

# **PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI TERHADAP MODULUS ELASTISITAS TANAH LEMPUNG**

## **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Syarat Dalam Sidang Sarjana  
Universitas Medan Area

**OLEH :**

**KHOLIL MUHAMMAD RIZKY**

**168110076**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2021**

**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 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENURUNAN MODULUS ELASTISITAS TANAH LEMPUNG**  
**YANG DICAMPUR DENGAN ABU SEKAM PADI**  
**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana (S1) Pada Program Studi Teknik Sipil

Oleh :

**KHOLIL MUHAMMAD RIZKY**

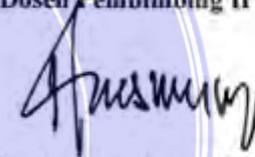
168110076

Disetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

2  
  
Ir. Kamaluddin Lubis, MT

  
Ir. Amsuardiman, MT

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Plt. Program Studi

  
Dr. Ir. Dinar Maizana, MT

  
Susanto, S.Kom, M.Kom

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kholil Muhammad Rizky

Npm : 168110076

Judul : PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI TERHADAP  
MODULUS ELASTISITAS TANAH LEMPUNG

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

Medan, 27 September 2021



Kholil Muhammad Rizky  
168110076

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

---

Sebagai sivitas akademik universitas medan area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kholil Muhammad Rizky  
NPM : 168110076  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demu pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk menyerahkan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*non-exclusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI TERHADAP MODULUS  
ELASTISITAS TANAH LEMPUNG**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir/Skripsi/Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Dibuat Di : Medan  
Pada Tanggal : 27 September 2021  
Yang Menyatakan

  
Kholil Muhammad Rizky

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya, Yang Maha Menguasai dan Maha Menggerakkan Hati serta anggota tubuh setiap makhluknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini dan tidak lupa shalawat serta salam penulis panjatkan kepada junjunan Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan untuk segenap umatnya dan kita harapkan syafa'atnya di akhirat kelak.

Tulisan ini dibuat sebagai Skripsi untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area. Adapun judul Skripsi ini adalah **“PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI TERHADAP MODULUS ELASTISITAS TANAH LEMPUNG ”**

Selesainya penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. DR. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Dina Meizana, M.T , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S.Kom.,M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T, selaku Pembimbing I pada penyusunan Skripsi ini.
5. Bapak Ir. Amsuardiman, M.T, selaku Pembimbing II pada penyusunan Skripsi ini.

6. Kedua orang tua penulis dan serta saudara/i kandung yang telah memberikan dukungan, bantuan moril maupun materil, semangat dan yang selalu mendo'akan penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam pembuatan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dalam penelitian selanjutnya. Penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan penulis pada khususnya. Saya akhiri dengan wabillahi taufiq walhidayah wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.



