

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP  
INDEKS PLASTISITAS PADA TANAH LEMPUNG**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**PERNANDO WIJAYA SIANTURI  
198110135**



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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 3/9/25

Access From (repository.uma.ac.id)3/9/25

# **PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP INDEKS PLASTISITAS PADA TANAH LEMPUNG**

## **SKRIPSI**

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



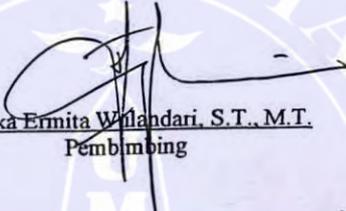
**OLEH:**  
**PERNANDO WIJAYA SIANTURI**  
**198110135**

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

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Indeks  
Plastisitas pada Tanah Lempung  
Nama : Pernando Wijaya Sianturi  
NPM : 198110135  
Fakultas : Teknik

Disetujui :  
Komisi Pembimbing

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

  
M. Dasi Achmad, S.T., M.T.  
DEKAN  
FAKULTAS TEKNIK

  
Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T.  
KAPRODI  
PRODI. TEKNIK

Tanggal Lulus : 11 Agustus 2023

 Dipindai dengan CamScanner

iii

### HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Agustus 2023



Pernando Wijaya Sianturi  
198110135

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

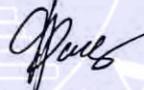
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pernando Wijaya Sianturi  
NPM : 198110135  
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 : **Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Indeks Plastisitas Pada Tanah Lempung**. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 11 Agustus 2023  
Yang Menyatakan

  
(Pernando Wijaya Sianturi)

v

 Dipindai dengan CamScanner

## ABSTRAK

Tanah lempung dikategorikan sebagai tanah kohesif dengan daya dukung yang relatif rendah, serta memiliki sifat kembang susut yang signifikan dan deformasi tinggi, terutama saat terjadi perubahan kadar air. Sifat ini menjadikan tanah lempung kurang ideal untuk digunakan secara langsung sebagai material dasar konstruksi jalan. Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan menerapkan metode stabilisasi menggunakan bahan aditif alternatif berupa abu sekam padi, yang merupakan limbah biomassa dengan kandungan silika cukup tinggi dan berpotensi sebagai bahan stabilisasi tanah. Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahapan utama, yaitu pengujian karakteristik fisik tanah dan pengujian batas konsistensi (Atterberg limits) untuk menilai perubahan sifat plastisitas akibat penambahan abu sekam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi berkontribusi terhadap penurunan nilai batas cair tanah lempung, dari 59,62% pada kondisi awal menjadi 56,65% pada campuran 3%, dan menurun lebih signifikan hingga 45,28% pada campuran 9%. Penurunan ini diindikasikan sebagai akibat dari proses pemadatan mikrostruktur tanah yang dipengaruhi oleh efek pengisian pori dan pengikatan partikel lempung oleh partikel abu. Sementara itu, nilai batas plastis mengalami peningkatan dari 29,73% menjadi 31,47% pada campuran 3% dan 38,08% pada campuran 9%. Fenomena ini mencerminkan terjadinya reaksi ionik antara kalsium dari abu dan mineral lempung yang memicu proses flokulasi dan agregasi partikel tanah. Dengan menurunnya indeks plastisitas sebagai hasil dari penurunan batas cair dan kenaikan batas plastis, maka dapat disimpulkan bahwa tanah mengalami penurunan kohesi dan peningkatan stabilitas plastis. Secara keseluruhan, pemanfaatan abu sekam padi terbukti efektif dalam memperbaiki karakteristik plastisitas tanah lempung, dan membuka peluang pemanfaatan material limbah sebagai alternatif stabilisator tanah dalam konstruksi teknik sipil.

**Kata kunci :** Tanah Lempung, Abu Sekam Padi, Indeks Plastisitas

## ABSTRACT

*Clay soil is classified as a cohesive soil with relatively low bearing capacity, as well as exhibiting significant shrink-swell behavior and high deformability, particularly in response to changes in moisture content. These properties make clay soil less suitable for direct use as a subgrade material in road construction. To address these challenges, this study was conducted using a stabilization method involving the addition of an alternative additive material in the form of rice husk ash, a biomass waste rich in silica content with potential application as a soil stabilizer. The research was carried out in two main stages: physical characterization tests and consistency limit (Atterberg limits) tests, aimed at evaluating changes in plasticity properties due to rice husk ash addition. The test results indicate that the addition of rice husk ash contributes to a reduction in the liquid limit of the clay soil, from 59.62% in its natural state to 56.65% at a 3% mixture, and further down to 45.28% at a 9% mixture. This reduction is attributed to microstructural densification of the soil, influenced by pore-filling effects and the binding of clay particles by ash particles. Concurrently, the plastic limit increased from 29.73% to 31.47% at a 3% mixture and to 38.08% at a 9% mixture. This phenomenon reflects ionic reactions between calcium in the ash and clay minerals, which initiate flocculation and aggregation of soil particles. As a result of the reduced liquid limit and increased plastic limit, the plasticity index decreases, indicating a reduction in soil cohesion and an improvement in plastic stability. Overall, the utilization of rice husk ash has been proven effective in enhancing the plasticity characteristics of clay soil and demonstrates the potential for reusing agricultural waste materials as alternative soil stabilizers in civil engineering applications.*

**Keywords :** *Clay Soil, Rice Husk Ash, Plasticity Index*

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 22 Agustus 2000 dari Ayah Johannes Parningotan Sianturi dan Ibu Siti Rospita Situmeang. Penulis merupakan anak ke 3 dari 3 bersaudara. Tahun 2018 Penulis lulus dari SMA (Sekolah Menengah Atas) dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area. Pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Pasar Swalayan Irian Super Market yang berlokasi di Jalan Letda Sujono Medan.



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "*Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Indeks Plastisitas pada Tanah Lempung*". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini, terdapat berbagai kendala dan kekeliruan yang terjadi. Namun demikian, dari kesalahan tersebut penulis memperoleh banyak pelajaran berharga yang menambah pemahaman dan pengalaman akademik. Penyelesaian skripsi ini tentu tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, oleh sebab itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua saya yang senantiasa memberikan dorongan dan do'a yang tiada henti serta dukungan moril dan materil kepada saya.
2. Bapak Prof. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Eng. Supriatno, ST. MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T., Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area dan Dosen Pembimbing Skripsi Penulis.
5. Serta ucapan terima kasih saya kepada rekan-rekan di kampus yang telah membantu dalam pengerjaan dan pembuatan skripsi sehingga penulis dapat

menyelesaikannya dengan baik dan tepat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan memiliki sejumlah kekurangan, baik dari aspek materi, teknik penyajian, maupun dalam pemilihan kata-kata. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka dan menghargai segala bentuk saran, kritik, maupun koreksi yang membangun, demi perbaikan dan penyempurnaan karya ini di masa mendatang.



Medan, Agustus 2023

Pernando Wijaya Sianturi  
198110119

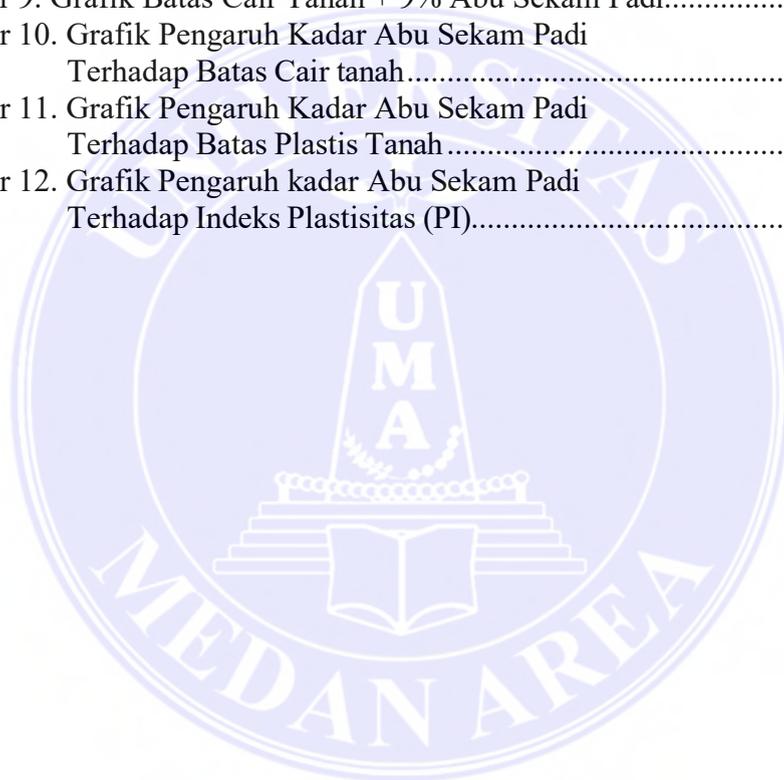
## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I    PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Maksud dan Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Peneliti Terdahulu.....	5
2.2 Tanah .....	6
2.3 Sistem Klasifikasi Tanah.....	8
2.4 Tanah Lempung.....	14
2.4.1 Sifat Umum Material Lempung.....	18
2.4.2 Pengaruh Air Pada Lempung .....	19
2.5 Stabilisasi Tanah.....	20
2.5.1 Stabilisasi Tanah dengan Abu Sekam Padi .....	22
2.6 Abu Sekam Padi .....	22
2.7 Batas-Batas <i>Atterberg</i> .....	23
BAB III    METODE PENELITIAN .....	26
3.1 Gambaran Daerah Penelitian .....	26
3.2 Lokasi Penelitian .....	26
3.3 Metode Pengambilan Data.....	27
3.4 Kerangka Berpikir .....	27
3.5 Metode Penelitian .....	28
3.6 Metode Pengumpulan Data .....	29
3.7 Analisis Data Laboratorium.....	32
BAB IV    HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34

