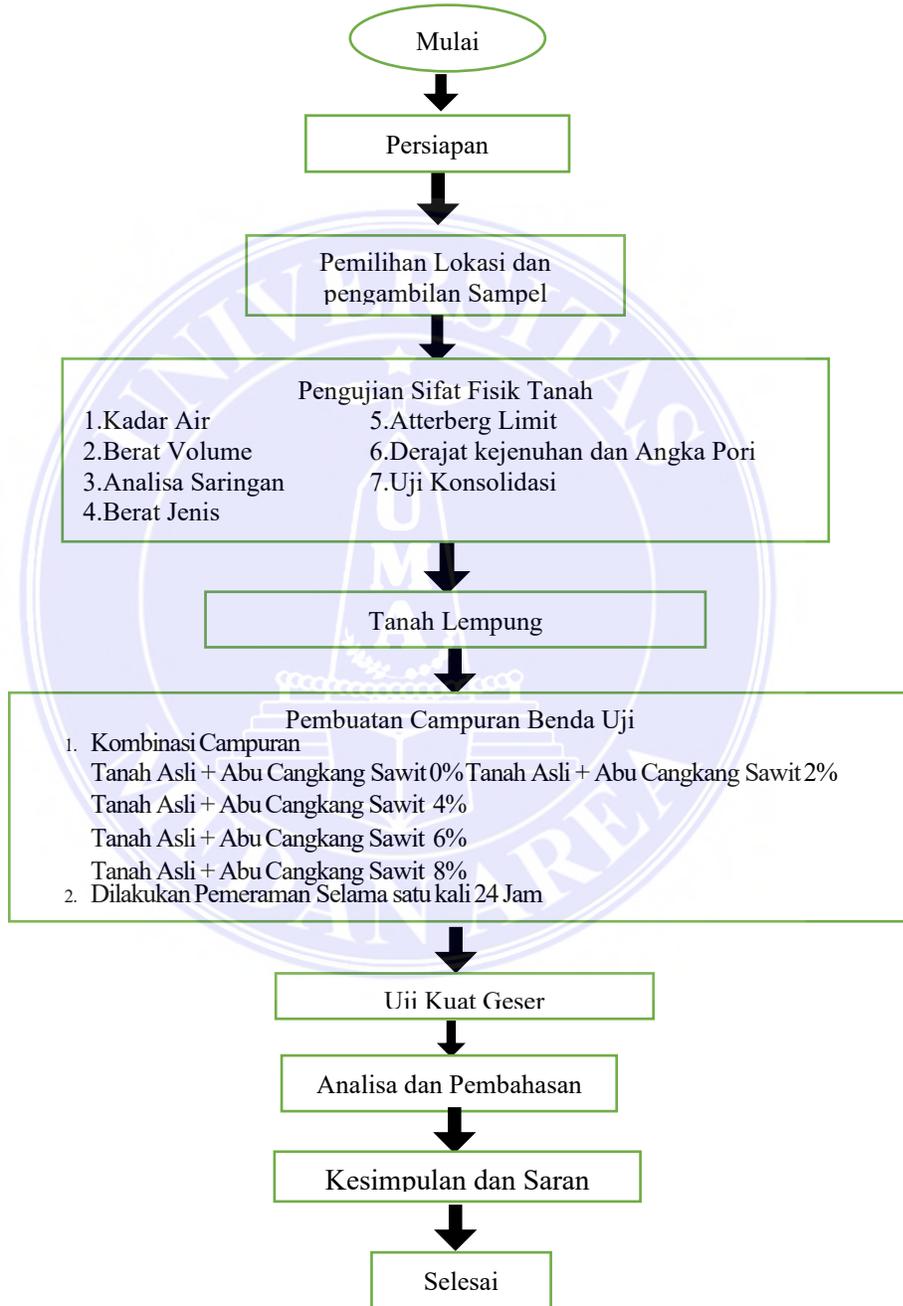
Untuk mengetahui sifat fisik tanah (*index Properties*) pada tanah gambut perlu dilakukan beberapa pengujian yaitu :

1. Uji kadar air
2. Uji berat Jenis
3. Uji Lolos Saringan
4. Uji Batas-Batas Atterberg Limit
5. Uji Angka Pori
6. Uji Koefisien Konsolidasi

Pengujian ini dilakukan di laboratorium Universitas Katolik Medan (UNIKA)

3.5. Metode Pelaksanaan Pengujian

Dalam bab ini peneliti menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan selama penelitian tentang “Analisis Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Konsolidasi”. Bagian alir penelitian :



Gambar 11 Diagram Alur Pengujian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Universitas Katolik dapat di ambil kesimpulan antara lain:

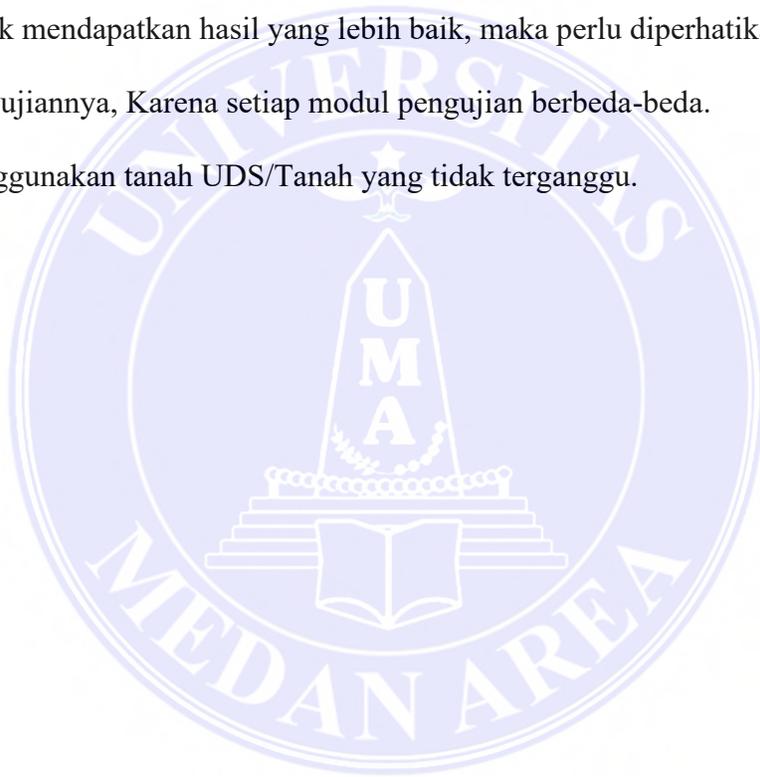
Perbandingan pengaruh penambahan persenan campuran limbah (abu cangkang sawit) adalah semakin tinggi kadar campuran yang dicampurkan kedalam tanah lempung maka semakin rendah pula kadar air dari tanah lempung tersebut, adapun analisa yang di dapat dari pengujian kadar air dari masing-masing persentasi campuran abu cangkang sawit 0% = 61,82%, campuran 2% = 54,635, campuran 4% = 53,505, campuran 6% = 46,295, campuran 8% = 48,57.

Pengaruh pencampuran abu cangkang sawit terhadap stabilitas tanah lempung dapat kita lihat dari Koefisien konsolidasi (C_v) nya, Adapun Koefisien konsolidasi (C_v) yaitu sampel kadar abu cangkang sawit 0% = 0,505, kadar abu cangkang sawit 2% = 0,467, kadar abu cangkang sawit 4% = 0,374, kadar abu cangkang sawit 6% = 0,416, kadar cangkang sawit 8% = 0,478. kecepatan penurunan terjadi akibat besar nya pembebanan,

Dari derajat kejenuhan atau angka pori dari hasil penelitian dilaboratorium didapatkan hasil, semakin tinggi kadar kapur yang di campurkan dalam percobaan maka semakin renda pula angka pori yang dihasilkan dari hasil percobaan

5.2 Saran

1. Agar menjaga kestabilan tanah maupun kadar air tanah ketika pengambilan sampel sebelum pengujian hendaklah letakan sampel di tempat yang tidak bersuhu panas kadar air tanah lempung tidak berkurang ketika pengujian
2. Agar memperhatikan faktor lamanya waktu dan besar beban yang digunakan pada uji konsolidasi
3. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, maka perlu diperhatikan cara pengujiannya, Karena setiap modul pengujian berbeda-beda.
4. Menggunakan tanah UDS/Tanah yang tidak terganggu.



DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid I dan II, Jakarta : Erlangga
- Craig, R. F. 1989. Mekanika Tanah Edisi ke empat, Jakarta : Erlangga
- Hardiyatmo, H. C. 2002. Mekanika Tanah. Jilid I dan II. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sinaga, Hasoloan H P. 2014. Pengujian Kuat Tekan Bebas Pada Stabiitas Tanah Lempung Dengan Bahan Campuran Semen Dan Abu Cangkang Sawit. Program Studi Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.
- SNI 03-1742-1989, Metode pengujian tentang kepadatan ringan untuk tanah.
- SNI 03-1964-1990, Metode Pengujian tentang berat jenis tanah.
- SNI 03-1965-1990, Metode pengujian tentang kadar air tanah.
- SNI 03-1966-1990, Metode pengujian tentang batas plastis tanah.
- SNI 03-1967-1990, Metode pengujian tentang batas cair tanah.
- SNI 03-1968-1990, Metode pengujian tentang analisis saringan
- Yuliana, Rizqi. 2010. Karakteristik Fisis Dan Mekanis Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) Dalam Geoteknik. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Riau.

LAMPIRAN

Tabel Rekap Pengujian

No	Sampel	Kadar Abu Cangkang Sawit	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)	Index Plastis
1	Sampel	Abu Cangkang Sawit 0%	43,37	33,51	9,86
2	Sampel	Abu Cangkang Sawit 2%	44,66	45,94	8,72
3	Sampel	Abu Cangkang Sawit 4%	45,09	37,96	7,13
4	Sampel	Abu Cangkang Sawit 6%	45,94	39,7	6,245
5	Sampel	Abu Cangkang Sawit 8%	47,99	40,05	7,94

Tabel Rekap Pengujian

No	Sampel	Kadar Abu Cangkang Sawit	Kadar Jenis (Gs)	Angka Pori (e)	Koef Konsolidasi (Cv)
1	Sampel	Abu Cangkang Sawit 0%	1,929	12,53	0,467
2	Sampel	Abu Cangkang Sawit 2%	1,929	7,4	0,374
3	Sampel	Abu Cangkang Sawit 4%	1,929	6,25	0,55
4	Sampel	Abu Cangkang Sawit 6%	1,929	5,88	0,416
5	Sampel	Abu Cangkang Sawit 8%	1,929	5,88	0,4478