Medan, 27 September 2021

Kholil Muhammad Rizky  
168110076

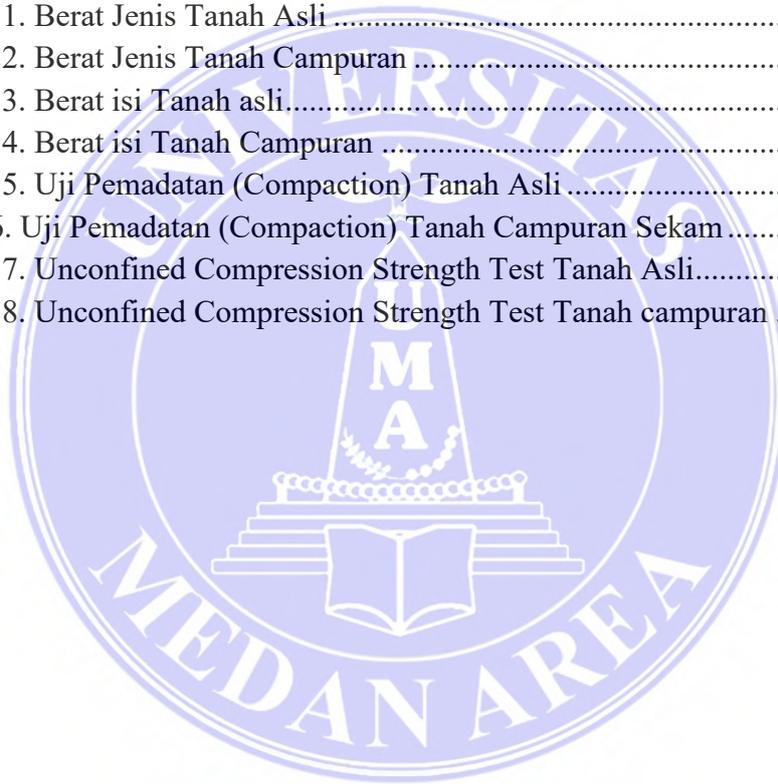
## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAANi</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Umum .....	5
2.2 Abu Sekam Padi .....	5
2.3 Sistem Klasifikasi Tanah .....	7
2.3.1 Sistem klasifikasi unified.....	9
2.3.2 sistem klasifikasi AASHTO.....	11
2.4 Sifat Fisik Tanah .....	14
2.4.1 Hubungn Antara Butiran, Air Dan Udara Dalam Tanah....	15
2.4.2 Berat Spesifik (Specific Gravity, G <sub>s</sub> ).....	20
2.4.3 Konsistensi Tanah .....	21
2.4.4 Pemeriksaan Berat Jenis Tanah (Specific Gravity).....	23
2.4.5 Berat Isi Tanah (Bulk Density) .....	24
2.4.6 Kadar Air Tanah.....	24
2.5 Modulus Elastisitas .....	25
2.6. Pemadatan Tanah .....	25
2.6.1 Uji Pemadatan (Compaction) .....	27
2.7 Unconfined Compression Test .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Lokasi Dan Peta Penelitian .....	31
3.2 Metode Penelitian .....	32
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	33
3.4 Skema Tahapan Penelitian .....	34
<b>BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Pengujian Tanah di Laboratorium.....	35
4.2 Hasil Perhitungan Sifat Fisis Tanah.....	35

4.2.1 Analisa Saringan .....	35
4.2.2 Uji Batas Atterberg .....	36
4.2.3 Kadar Air Tanah.....	39
4.2.4 Berat Jenis Tanah (SNI 1998-2008).....	40
4.2.5 Berat Isi Tanah .....	41
4.3 Hasil Perhitungan Sifat Mekanis Tanah.....	42
4.3.1 Uji Pemadatan ( <i>Compaction</i> ).....	42
4.3.2 Unconfined Compression Strength Test .....	45
4.3.3 Modulus Elastisitas .....	48
4.4 Pembahasan.....	49
4.4.1 Karakteristik Sifat Fisik Tanah .....	49
4.4.1.1 Kadar Air .....	49
4.4.1.2 Berat Jenis Tanah .....	49
4.4.1.3 Berat Isi Tanah .....	50
4.4.1.4 Pengujian Analisa Saringan .....	50
4.4.1.5 Pengujian Batas-Batas Atterberg .....	50
4.4.2 Karakteristik Sifat Mekanis Tanah .....	51
4.4.2.1 Kompaksi (Uji Pemadatan).....	51
4.4.2.2 Modulus Elastisitas Tanah .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Unsur- unsur yang terkandung dalam abu sekam padi .....	7
Tabel 2. Sistem Klasifikasi <i>Unifed</i> .....	11
Tabel 3. Sistem Klasifikasi AASHTO .....	14
Tabel 4. Standar pengujian sifat fisik tanah .....	15
Tabel 5. Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting .....	21
Tabel 6. Analisa saringan sampel tanah .....	35
Tabel 7. Uji Batas Atterberg Tanah Asli .....	37
Tabel 8. Uji Batas Atterberg Campuran Sekam .....	38
Tabel 9. Kadar Air Tanah Asli .....	39
Tabel 10. Kadar Air Tanah Campuran Sekam .....	39
Tabel 11. Berat Jenis Tanah Asli .....	40
Tabel 12. Berat Jenis Tanah Campuran .....	40
Tabel 13. Berat isi Tanah asli .....	41
Tabel 14. Berat isi Tanah Campuran .....	42
Tabel 15. Uji Pemadatan (Compaction) Tanah Asli .....	43
Tbel 16. Uji Pemadatan (Compaction) Tanah Campuran Sekam .....	44
Tabel 17. Unconfined Compression Strength Test Tanah Asli .....	46
Tabel 18. Unconfined Compression Strength Test Tanah campuran .....	47