4.1 Perhitungan .....	34
4.2 Pengujian dan Perhitungan Sifat Fisis Tanah .....	34
4.2.1 Kadar Air .....	34
4.2.2 Berat Jenis .....	36
4.2.3 Batas-batas <i>Atterberg</i> .....	37
4.3 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah .....	41
4.3.1 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 3% Abu Sekam Padi .....	41
4.3.2 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah + 9% Abu Sekam Padi .....	42
4.4 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah.....	44
4.4.1 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 3% Abu Sekam Padi .....	45
4.4.2 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 9% Abu Sekam Padi .....	45
4.5 Hasil Pengujian Indeks Plastis.....	47
4.5.1 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 3% Abu Sekam Padi .....	47
4.5.1 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah + 9% Abu Sekam Padi .....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	49
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	

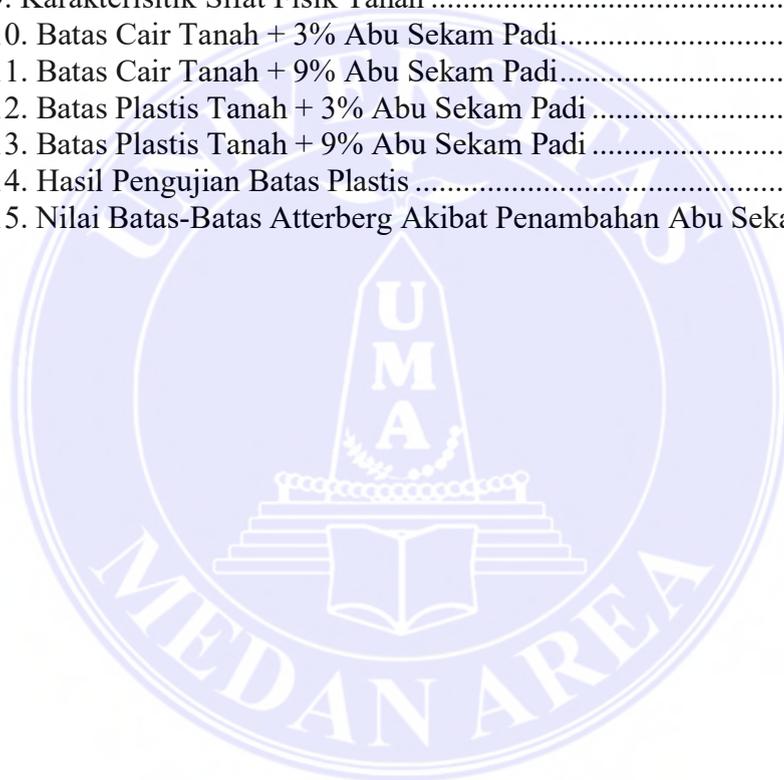
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Identifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Butir .....	10
Gambar 2. Grafik Plastisitas Untuk Klasifikasi <i>Unified</i> .....	12
Gambar 3. Klasifikasi Tanah Sistem AASTHO.....	14
Gambar 4. Batas Konsistensi.....	16
Gambar 5. Lokasi Penelitian .....	26
Gambar 6. Gambar Alir Pelaksanaan Percobaan.....	28
Gambar 7. Grafik <i>liquid limit</i> .....	39
Gambar 8. Grafik Batas Cair Tanah + 3% Abu Sekam Padi.....	42
Gambar 9. Grafik Batas Cair Tanah + 9% Abu Sekam Padi.....	43
Gambar 10. Grafik Pengaruh Kadar Abu Sekam Padi Terhadap Batas Cair tanah.....	44
Gambar 11. Grafik Pengaruh Kadar Abu Sekam Padi Terhadap Batas Plastis Tanah .....	46
Gambar 12. Grafik Pengaruh kadar Abu Sekam Padi Terhadap Indeks Plastisitas (PI).....	48



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai indeks plastisitas dan sifat tanah.....	17
Tabel 2. Nilai khas aktivitas mineral lempung.....	19
Tabel 3. Ketentuan Benda Uji dengan Neraca yang Ditimbang.....	30
Tabel 4. Pengujian Kadar Air.....	34
Tabel 5. Pengujian Berat Jenis Tanah .....	36
Tabel 6. Pengujian Batas Cair Tanah .....	38
Tabel 7. Pengujian Batas Plastis.....	40
Tabel 8. Nilai indeks plastisitas dan sifat tanah.....	40
Tabel 9. Karakteristik Sifat Fisik Tanah .....	41
Tabel 10. Batas Cair Tanah + 3% Abu Sekam Padi.....	41
Tabel 11. Batas Cair Tanah + 9% Abu Sekam Padi.....	43
Tabel 12. Batas Plastis Tanah + 3% Abu Sekam Padi .....	45
Tabel 13. Batas Plastis Tanah + 9% Abu Sekam Padi .....	45
Tabel 14. Hasil Pengujian Batas Plastis .....	46
Tabel 15. Nilai Batas-Batas Atterberg Akibat Penambahan Abu Sekam Padi .....	47



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Sampel Tanah Setelah Dioven .....	53
Lampiran 2. Pengujian Kadar Air Tanah.....	53
Lampiran 3. Pengujian Kadar Air Tanah.....	54
Lampiran 4. Pengujian Batas Cair.....	54
Lampiran 5. Pengujian Batas Plastis .....	55
Lampiran 6. Sampel Varian Benda Uji .....	55



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanah merupakan elemen utama yang selalu terlibat dalam setiap aktivitas konstruksi, karena berperan sebagai media penyangga beban struktur. Tanah yang layak untuk pembangunan adalah tanah yang memiliki karakteristik teknis yang baik, terutama dalam hal kestabilan dan kapasitas daya dukung terhadap beban. Namun demikian, tidak seluruh jenis tanah di lapangan menunjukkan kondisi ideal. Beragam jenis tanah tersebar di lingkungan kita, dan salah satunya adalah tanah lempung, yang sering dijumpai di wilayah tropis lembab. Tanah lempung tergolong sebagai tanah kohesif dengan karakteristik daya dukung rendah, memiliki tingkat kembang-susut yang tinggi, serta sangat rentan terhadap deformasi saat terjadi perubahan kadar air. Kompleksitas sifat mekanik ini membuat tanah lempung menjadi tantangan tersendiri dalam dunia geoteknik.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan lahan konstruksi, penggunaan tanah lempung sebagai lokasi pembangunan tidak dapat dihindari, khususnya di wilayah-wilayah dengan keterbatasan lahan ideal. Ketika tanah jenis ini digunakan sebagai dasar struktur, permasalahan seperti konsolidasi menjadi krusial. Konsolidasi merupakan proses berkurangnya volume pori akibat keluarnya air dari dalam tanah sebagai respons terhadap beban eksternal. Proses ini akan lebih cepat terjadi apabila drainase tanah berjalan optimal. Menghadapi kondisi demikian, upaya perbaikan tanah melalui metode stabilisasi menjadi pilihan strategis. Stabilisasi tanah bertujuan untuk mengubah karakteristik tanah dari kondisi alamiahnya yang tidak menguntungkan menjadi lebih stabil dan dapat

mendukung beban secara efektif. Dalam konteks penelitian ini, pendekatan stabilisasi dilakukan dengan penambahan abu sekam padi sebagai bahan pengikat alternatif.