## DAFTAR GAMBAR

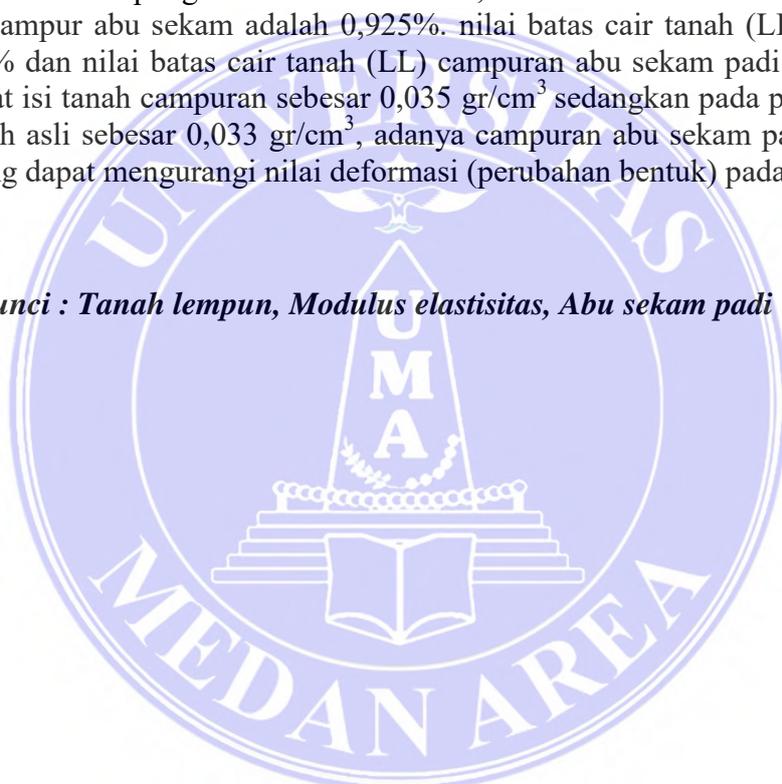
Gambar 1. (a) Elemen Tanah Dalam Keadaan Asli (b) Tiga Fase Elemen Tanah .....	16
Gambar 2. Batas-batas Atterberg .....	22
Gambar 3. Grafik Berat Satuan Kering Terhadap Kadar Air.....	26
Gambar 4. Hubungan Stress-Strain Untuk Material Elatis .....	29
Gambar 5. Lokasi Penelitian Laboratorium .....	31
Gambar 6. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah .....	31
Gambar 7. Bagan Alir Penelitian .....	34
Gambar 8. Grafik Lolos Saringan Sampel Tanah .....	36



## ABSTRAK

Seperti yang diketahui bahwa Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga hanya mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Hal tersebut mempengaruhi kondisi tanah dalam hal ini mengalami pembasahan dan pengeringan akibat kejadian tersebut dan tentunya juga berpengaruh pada perubahan nilai modulus elastisitas yang pada penelitian ini menjadi tinjauan utamanya. Maksud dari penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah untuk menganalisa sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dicampur dengan abu sekam padi dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui nilai modulus elastisitas tanah yang dicampur dengan abu sekam padi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Nilai kadar air dari sampel tanah lempung asli adalah sebesar 0,654% dan nilai dari kadar air sampel tanah campur abu sekam adalah 0,925%. Nilai batas cair tanah (LL) asli sebesar 50,12 % dan nilai batas cair tanah (LL) campuran abu sekam padi sebesar 50,49 %. Berat isi tanah campuran sebesar  $0,035 \text{ gr/cm}^3$  sedangkan pada pengujian berat isi tanah asli sebesar  $0,033 \text{ gr/cm}^3$ , adanya campuran abu sekam padi pada tanah lempung dapat mengurangi nilai deformasi (perubahan bentuk) pada tanah asli.