Penelitian ini menggunakan abu sekam padi karena material tersebut mengandung silika tinggi dan berpotensi memperbaiki sifat plastisitas tanah. Salah satu parameter teknis utama yang digunakan dalam kajian ini adalah Indeks Plastisitas (Plasticity Index/PI), yang menggambarkan kemampuan tanah mengalami deformasi tanpa kehilangan kohesi internalnya. PI merupakan selisih antara batas cair (LL) dan batas plastis (PL), dan nilai ini memberikan indikasi tentang seberapa besar tanah dapat berubah bentuk sebelum mengalami kegagalan. Semakin besar nilai PI, maka semakin tinggi pula potensi perubahan volume dan sifat plastis tanah. Oleh karena itu, upaya untuk menurunkan nilai PI dianggap sebagai strategi yang efektif dalam meningkatkan stabilitas tanah lempung.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik fisik tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini?
2. Bagaimana pengaruh pencampuran abu sekam padi terhadap parameter batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI) tanah lempung pada variasi 0%, 3%, dan 9%?
3. Apakah terjadi perubahan signifikan pada nilai indeks plastisitas tanah setelah dilakukan proses stabilisasi menggunakan abu sekam padi?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terfokus dan tidak melebar dari tujuan awal, maka dibuat batasan-batasan sebagai berikut:

- 1) Penelitian hanya dilakukan pada jenis tanah lempung yang diambil dari kawasan Jalan Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara.
- 2) Fokus penelitian adalah menganalisis pengaruh pencampuran abu sekam padi terhadap sifat plastisitas tanah lempung.
- 3) Bahan stabilisasi yang digunakan hanya berupa abu sekam padi tanpa kombinasi dengan material lainnya.
- 4) Variasi kadar abu sekam padi yang digunakan dalam penelitian adalah 0%, 3%, dan 9%, dan didasarkan pada klasifikasi awal tanah menurut nilai PI termasuk dalam kelompok plastisitas rendah hingga sedang.
- 5) Sampel uji merupakan tanah lempung yang dikarakterisasi berdasarkan parameter fisis dan konsistensi.

### 1.4 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi alternatif bagi tanah lempung, dengan pendekatan berbasis parameter Atterberg Limit. Tujuan utama dari studi ini adalah untuk mengetahui sejauh mana penambahan abu sekam padi dalam variasi kadar tertentu dapat mempengaruhi perubahan nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas tanah lempung.

## 1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi teknis mengenai karakteristik dan perbaikan tanah lempung melalui metode stabilisasi berbasis material limbah.
2. Menjadi referensi praktis dalam perencanaan konstruksi di atas tanah lempung, khususnya melalui penerapan bahan stabilisasi abu sekam padi sebagai alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Peneliti Terdahulu

Muhammad Fachtur Reza (2021) dari Universitas Palangkaraya melakukan kajian mengenai pengaruh kadar air terhadap perilaku konsolidasi tanah lempung. Penelitian ini menyoroiti bahwa tanah lempung sebagai tanah lunak cenderung memiliki daya dukung yang rendah dan mengalami waktu konsolidasi yang cukup panjang, yang berisiko menyebabkan penurunan struktur bangunan di atasnya. Dengan menggunakan pendekatan konsolidasi satu dimensi berdasarkan teori Terzaghi, penelitian ini mengevaluasi perubahan karakteristik tanah terhadap variasi kadar air sebesar 5%, 10%, dan 15%. Hasil pengujian menghasilkan parameter teknis berupa indeks pemampatan ( $C_c$ ), penurunan konsolidasi ( $S_c$ ), serta koefisien konsolidasi ( $C_v$ ), yang menunjukkan sensitivitas tinggi tanah lempung terhadap perubahan kadar air.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Rifqi Abdurrozak dan Dillah Nurfathiyah Mufti (2017) yang dipublikasikan dalam Jurnal Teknisia, mengkaji efektivitas penggunaan abu sekam padi dan kapur dalam proses stabilisasi tanah lempung. Temuan mereka menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi sebesar 3% dan kapur 4% mampu meningkatkan indeks plastisitas hingga 212% dibandingkan dengan kondisi awal tanah asli. Selain itu, uji pengembangan (swell test) menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam yang ditambahkan, maka kecenderungan tanah untuk mengembang justru menurun drastis. Nilai pengembangan berkurang dari 4,8% pada tanah asli menjadi hanya 0,032% ketika dicampur dengan 7% abu sekam dan 4% kapur, menunjukkan peningkatan kestabilan tanah yang signifikan.

Muhlis Wambes dari Universitas Sam Ratulangi Manado dalam penelitiannya mengenai pengaruh derajat kejenuhan terhadap kekuatan geser tanah menyatakan bahwa tanah sebagai komponen utama dalam sistem pondasi harus memiliki kohesi dan kekuatan geser yang memadai. Penambahan kadar air diketahui mampu mengubah struktur pori tanah, yang kemudian memengaruhi derajat kejenuhan dan parameter kekuatan geser. Dalam pengujian ini digunakan kombinasi antara alat konsolidasi dan uji triaksial tak terkonsolidasi tak terkuras (UU) untuk memperoleh data nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Hasilnya menunjukkan hubungan yang signifikan antara derajat kejenuhan tanah dengan nilai kuat geser tanah.

Penelitian lain oleh Beni Luhur (2016) mencatat bahwa karakteristik tanah dasar yang diteliti menunjukkan sifat yang tergolong non-plastis, dengan kadar air yang sangat tinggi mencapai 6789,06% dan kadar abu sebesar 20,99%. Tanah tersebut memiliki kadar air optimum sebesar 90,8% dan berat isi kering maksimum  $0,528 \text{ g/cm}^3$ . Dalam upaya stabilisasi menggunakan semen, ditemukan bahwa nilai indeks plastisitas tidak mengalami perubahan yang signifikan. Namun, penambahan semen justru menurunkan kadar air optimum dan meningkatkan berat isi kering, dengan nilai tertinggi sebesar  $0,619 \text{ g/cm}^3$  pada penambahan semen sebanyak 15%. Temuan ini menunjukkan bahwa semen lebih efektif dalam meningkatkan kerapatan tanah daripada mengubah plastisitasnya.

## 2.2 Tanah

Dalam bidang teknik sipil, tanah didefinisikan sebagai kumpulan material alami yang terdiri atas partikel-partikel mineral, bahan organik, serta endapan yang bersifat relatif lepas dan belum mengalami proses sementasi yang kuat.

Material ini umumnya terletak di atas batuan induk (bedrock) dan memiliki struktur ikatan antarpartikel yang lemah, yang disebabkan oleh keberadaan senyawa karbonat, bahan organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antaranya. Rongga di antara partikel tanah dapat terisi oleh air, udara, atau kombinasi keduanya, sehingga berperan dalam sifat mekanik dan hidrolis tanah (Hardiyatmo, 2012 dalam Atmoko, 2015).

Menurut Das (2012), tanah merupakan material yang tersusun atas agregat mineral padat yang tidak saling terikat secara kimia, bercampur dengan bahan organik hasil pelapukan, serta mengandung fluida berupa cairan dan gas yang mengisi pori-pori antar partikel padat. Karakteristik ini menjadikan tanah sebagai material yang kompleks dan heterogen dalam kajian mekanika tanah.

Proses pembentukan tanah merupakan hasil dari pelapukan batuan dan aktivitas geologi yang berlangsung di dekat permukaan bumi. Secara umum, pelapukan dapat dibedakan menjadi pelapukan fisik dan kimia. Pelapukan fisik melibatkan pemecahan batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil melalui pengaruh faktor eksternal seperti erosi oleh angin, air, es, serta aktivitas manusia dan perubahan suhu yang ekstrem. Sementara itu, pelapukan kimia terjadi akibat reaksi antara mineral batuan dengan agen kimia seperti oksigen, karbon dioksida, air yang bersifat asam atau basa, serta reaksi-reaksi lainnya yang menyebabkan alterasi mineral (Hardiyatmo, 2012 dalam Atmoko, 2015). Apabila hasil pelapukan tersebut tetap berada di lokasi asalnya, tanah tersebut disebut sebagai tanah residual (residual soil). Sebaliknya, jika hasil pelapukan mengalami transportasi oleh air, angin, atau es ke lokasi lain, maka disebut sebagai tanah terangkut (transported soil).

Dalam praktik geoteknik, klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butiran dan sifat fisik sangat penting. Istilah-istilah seperti pasir, lanau, lempung, dan lumpur tidak hanya menunjukkan rentang ukuran partikel, tetapi juga mencerminkan karakteristik perilaku mekanik. Misalnya, lempung dikenal sebagai tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir dikategorikan sebagai tanah non-kohesif dan non-plastis, yang memiliki respons mekanik berbeda terhadap pembebanan dan perubahan kadar air (Hardiyatmo, 2012 dalam Atmoko, 2015).

Sejumlah definisi tanah dari para ahli teknik sipil menegaskan kompleksitas material ini:

1. Tanah adalah agregat mineral alami yang dapat dipisahkan secara mekanis ketika dicampur dalam air (Terzaghi, 1987).
2. Menggambarkannya sebagai akumulasi partikel mineral dengan ikatan antarpartikel yang lemah atau tidak ada, terbentuk melalui proses pelapukan batuan (Craig, 1987)
3. Menambahkan dimensi penting dengan memasukkan unsur bahan organik yang melapuk, serta keberadaan cairan dan gas dalam rongga antarpartikel (Das, 1995).
4. secara umum merumuskan bahwa tanah terdiri dari tiga komponen utama, yaitu partikel padat, air, dan udara yang menempati ruang pori di antara partikel tersebut (Wesley, 1997).

### **2.3 Sistem Klasifikasi Tanah**

Dalam praktik rekayasa geoteknik, klasifikasi tanah memiliki peran penting dalam menentukan karakteristik fisik dan mekanik tanah yang berpengaruh langsung

terhadap perencanaan dan pelaksanaan struktur teknik sipil. Menurut Hardiyatmo (2012), identifikasi sifat-sifat tanah diperlukan dalam banyak permasalahan teknis, antara lain untuk memperkirakan penurunan (settlement) bangunan melalui parameter kompresibilitas tanah yang dapat dihitung menggunakan teori konsolidasi seperti yang dikembangkan oleh Terzaghi. Selain itu, penentuan laju aliran air melalui tanah dapat dilakukan dengan menghitung koefisien permeabilitas yang kemudian dianalisis dengan menggunakan Hukum Darcy dan jaring aliran (flow net) untuk mengetahui debit air yang melewati massa tanah.

Aspek lainnya yang juga sangat diperhatikan adalah stabilitas lereng, yang dievaluasi melalui parameter kuat geser tanah. Data kuat geser tersebut kemudian diolah menggunakan prinsip-prinsip statika untuk menganalisis kestabilan bidang miring. Dalam konteks perencanaan teknis seperti konstruksi jalan raya, bendungan urugan, dan timbunan lainnya, pengelompokan tanah ke dalam kategori atau subkategori tertentu yang mencerminkan perilaku teknis yang sejenis sangat membantu dalam menentukan pendekatan desain yang tepat.

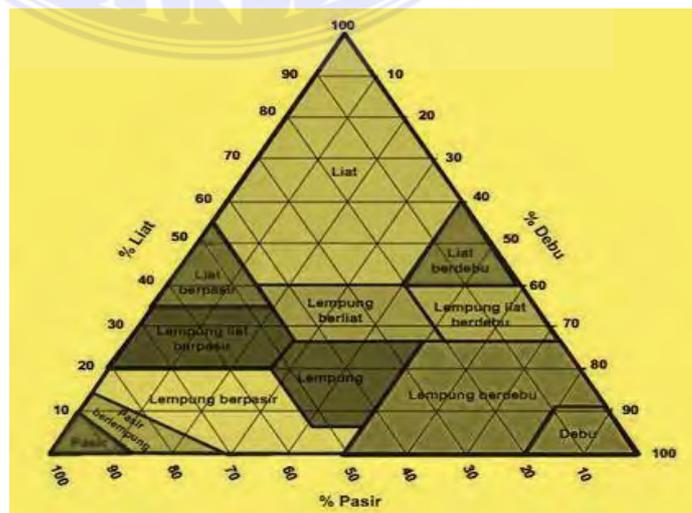
Klasifikasi tanah pada dasarnya merupakan sistem pendekatan empiris yang mengacu pada pengalaman dan data historis. Namun, Lambe (1979, dalam Hardiyatmo, 2012) mengingatkan bahwa klasifikasi tanah tidak boleh digunakan sebagai satu-satunya dasar dalam pemecahan masalah teknis seperti stabilitas lereng, aliran air bawah tanah, atau penurunan struktur. Penerapan klasifikasi harus dilakukan secara hati-hati agar tidak menimbulkan kesalahan desain yang signifikan. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah menggunakan parameter indeks yang diperoleh melalui pengujian sederhana, seperti analisis saringan (untuk menentukan distribusi ukuran partikel), uji hidrometer (untuk fraksi halus), serta batas Atterberg (batas cair dan batas plastis) yang digunakan untuk mengukur konsistensi dan

plastisitas tanah.

Dua sistem klasifikasi tanah yang paling banyak digunakan di bidang teknik sipil adalah *Unified Soil Classification System (USCS)* dan sistem AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Kedua sistem ini mengandalkan parameter sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair (*liquid limit/LL*), dan indeks plastisitas (*plasticity index/PI*) untuk mengelompokkan jenis tanah.

a. Klasifikasi Berdasarkan Ukuran Butir

Klasifikasi berdasarkan ukuran butiran merupakan pendekatan dasar yang banyak digunakan dalam studi pendahuluan karakteristik tanah. Meskipun metode ini memiliki keterbatasan dalam menggambarkan perilaku tanah secara menyeluruh, namun tetap relevan untuk mengidentifikasi jenis tanah seperti lempung (*clay*), lanau (*silt*), dan pasir (*sand*). Klasifikasi ini biasanya hanya mencakup hasil analisis mekanik dari fraksi kasar dan persen lolos saringan No. 200 (0,075 mm) (Terzaghi & Peck, 1993).



Gambar 1. Diagram Identifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Butir

b. Sistem Klasifikasi *Unified* (USCS)

Sistem Klasifikasi Tanah Unified, yang pertama kali dikembangkan oleh Casagrande (1942) dan disempurnakan oleh United States Bureau of Reclamation (USBR), merupakan sistem klasifikasi yang banyak digunakan dalam proyek-proyek geoteknik. Dalam sistem ini, tanah dibagi menjadi dua kategori utama: tanah berbutir kasar (jika kurang dari 50% lolos saringan No. 200) dan tanah berbutir halus (jika lebih dari 50% lolos).

Simbol yang digunakan dalam klasifikasi Unified mencakup:

G = Gravel (kerikil)

S = Sand (pasir)

M = Silt (lanau)

C = Clay (lempung)

O = Organic silt or clay (lanau/lempung organik)

Pt = Peat (tanah gambut)

W = Well-graded (gradasi baik)

P = Poorly-graded (gradasi buruk)

H = High plasticity (plastisitas tinggi)

L = Low plasticity (plastisitas rendah)

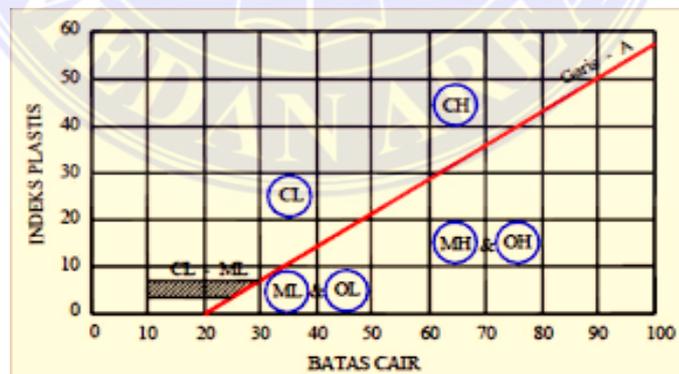
Prosedur klasifikasi USCS :

- 1) Tentukan apakah tanah tergolong berbutir kasar atau halus berdasarkan saringan No. 200.
- 2) Untuk tanah berbutir kasar:

- o Lakukan analisis saringan dan gambar distribusi butiran.
- o Jika kurang dari 50% lolos saringan No. 4 → gravel (G); lebih dari 50% → sand (S).
- o Hitung parameter uniformity coefficient ( $C_u$ ) dan coefficient of curvature ( $C_c$ ) untuk menilai gradasi.
- o Jika  $>12\%$  butiran lolos No. 200 → lakukan uji Atterberg dan gunakan diagram plastisitas untuk menentukan subklasifikasi (GM, GC, SM, SC).

3) Untuk tanah berbutir halus:

- o Lakukan uji batas Atterberg.
- o Jika  $LL > 50$  → plastisitas tinggi (H); jika  $LL < 50$  → plastisitas rendah (L).
- o Gunakan grafik plastisitas untuk menentukan jenis tanah: CH, CL, MH, ML, OH, OL tergantung posisi terhadap garis A



Gambar 2. Grafik Plastisitas Untuk Klasifikasi *Unified*

c. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem AASHTO dirancang khusus untuk keperluan desain jalan, termasuk evaluasi material timbunan (embankment), subbase, dan subgrade.

Tanah dalam sistem ini dibagi menjadi delapan kelompok utama (A-1 hingga A-8), dan dalam beberapa kasus, terdapat sub-kelompok tambahan. Evaluasi karakteristik tanah dilakukan melalui analisis saringan dan uji batas Atterberg.

Indeks kelompok (Group Index – GI) digunakan untuk menilai kelayakan penggunaan tanah. Semakin besar nilai GI, semakin rendah kualitas tanah untuk keperluan jalan. Rumus GI adalah:

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10).....(1)$$

Keterangan :

$GI$  = group indeks

$F$  = persen lolos saringan no. 200

$LL$  = batas cair (%)

$PI$  = indeks plastisitas (%)

Tanah granular (A-1 hingga A-3) umumnya menunjukkan performa yang lebih baik dibanding tanah berbutir halus (A-4 hingga A-7). A-1 merupakan tanah granular dengan gradasi baik, A-3 adalah pasir bersih bergradasi buruk, dan A-2 merupakan campuran granular yang mengandung fraksi halus. Tanah A-4 hingga A-7 terdiri dari lanau dan lempung, dibedakan berdasarkan batas Atterberg dan komposisi partikel halus. Gambar grafik plastisitas dapat digunakan untuk menentukan batas-batas klasifikasi antar kelompok ini.