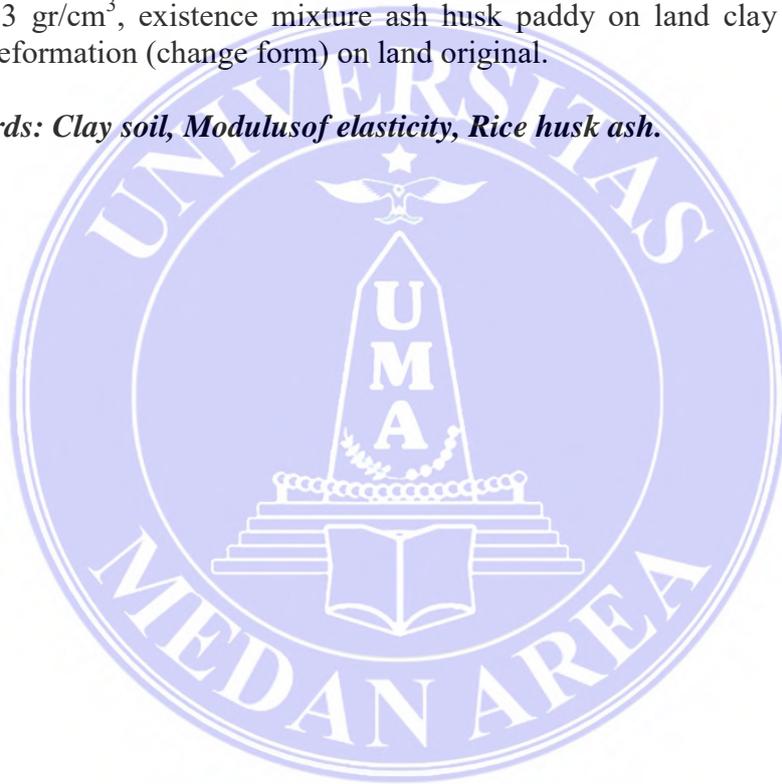
**Kata kunci :** Tanah lempun, Modulus elastisitas, Abu sekam padi



## ABSTRACT

As which is known that Indonesian is country climate tropical. So that only have two season that is season rain and season drought. Thing the influence condition land in this matter experience wetting and drying consequence incident the and naturally also take effect on change Score modulus elasticity which on study is become review the main. Many strome study which done in essay this Is for analyze traits physical and mechanical land which in mix with ash husk paddy and aim from writing essay this is for knowing score modulus elasticity land which mixed with a hust h paddy. Method which used study this is method experiment, that is method which done with stage activity test for get data. Score rate water from sampel land clay original is as big as 0,654% and score from. Rate water sampel land mix ash husk paddy is 0,925%. Score limit licuiq land (LL) original as big ash 0,035gr/cm<sup>3</sup>. Wheares on testing heavy contens land original as big as 0,033 gr/cm<sup>3</sup>, existence mixture ash husk paddy on land clay cound reduce score deformation (change form) on land original.

**Keywords:** *Clay soil, Modulusof elasticity, Rice husk ash.*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Seperti yang diketahui bahwa Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga hanya mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Hal tersebut mempengaruhi kondisi tanah dalam hal ini mengalami pembasahan dan pengeringan akibat kejadian tersebut dan tentunya juga berpengaruh pada perubahan nilai modulus elastisitas yang pada penelitian ini menjadi tinjauan utamanya (A.M Halim. 2017).

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Oleh sebab itu setiap akan dilakukan pekerjaan sipil perlu dilakukan kajian mengenai karakteristik tanah pada lokasi tersebut, sehingga apabila tanah dalam kondisi kurang baik maka perlu dilakukan perbaikan dengan cara stabilisasi supaya tanah menjadi baik.

Abu sekam padi merupakan bahan hasil sampingan dari produk pertanian, yang dinilai hanyalah limbah, akan tetapi sekam yang dinilai hanya limbah tersebut bila dibakar memiliki sifat pozzolan yang mempunyai unsur silikat tinggi, rata-rata  $\text{SiO}_2$  yaitu 91,72% dengan pozzolanic activity index sebesar 87% Pozzolan ini mengandung sifat sementasi jika bercampur dengan air (Mutohar, Y., 2002).