Klasifikasi Umum	Material Berbutir Kasar (35% atau kurang lolos saringan No. 200)							Material Lanau -Lempung (lebih dari 35% lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Klasifikasi Group	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa Tapis; persen lolos:											
No. 10	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Karakteristik fraksi lolos saringan No. 40:											
Batas Cair	-	-	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Indeks Plastisitas	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min*	11 min*
Jenis Material Pokok	Fragmen batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan Pasir Kelazaman atau kelembangan				Tanah lemas		Tanah lempung	
Tingkat Kegunaan sebagai Subgrade	Sangat baik hingga baik							Cukup baik hingga buruk			

\* Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-5 sama dengan atau kurang dari batas cair dikurang 30. Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-6 lebih besar dari batas cair dikurang 30.

Gambar 3. Klasifikasi Tanah Sistem AASTHO (Hardiyatmo, 2012)

## 2.4 Karakteristik Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan hasil pelapukan mineral silikat melalui reaksi kimia, membentuk partikel berukuran sangat halus (diameter < 0,002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung. Partikel ini berbentuk lembaran dengan permukaan khusus, sehingga memiliki sifat-sifat yang sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan (Hardiyatmo, 2012).

Dalam keadaan basah, tanah lempung bersifat plastis dan lengket, sedangkan saat kering menjadi keras dan tidak mudah hancur. Tanah ini memiliki permeabilitas rendah dan daya kohesi tinggi. Keunikan tanah lempung adalah kemampuannya mengalami perubahan volume secara drastis akibat perubahan kadar air—mengembang saat basah dan menyusut saat kering. Sifat ini dapat menimbulkan

masalah struktural pada konstruksi yang dibangun di atasnya (Terzaghi & Peck, 1993 dalam Atmoko, 2015).

Tanah lempung juga memiliki tekstur yang bervariasi dan sulit dibedakan secara umum. Sifat fisiknya berada antara tanah pasir dan liat. Pengolahan tanah lempung tidak terlalu sulit karena daya rembes sedang dan tidak terlalu melekat. Warna tanah lempung umumnya tidak terlalu dipengaruhi unsur kimia, kecuali oleh dominasi unsur natrium. Plastisitas tanah lempung berkorelasi dengan nilai *Liquid Limit* (LL) dan kandungan mineralnya.

Tanah lempung organik, yang mengandung bahan organik terpisah, bersifat sangat kompresibel dalam kondisi jenuh, tetapi memiliki kekuatan tinggi saat kering. Ciri lainnya adalah warna gelap (abu-abu tua hingga hitam) dan bau menyengat (Terzaghi & Peck, 1993 dalam Atmoko, 2015).

Jenis-jenis tanah lempung :

a. Tanah Lempung Berlanau

Tanah ini mengandung lanau (ukuran partikel 0,002–0,05 mm) dan memiliki karakteristik:

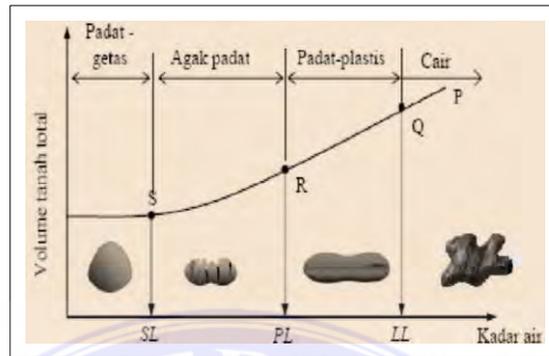
- Bersifat kohesif,
- Kapilaritas tinggi (0,76–7,6 m),
- Permeabilitas rendah,
- Potensi kembang-susut rendah hingga sedang,
- Proses penurunan lambat.

Tanah lempung berlanau memiliki indeks plastisitas (PI) antara 7–17, sehingga tergolong plastisitas sedang dan bersifat kohesif (Das, 1991).

b. Tanah Lempung Berplastisitas Rendah

Plastisitas adalah kemampuan tanah berubah bentuk tanpa retak pada volume tetap.

Gambar 4. Batas Konsistensi



Ketika tanah berada dalam kondisi jenuh atau sangat basah pada titik P, tanah tersebut bersifat cair dan mudah mengalir. Namun, seiring berkurangnya kadar air hingga mencapai titik Q, tanah mulai kehilangan sifat alirannya dan menunjukkan perilaku yang lebih kaku. Kadar air pada titik ini dikenal sebagai batas cair (*liquid limit*) dan dilambangkan dengan simbol LL. Jika kadar air terus berkurang hingga titik R, tanah mulai menunjukkan retakan-retakan akibat hilangnya plastisitas, dan kadar air pada titik ini disebut sebagai batas plastis (*plastic limit*), yang disimbolkan dengan PL. Rentang kadar air antara titik Q dan R, yaitu antara batas cair dan batas plastis, dikenal sebagai indeks plastisitas (*plasticity index*), yang secara matematis dinyatakan dengan:

$$PI = LL - PL$$

dengan,

LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

PL = Batas Plastis (*Liquid Plastic*)

Berdasarkan indeks plastisitas (PI), tanah diklasifikasikan menurut

Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Nilai Indeks Plastisitas dan Sifat Tanah (Hardiyatmo, 2002)

PI %	Sifat Plastisitas	Sifat Kohesi
<b>0</b>	Non Plastis	Non Kohesif
<b>&lt; 7</b>	Plastisitas Rendah	Kohesi Sebagian
<b>7 – 17</b>	Sedang	Kohesif
<b>&gt; 17</b>	Tinggi	Kohesif

Lempung dengan plastisitas rendah memiliki nilai  $PI < 7\%$  dan bersifat sebagian kohesif. Dalam sistem klasifikasi tanah Unified (Das, 1995), jenis ini termasuk dalam kelompok CL, yaitu tanah berbutir halus ( $\geq 50\%$  lolos saringan No. 200) dengan  $LL \leq 50\%$ .

#### c. Tanah Lempung Berpasir

Tanah ini didominasi partikel lempung ( $< 0,002$  mm) dan pasir (0,075–2 mm). Sifat-sifat pasir meliputi:

- Non kohesif,
- Kapilaritas rendah (0,12–1,2 m),
- Permeabilitas tinggi,
- Proses penurunan cepat.

Lempung berpasir diklasifikasikan dalam sistem Unified (ASTM D2487-66T) sebagai CL, dengan sifat plastisitas rendah ( $PI < 7$ ) dan kohesi sebagian.

Dalam rekayasa sipil, tanah lempung berpasir memiliki karakteristik teknis sebagai berikut (Sosrodarsono & Nakazawa, 1988):

- Tanah urugan dan pondasi: stabil, permeabilitas sedang, cocok dipadatkan

dengan penggilas kaki domba atau ban bertekanan, berat volume kering 1,52–1,92 t/m<sup>3</sup>, daya dukung dari baik sampai buruk.

- Saluran dan jalan: cukup baik jika tidak terjadi pembekuan, tidak cocok untuk lapisan tanah dasar perkerasan, drainase rendah, nilai CBR lapangan 5–15%, dan berat volume kering 1,6–2,0 t/m<sup>3</sup>.

Menurut sistem klasifikasi Unified yang dijelaskan oleh Sosrodarsono dan Nakazawa (1988), tanah lempung yang mengandung fraksi pasir umumnya memiliki karakteristik teknis yang bervariasi tergantung pada kondisi pemakaiannya di bidang teknik sipil. Secara umum, jenis tanah ini masih dapat digunakan sebagai material pondasi apabila tidak berada di lingkungan dengan potensi pembekuan. Namun demikian, sifatnya yang kurang stabil membuatnya tidak direkomendasikan sebagai lapisan tanah dasar (subgrade) pada struktur perkerasan jalan. Tanah ini juga memiliki potensi sedang hingga tinggi terhadap pembekuan, serta menunjukkan tingkat pengembangan dan kompresibilitas yang berada pada kategori menengah. Selain itu, sifat permeabilitasnya tergolong rendah, sehingga cenderung bersifat kedap air dan memiliki drainase yang buruk.

Untuk kebutuhan pemadatan di lapangan, alat yang paling sesuai digunakan adalah penggilas jenis kaki domba atau penggilas ban dengan tekanan tinggi. Berat volume kering tanah tersebut umumnya berada dalam kisaran 1,6 hingga 2,0 ton per meter kubik. Berdasarkan pengujian CBR di lapangan, tanah jenis ini menunjukkan nilai antara 5% hingga 15%, dan koefisien reaksi tanah dasar berada dalam rentang 2,8 hingga 5,5 kg/cm<sup>3</sup>, yang mencerminkan kapasitas reaksi terhadap beban dinamis dari struktur di atasnya.

#### **2.4.1 Karakteristik Umum Tanah Lempung**

##### **a. Aktivitas**

Tanah lempung memiliki muatan netto negatif yang dominan pada permukaan tepi partikel mineralnya. Kondisi ini menyebabkan terjadinya mekanisme penyeimbangan muatan melalui interaksi dengan kation, yang besarnya sebanding dengan defisit muatan negatif tersebut. Hubungan ini dapat dikaji melalui parameter aktivitas lempung, yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$Aktivitas = \frac{Indeks\ Plastisitas\ (PI)}{Persentase\ Fraksi\ Lempung} \dots \dots \dots (2)$$

Nilai aktivitas ini mencerminkan kemampuan lempung dalam menyerap air serta menunjukkan potensi ekspansivitas tanah. Parameter ini penting dalam analisis geoteknik, khususnya dalam perancangan pondasi dan sistem perkerasan jalan.