Analisis geoteknik untuk mengetahui hubungan tegangan regangan yang terjadi pada tanah akibat pembebanan membutuhkan data modulus elastisitas. Di bidang rekayasa sipil, modulus elastisitas biasa digunakan pada desain

struktur pondasi, stabilitas lereng, analisis penurunan bangunan, perkerasan jalan, dan lain-lain. Semakin besar modulus elastisitas tanah maka semakin kecil regangan yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas lapisan tanah. Modulus elastisitas tanah dapat diprediksi menggunakan uji laboratorium maupun pengujian in-situ di lapangan namun prosedur pelaksanaannya cukup rumit dan relatif mahal terlebih untuk pengujian dengan banyak sampel.

Menurut (Bowles, 1997) ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan modulus elastisitas tanah dari pengujian laboratorium seperti *unconfined compression tests* dan *triaxial compression tests*. Selain itu, modulus elastisitas juga dapat diperoleh dari pengujian insitu di lapangan seperti *standart penetration test*, *cone penetration test*, *pressuremeter*, *flat dilatometer*, dan *plate-load*. Oleh karena itu sebelum melakukan pengujian *Unconfined Compression Test*, diperlukan pengujian - pengujian tanah lainnya, antara lain pengujian kadar air, berat jenis tanah, berat isi tanah, analisa saringan, uji batas Atterbag dan pengujian kadar air optimum.

## 1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam Penelitian penurunan elastisitas tanah lempung yang dicampur dengan abu sekam padi yaitu :

1. Bagaimana menganalisa sifat konsistensi tanah setelah diberi campuran abu sekam padi sebanyak 15% ?
2. Bagaimanakah pengaruh dan manfaat abu sekam padi yang tercampur dengan tanah lempung terhadap nilai indeks plastisitas tanah?

3. Bagaimanakah perbandingan nilai sifat fisis tanah yang tercampur dengan abu sekam padi dengan sifat fisis tanah asli?
4. Bagaimana menganalisa sifat fisis tanah setelah pencampuran tanah dengan menggunakan abu sekam padi?

### 1.3 Pembatasan Masalah

Untuk memperkecil lingkup pembahasan, maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar pokok permasalahan tidak meluas dan terfokus pada masalah utama yang akan diteliti.

Adapun Batasan masalah yang dibuat dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa sampel tanah lempung lunak yang diambil di Brastagi, dan abu sekam padi yang bersumber dari petani daerah Lubuk Pakam.
2. Penelitian ini dilakukan pada skala Laboratorium Politeknik Medan, bukan pada skala lapangan.
3. Penelitian hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis tanah, tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut.
4. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dianalisis ialah:  
Pengujian berat jenis, Pengujian kadar air, Pengujian batas-batas atterberg, Pengujian analisa saringan, Pengujian pemadatan (kompaksi) dan Pengujian kuat tekan bebas.

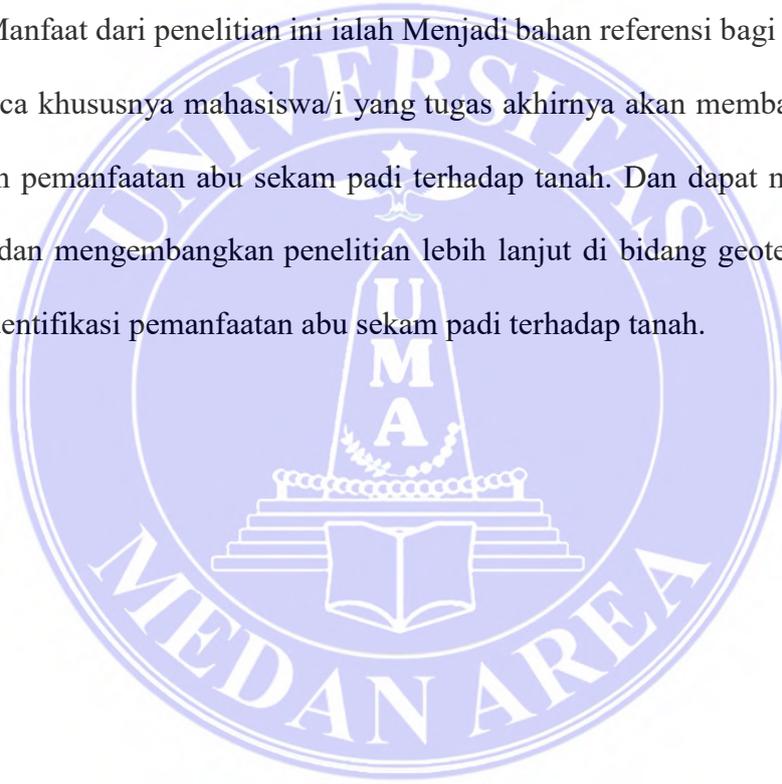
#### **1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Adapun maksud dari penelitian ini adalah Mengidentifikasi sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dicampur dengan abu sekam padi terhadap nilai modulus elastisitas tanah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui manfaat campuran abu sekam padi pada tanah terhadap nilai modulus elastisitas tanah.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini ialah Menjadi bahan referensi bagi siapapun yang membaca khususnya mahasiswa/i yang tugas akhirnya akan membahas mengenai masalah pemanfaatan abu sekam padi terhadap tanah. Dan dapat menambah wawasan dan mengembangkan penelitian lebih lanjut di bidang geoteknik terutama mengidentifikasi pemanfaatan abu sekam padi terhadap tanah.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 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 diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Jadi seorang ahli teknik sipil harus juga mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain. Ilmu mekanika tanah (*soil mechanics*) adalah cabang dari ilmu pengetahuan yang mempelajari sifat-sifat fisik dari tanah dan kelakuan massa tanah tersebut bila menerima bermacam-macam gaya. Ilmu rekayasa tanah (*soil Engineering*) merupakan aplikasi dari prinsip-prinsip mekanika tanah dalam problema-problema praktisnya (M. Das Brajas 2015).