Tabel 2. Nilai Umum Aktivitas Mineral Lempung (Das, 2010)

Mineral	Aktivitas
Kaolinit	0,3 – 0,5
Illit	0,5 – 1,2
Montmorillonit	1,5 – 7,0
Halloysite (terhidrasi)	0,1 – 0,2
Halloysite (tidak terhidrasi)	0,4 – 0,6
Attapulgit	0,4 – 1,3
Allophane	0,4 – 1,3

#### 2.4.2 Pengaruh Air Pada Lempung

Kandungan air umumnya tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap perilaku tanah berbutir kasar seperti pasir. Misalnya, kekuatan geser pasir dalam kondisi kering dan jenuh cenderung tidak berbeda jauh. Namun, pada kondisi jenuh dan tidak padat, beban dinamis seperti gempa bumi dapat secara drastis mengurangi kekuatan geser pasir akibat fenomena likuifaksi.

Sebaliknya, tanah berbutir halus seperti lempung sangat dipengaruhi oleh variasi kadar air. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan spesifik yang tinggi, yang memengaruhi karakter plastisitas tanah. Dalam hal ini, distribusi ukuran butir bukanlah faktor dominan, melainkan komposisi mineral dan struktur internal tanah. Identifikasi sifat plastis tanah berbutir halus dilakukan melalui pengujian batas-batas Atterberg (Hary Christady Hardiyatmo, 2012, dalam Dian Widhi Atmoko, 2015).

Ikatan antar partikel tanah dipengaruhi oleh struktur muatan negatif pada permukaan mineral lempung serta oleh tipe, konsentrasi, dan distribusi kation penyeimbang. Interaksi elektrostatik inilah yang menentukan perilaku mekanik dan hidraulik tanah lempung.

## 2.5 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dukung dan kekuatan geser tanah guna memenuhi persyaratan teknis dalam perancangan ketebalan perkerasan dan elemen struktur tanah lainnya. Proses ini dapat melibatkan metode fisik maupun kimia untuk memodifikasi sifat tanah asli agar sesuai dengan kebutuhan teknik sipil.

Metode stabilisasi umumnya mencakup pemadatan, pencampuran dengan agregat granular, penguatan dengan geosintetik, penggalian dan penggantian tanah, serta penggunaan bahan kimia seperti kapur, semen, aspal, dan abu terbang (fly ash) (Hary Christady Hardiyatmo, 2010, dalam Dian Widhi Atmoko, 2015).

Menurut Hardiyatmo (2010), stabilisasi tanah diklasifikasikan menjadi dua kategori utama:

1. Stabilisasi dengan Bahan Tambah (*Additive Stabilization*)

Metode ini melibatkan penambahan bahan olahan industri ke dalam tanah dalam perbandingan tertentu untuk meningkatkan sifat teknisnya. Bahan tambah (additive) yang umum digunakan meliputi kapur, semen Portland, abu terbang, dan bitumen. Tujuan utamanya adalah meningkatkan kekuatan, mengurangi plastisitas, dan meningkatkan workability tanah.

Komposisi campuran sangat bergantung pada tujuan perbaikan. Jika hanya ditujukan untuk memperbaiki gradasi atau plastisitas, jumlah bahan tambah yang dibutuhkan relatif sedikit. Namun, untuk meningkatkan kekuatan tanah secara signifikan, proporsi bahan tambah harus lebih besar. Tanah hasil campuran harus segera dihampar dan dipadatkan secara optimal guna memperoleh hasil yang efektif dan seragam.

## 2. Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanis dilakukan dengan mencampur dua atau lebih jenis tanah dengan gradasi berbeda untuk memperoleh campuran dengan karakteristik teknik yang lebih baik. Proses ini dapat dilakukan di lokasi proyek (in-situ), di pabrik (central plant), atau di area pengambilan material (borrow area).

Menurut Lambe (1962) dalam Hardiyatmo (2010), stabilisasi mekanis melibatkan dua pendekatan utama:

- i. Rekonfigurasi struktur partikel tanah, misalnya dengan mencampur lapisan tanah yang berbeda, merekonstruksi tanah terganggu, atau melakukan pemadatan untuk meningkatkan kerapatan.
- ii. Penambahan atau pengurangan fraksi partikel tertentu, seperti mencampur tanah lempung berpasir dengan kerikil untuk meningkatkan daya dukung.

Pendekatan ini umumnya lebih ekonomis dibandingkan metode stabilisasi

kimiawi.

### 2.5.1 Stabilisasi Tanah dengan Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan limbah hasil pembakaran sekam dari proses penggilingan padi. Abu ini tergolong sebagai limbah non-recyclable, namun mengandung senyawa kimia yang berguna dalam teknik sipil, terutama silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ). Karena kandungan silika aktifnya, abu sekam padi berpotensi digunakan sebagai bahan pozzolan dalam proses stabilisasi tanah.

Pemanfaatan abu sekam padi bertujuan untuk meningkatkan daya dukung dan kestabilan tanah asli, sekaligus menjadi solusi ramah lingkungan untuk mengurangi limbah pertanian. Dalam praktiknya, abu ini dicampurkan dengan tanah pada proporsi tertentu, disesuaikan dengan kebutuhan perbaikan teknis yang diinginkan.

### 2.6 Abu Sekam Padi

Indonesia memiliki sekitar 50.000 mesin penggiling padi yang tersebar di seluruh wilayah, menghasilkan sekitar 20 juta ton sekam padi setiap tahunnya. Dalam skala besar, satu mesin penggiling padi dapat menghasilkan sekitar 5–10 ton limbah sekam per hari. Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan gabah, dan sering dianggap sebagai limbah pertanian yang tidak dimanfaatkan secara optimal (Houston, 2000).

Tumpukan sekam yang tidak terkelola dengan baik dapat mengganggu lingkungan dan kesehatan manusia. Hal ini disebabkan oleh massa jenis sekam yang rendah, laju dekomposisi yang lambat, serta kemampuannya menimbulkan gangguan pada pertumbuhan tanaman. Meski begitu, sekam padi memiliki potensi

besar jika dimanfaatkan secara tepat. Salah satu pemanfaatannya yang paling umum adalah sebagai pupuk alami. Namun, sekam juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri, energi biomassa, pakan ternak, dan bahkan sebagai adsorben logam berat.

Karakteristik fisik sekam padi mencakup:

- Kerapatan jenis (bulk density): 1120 kg/m<sup>3</sup>,
- Nilai kalor: berkisar antara 3300–3600 kkal/kg,
- Konduktivitas panas: 0,271 BTU,
- Kerapatan massa: 0,100 g/ml.

Secara kimiawi, sekam tersusun atas jaringan selulosa yang mengandung silika dalam jumlah tinggi, membentuk serabut-serabut keras. Dalam kondisi normal, sekam berfungsi melindungi beras dari kerusakan akibat jamur, ketengikan, dan gesekan mekanis selama proses panen hingga distribusi (Haryadi, 2006).

## 2.7 Batas-Batas Atterberg

Tanah berbutir halus yang mengandung mineral lempung umumnya bersifat plastis dan kohesif karena adanya lapisan air yang terserap (adsorbed water) di sekitar permukaan partikel. Untuk memahami perilaku plastisitas tanah terhadap kadar air, Atterberg (1911), seorang ilmuwan dari Swedia, mengembangkan metode untuk mengklasifikasikan kondisi konsistensi tanah berdasarkan variasi kadar air.

Berdasarkan kadar air, tanah dapat berada dalam empat kondisi konsistensi, yaitu: padat, semi padat, plastis, dan cair. Transisi antara satu kondisi ke kondisi lainnya tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan secara bertahap (Peck et al., 2011). Oleh karena itu, pengujian batas-batas Atterberg dilakukan untuk menentukan nilai kadar air pada masing-masing kondisi transisi.

Menurut Hardiyatmo (2010), konsistensi tanah ditentukan oleh gaya tarik antar partikel mineral dan kadar air yang dikandungnya. Nilai batas konsistensi terdiri dari:

- Batas cair (Liquid Limit / LL),
- Batas plastis (Plastic Limit / PL),
- Batas susut (Shrinkage Limit / SL).

Nilai-nilai ini diperoleh melalui pengujian laboratorium, antara lain menggunakan alat Casagrande untuk batas cair dan penggilingan manual untuk batas plastis.

### 2.7.1 Parameter Batas-Batas *Atteberg*

Batas cair (*Liquid Limit/LL*)

Batas cair (LL) adalah keadaan dimana kadar air tanah pada kondisi tanah mulai berubah dari keadaan plastis menjadi cair atau sebaliknya yaitu batas antara keadaan cair dan keadaan plastis atau juga batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji casagrande, kemudian dihubungkan kadar air dan jumlah pukulan yang didapatkan dari hasil pengujian menggunakan alat Casagrande digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan.

Batas Plastis (*Plastic Limit/PL*)

Batas plastis adalah kadar air minimum di mana tanah masih dapat digulung membentuk silinder dengan diameter 3,2 mm tanpa retak. Ketika tanah mulai retak saat digulung, kadar air saat itu ditetapkan sebagai batas plastis.

Batas Susut (*Shrinkage Limit/SL*)

Batas susut adalah kadar air di mana penurunan kadar air lebih lanjut tidak menyebabkan penurunan volume tanah. Pengujian dilakukan dengan mengamati perubahan volume tanah yang dikeringkan dalam cawan logam. Indeks

### Plastisitas (*Plasticity Index/PI*)

Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair dan batas plastis ( $PI = LL - PL$ ). Nilai ini menunjukkan rentang kadar air di mana tanah bersifat plastis. Semakin tinggi PI, semakin plastis tanah tersebut.



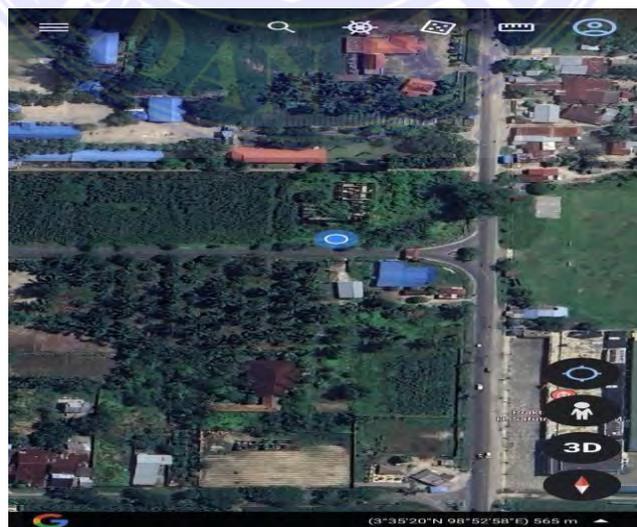
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Gambaran Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada di kawasan Jalan Pantai Labu, Kecamatan Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Daerah ini memiliki area perkebunan seluas kurang lebih 10 hektare, dengan kondisi geoteknik yang bervariasi. Sebagian wilayah tersebut memiliki lapisan tanah lempung yang berada sekitar 10 meter di bawah muka air tanah. Namun demikian, distribusi jenis tanah tidak seragam di seluruh area. Beberapa titik dominan memiliki tanah gambut dan sebagian lainnya berupa tanah berpasir. Variasi ini menjadi penting untuk dipertimbangkan dalam karakterisasi dan analisis laboratorium.

### 3.2 Lokasi Penelitian dan Teknik Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan perkebunan yang berada di Kecamatan Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, dan pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Medan Area.



Gambar 5. Lokasi Penelitian (*Google Earth*, 2023)

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada beberapa titik representatif di lokasi tersebut. Jenis sampel yang diambil adalah undisturbed soil, yaitu sampel tanah yang tidak mengganggu strukturnya dan masih dalam kondisi alami. Pengambilan dilakukan menggunakan tabung silinder sepanjang 40 cm untuk mempertahankan integritas struktur tanah selama proses ekstraksi.

Sampel tanah ini kemudian digunakan untuk pengujian karakteristik fisis dan plastis, seperti kadar air, berat jenis, serta batas-batas Atterberg. Proses pencampuran bahan stabilisasi dilakukan saat tanah berada dalam kondisi kering. Setelah itu, bahan stabilisasi (abu sekam padi) dicampurkan secara merata sebelum ditambahkan air dengan kadar yang telah disesuaikan berdasarkan komposisi campuran yang direncanakan.

### **3.3 Metode Pengumpulan Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan ke dalam dua jenis:

1. **Data Primer**

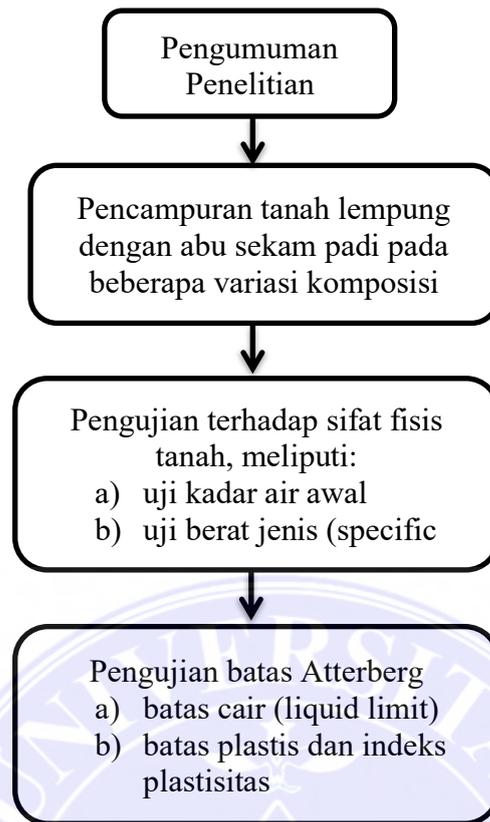
Merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah yang distabilisasi menggunakan abu sekam padi.

2. **Data Sekunder**

Berupa data pendukung yang diperoleh dari literatur seperti buku referensi, jurnal ilmiah, laporan penelitian sebelumnya, dan sumber-sumber terpercaya lainnya yang relevan dengan topik stabilisasi tanah.

### **3.4 Kerangka Berpikir Penelitian**

Untuk memberikan gambaran sistematis mengenai proses penelitian, disusun alur kerja penelitian dalam bentuk bagan alir berikut.



Gambar 6. Gambar Alir Pelaksanaan Penelitian (Peneliti, 2023)

### 3.5 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium, yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh bahan stabilisasi terhadap karakteristik tanah lempung. Melalui metode ini, dilakukan serangkaian uji terhadap tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan abu sekam padi untuk membandingkan perubahan karakteristik teknisnya.

Eksperimen dilakukan dengan pendekatan kuantitatif, di mana setiap variasi campuran diuji secara sistematis untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara penambahan abu sekam padi dan sifat-sifat tanah, seperti plastisitas dan kekuatan.

#### 3.5.1 Pengujian Terhadap Tanah Asli

Pengujian terhadap tanah dalam kondisi asli bertujuan untuk mengetahui sifat

dasar tanah sebelum distabilisasi. Pengujian yang dilakukan meliputi:

- a. Uji kadar air (water content test)
- b. Uji berat jenis (specific gravity test)
- c. Uji batas-batas Atterberg (batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas)

### 3.5.2 Penelitian Terhadap Tanah yang Distabilisasi

Setelah pencampuran tanah dengan abu sekam padi pada komposisi tertentu, dilakukan pengujian lanjutan untuk mengevaluasi perubahan sifat plastisitas. Pengujian difokuskan pada parameter-parameter batas Atterberg guna menilai efektifitas stabilisasi yang terjadi.

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan melalui serangkaian pengujian laboratorium untuk menentukan sifat fisik tanah dan karakteristik konsistensinya berdasarkan batas-batas Atterberg. Adapun metode pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian Sifat Fisis Tanah
  - a. Pengujian Kadar Air (ASTM D 2216 – 71)

- 1) Tujuan

Menentukan kadar air tanah, yaitu perbandingan antara berat air dengan berat kering tanah.

Alat dan Bahan :

- a) Cawan
- b) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- c) Oven (105-110<sup>0</sup>C)
- d) Desikator
- e) sampel tanah basah (disturbed dan undisturbed)

### 2) Benda Uji dan Neraca

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Tabel 3. Ketentuan Benda Uji dengan Neraca yang Ditimbang

Ukuran Butir	Berat Benda Uji		Ketelitian Neraca
	Maksimum	Minimum	
¾"	1000 gram	1 gram	
#10	100 gram	0,1 gram	
#40	10 gram	0,01 gram	

### 3) Prosedur Pengujian

1. Cawan ditimbang dalam keadaan kosong dan bersih (W1).
2. Masukkan tanah ke dalam cawan dan timbang kembali (W2).
3. Oven tanah selama 16–20 jam pada suhu 105–110 °C.
4. Setelah didinginkan dalam desikator, timbang kembali cawan (W3).
5. Hitung kadar air dari perbedaan berat.

#### b. Pengujian Berat Jenis Tanah (ASTM D 854 – 2)

##### 1) Tujuan Pengujian

Menentukan berat jenis tanah, yaitu perbandingan berat butiran tanah terhadap berat air destilasi dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

##### 2) Alat dan Bahan

1. Piknometer (25–50 ml)
2. Timbangan (ketelitian 0,01 gram)
3. Air destilasi bebas udara
4. Oven, desikator, termometer
5. Cawan porselen dan pestle
6. Kompor pemanas
7. Saringan no. 10
8. Sampel tanah kering oven lolos saringan no. 10

3) Persedur Pengujian

1. Timbang piknometer kosong (W1).
2. Masukkan sampel tanah ke dalam piknometer, timbang (W2).
3. Tambahkan air destilasi, diamkan  $\pm 10$  menit.
4. Keluarkan udara dengan pompa vakum atau perebusan.
5. Tambahkan air hingga penuh, timbang (W3), catat suhu air (T).
6. Kosongkan piknometer, isi air hingga penuh, timbang (W4).