#### 2.2 Abu Sekam Padi

Beberapa penelitian saat ini mencoba untuk menambah stabilitas dan kekuatan fisik tanah dengan menggunakan bahan-bahan alternative lainnya atau bahan-bahan yang sudah tidak terpakai dan dibuang oleh industry ataupun dari sector pertanian seperti *fly ash* (abu terbang), *silica fume*, terak tanur tinggi dll. Bahan-bahan yang sudah tidak terpakai dalam bidang pertanian dan biasanya hanya

dibuang saja tanpa dimanfaatkan seperti sekam padi, ampas tebu dll. Bahan-bahan ini jika akan digunakan sebagai material pengganti semen harus mempunyai sifat-sifat pozolan serta mempunyai kandungan Silika (Si) dan Alumunium (Al) yang tinggi. Material pengganti semen yang digunakan dalam pembuatan beton jika tidak memerlukan proses tambahan dapat mengurangi emisi karbondioksida di atmosfer (Aprianti, et al., 2015). Sekam padi banyak ditemukan di negara-negara penghasil padi seperti Indonesia, Malaysia, Thailand dll. Abu sekam padi diperoleh dari pembakaran kulit padi. Warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai hitam, warna ini tergantung dari sumber sekam padi dan suhu pembakaran. Jumlah sekam padi yang dihasilkan sekitar 20% - 33% dari berat padi dan tiap tahunnya dihasilkan sekitar 137 juta ton (Lim, et al., 2012). Abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen yaitu bahan tambah untuk konstruksi dengan tujuan meningkatkan nilai tambah dalam pembuatan beton yang mempunyai sifat-sifat yang lebih bagus (Xu, et al., 2012). Produksi bahan semen dari abu sekam padi sudah direkomendasikan untuk negara-negara berkembang karena hal ini dapat mengurangi masalah yang diakibatkan oleh sekam padi sebagai bahan sisa dari lahan pertanian (Ajiwe, et al., 2000 ; Xu, et al., 2012). Ada beberapa macam bahan stabilisator yang bisa digunakan dalam proses stabilitas tanah ini yang bermaksud untuk memperkuat tanah diantaranya adalah dapat berupa fly ash, semen, kapur, abu sekam padi, paasir dan lain-lainnya. Untuk penelitian ini tentang stabilitas tanah dengan bahan campuran yang akan digunakan adalah abu sekam padi.