2. Pengujian Batas-batas Atterberg

a. Pengujian Batas Cair (ASTM D 423 – 66)

1) Tujuan Pengujian

Menentukan kadar air saat tanah berubah dari kondisi plastis ke cair. Alat

2) Alat dan Bahan

1. Alat Casagrande
2. Grooving tool
3. Cawan porselen
4. Spatel
5. Saringan no. 40
6. Air destilasi
7. Alat pengujian kadar air

3) Prosedur Pengujian

1. Tanah diaduk dengan air hingga homogen.
2. Dimasukkan ke mangkuk Casagrande, diratakan dan dibelah dengan grooving tool.
3. Putar alat dengan kecepatan 2 putaran/detik sampai celah menutup

sepanjang 12,7 mm.

4. Catat jumlah ketukan.
5. Ambil sampel untuk uji kadar air.
6. Ulangi 4–5 kali dengan variasi kadar air antara 15–40 ketukan.

b. Pengujian Batas Plastis dan Indeks Plastisitas (ASTM D 424 – 74)

1) Tujuan Pengujian

Menentukan kadar air saat tanah berubah dari plastis ke semi-padat (batas plastis), serta menghitung indeks plastisitas ( $PI = LL - PL$ ).

2) Alat dan Bahan

1. Plat kaca
2. Spatula
3. Wash bottle
4. Cawan porselen
5. Alat pengujian kadar air
6. Sampel tanah  $\pm 15$ –20 gram dari sisa uji batas cair

3) Prosedur Pengujian

1. Bentuk bola tanah diameter  $\pm 1$  cm.
2. Gulingkan di atas plat kaca hingga diameter 3 mm dan mulai retak.
3. Ambil tanah  $\pm 10$  gram dan uji kadar air.

### 3.7 Analisis Data Laboratorium

Setelah seluruh proses pengujian laboratorium terhadap sampel tanah asli maupun sampel tanah yang telah dicampur dengan abu sekam padi diselesaikan, tahap selanjutnya adalah analisis data. Data hasil pengujian sifat fisis tanah dikompilasi secara sistematis, kemudian dianalisis untuk mengevaluasi

perubahan karakteristik teknis tanah akibat penambahan bahan stabilisasi.

Analisis dilakukan terhadap hasil uji batas Atterberg, yang meliputi nilai batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan indeks plastisitas (*plasticity index*). Nilai-nilai ini akan dibandingkan antara kondisi tanah asli dengan tanah yang distabilisasi menggunakan abu sekam padi pada tiga variasi kadar campuran, yaitu 0%, 3%, dan 9%.

Seluruh hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, yang menggambarkan hubungan antara kadar abu sekam padi dan perubahan parameter plastisitas tanah. Visualisasi data ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai tren dan pengaruh dari penambahan bahan stabilisasi terhadap perilaku plastisitas tanah lempung.

Penjelasan deskriptif akan menyertai grafik dan tabel, guna menginterpretasikan data secara kuantitatif maupun kualitatif. Interpretasi ini penting untuk menarik kesimpulan mengenai efektivitas abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi dalam menurunkan plastisitas tanah dan meningkatkan stabilitas tanah lempung pada lokasi penelitian.

## **BAB V** **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada sampel tanah dari Jalan Pantai Labu, Emplasmen Kuala Namu, Kecamatan Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, dengan variasi penambahan abu sekam padi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan abu sekam padi pada tanah tersebut dapat menurunkan nilai batas cair (liquid limit). Batas cair tanah asli sebesar 59,62%, menurun menjadi 56,65% dengan penambahan 3% abu sekam padi, dan menjadi 45,28% pada penambahan 9% abu sekam padi. Penurunan ini terjadi karena proses sedimentasi dan pengerasan (sementasi) pada tanah, yang mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air.
2. Penambahan abu sekam padi juga terbukti dapat meningkatkan nilai batas plastis (plastic limit). Nilai batas plastis awal sebesar 29,73%, meningkat menjadi 31,47% pada campuran 3% abu sekam padi, dan 38,08% pada campuran 9%. Kenaikan ini disebabkan oleh reaksi kimia yang terjadi, seperti flokulasi dan pengikatan partikel tanah, yang menyebabkan terbentuknya butiran tanah berukuran lebih besar dan mengurangi sensitivitas terhadap air.
3. Seiring dengan meningkatnya batas plastis dan menurunnya batas cair, maka nilai indeks plastisitas tanah mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa sifat kohesif tanah menjadi berkurang, sehingga tanah menjadi lebih stabil terhadap perubahan kadar air.

## 5.2. Saran

Untuk memperoleh hasil pengujian yang lebih akurat dan dapat diandalkan, disarankan agar setiap tahap pengujian di laboratorium dilakukan dengan lebih teliti dan cermat. Kesalahan kecil dalam pengambilan data, pencampuran bahan, atau penimbangan dapat mempengaruhi keakuratan hasil dan memperpanjang waktu pengerjaan. Oleh karena itu, kehati-hatian dan ketepatan prosedur sangat diperlukan dalam pelaksanaan uji laboratorium tanah.



## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (ASTM) D 422-72. (2007). *Standard Method for Particle-Size Analysis of Soil*.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D 423-66. (1972). *Standard Test Method of Test for Liquid Limit of Soil*.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D 424-74. (1971). *Standard Test Method of Test for Plastic Limit of Soil*.
- Ajie S, Norseta dan Respati, Rida ,(2018). *Stabilisasi Tanah Gambut Palangka Raya Dengan Bahan Campuran Tanah Non Organik Dan Kapur*. MEDIA ILMIAH TEKNIK SIPIL, Vol. 6, No. 2, Juni 2018, Dosen Program Studi Teknik Sipil UM Palangkaraya.
- Hardiyatmo, H.C, (2010), *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2012). *Mekanika Tanah I. Edisi. Ke-6*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2007). *Mekanika Tanah II. Edisi. Ke-4*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2010). *Mekanika Tanah II. Edisi. Ke-5*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Ingles dan Metcalf., 1972, *Soil Stabilization Principle and Practice Butter Worths*, Sydney, Melbourne, Brisbane.
- Jatmiko, Rudy. 2014. A Study Of Sandly Soil Support Which Is Stabilized Using Tx-300 Reviewed From Cbr Value. Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Ratmini, S. 2012. Karakteristik dan Pengolahan Lahan Gambut untuk

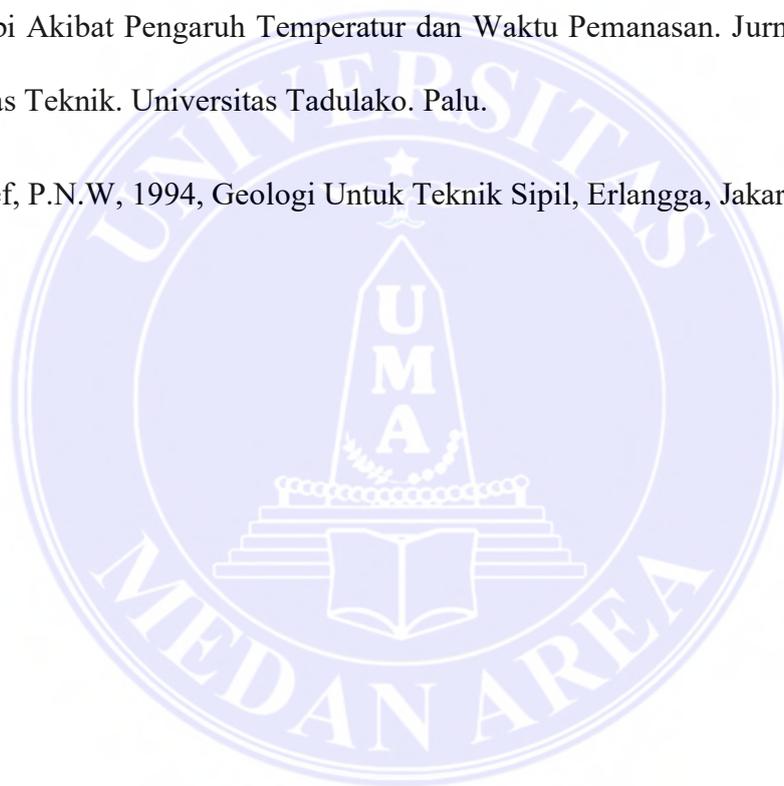
Pengembangan Pertanian. Jurnal Lahan Suboptimal. 1(2) :197-206

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

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

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

Verhoef, P.N.W, 1994, Geologi Untuk Teknik Sipil, Erlangga, Jakarta.



## LAMPIRAN



Lampiran 1. Sampel Tanah Setelah Dioven



Lampiran 2. Pengujian Kadar Air Tanah



Lampiran 3. Pengujian Kadar Air Tanah



Lampiran 4. Pengujian Batas Cair



Lampiran 5. Pengujian Batas Plastis



Lampiran 6. Sampel Varian Benda Uji