Widhiarto dkk (2015) menyatakan bahwa abu sekampadibanyak mengandung silika dan material pozzolan karena mengandung unsur kapur bebas yang

dapat mengeras dengan sendirinya, disamping mengandung unsur aluminium dioksides yang keduanya merupakan unsur-unsur yang mudah bereaksi dengan kapur. Menurut Balai Besar Institut Kimia (1982, dalam Widhiarto dkk., 2015), unsur-unsur kimia yang terkandung pada abu sekam padi disajikan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Unsur-Unsur yang Terkandung dalam Abu Sekam Padi

Unsur	Kandungan (%)
SiO <sub>2</sub>	21,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,8
CaO	62,8
MgO	3,2
SO <sub>4</sub>	2,1
CaO bebas	1,2
Na <sub>2</sub> O	0,41
K <sub>2</sub> O	0,24

*Sumber:* Balai Besar Institut Kimia, 1982, dalam Widhiarto dkk., 2015

### 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara mudah sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang rinci. Sebagian besar system klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastisitas.

Secara garis besar, tanah dibedakan menjadi dua golongan utama, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Penggolongan ini didasarkan atas ukuran butirannya. Yang termasuk tanah berbutir halus adalah ta-

nah lempung dan lanau, sedangkan yang berukuran besar dari lanau digolongkan sebagai tanah berbutir kasar. Pada tanah berbutir kasar, pembagian lebih ditailnya didasarkan pada ukuran seperti pasir halus, sedang dan kasar.

Selain itu, berdasarkan keragaman gradasinya, dapat digolongkan menjadi bergradasi seragam (*poor-graded*), gradasi berlobang dan bergradasi baik/lengkap (*well-graded*). Tanah dengan gradasi yang lengkap umumnya mempunyai tahanan geser yang baik dibanding dengan tanah bergradasi seragam. Hal ini dikarenakan pada gradasi yang lengkap, partikel tanah saling mengisi rongga dan saling mengunci hingga mempunyai kontak antar butir yang lebih banyak dan baik. Selain itu, tanah dapat pula digolongkan tanah menjadi dua bagian berdasarkan sifat kerekatannya, yaitu tanah kohesif (lempung) dan tanah non-kohesif. Pada penggolongan ini, tanah kohesif masih digolongkan berdasarkan kesensitivannya terhadap gangguan dari luar. Tanah yang mempunyai perubahan perilaku yang lebih mencolok dengan adanya gangguan, dikatakan lebih sensitif dan sebaliknya. Selain itu, mengingat tanah lempung mempunyai perilaku yang sangat terpengaruh dengan air, maka khusus untuk tanah ini, penggolongannya didasarkan pada perilakunya terhadap air. Untuk keperluan tersebut, maka kadar air yang ada di dalam sampel lempung, dijadikan patokan untuk mengklasifikasikannya.

Kandungan organik dalam tanah juga sebagai salah satu hal yang dijadikan alternatif untuk menggolongkan tanah. Kandungan organik yang ada di dalam tanah, dinyatakan dalam persentase berdasarkan berat (seperti halnya kandungan air). Walaupun warna dan bau tanah organik cukup mencolok untuk dibedakan, tetapi hal tersebut tidak menjadi patokan dalam mengidentifikasi kandungan orga-

nik dalam tanah. Kandungan organik dalam tanah dinyatakan dalam dua golongan utama yaitu banyak/tinggi (Organic High-OH) dan sedikit/rendah (Organic Low-OL).

### 2.3.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem klasifikasi *unified* pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engginer* selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, system ini disempurnakan. Pada masa kini, system klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik.

Sistem klasifikasi *unified* mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar ( *coarse - grained - soil* ), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil ( *gravel* ) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir ( *sand* ) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus ( *fine - grained - soil* ), yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200 Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau ( *Silt* ) anorganik, C untuk lempung ( *clay* ) anorganik, dan O untuk lanau - organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut ( *peat* ), muck dan tanah - tanah lain dengan kadar organik tinggi.

Simbol – simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = *well graded* ( tanah dengan gradasi baik )

P = *poorly graded* ( tanah dengan gradasi buruk ) L = *low plasticity* ( plastisitas rendah ) (LL < 50 ) H = *high plasticity* ( plastisitas tinggi ) ( LL > 50 )

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor – faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 ( ini adalah fraksi halus )
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman ( *uniformy coefisien, Cu* ) dan koefisien gradasi ( *gradation coefficient, Cc* ) untuk tanah dimana 0 – 12 % lolos ayakan No.200
4. Batas cair ( LL) dan indeks plastisitas ( PI ) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 ( untuk tanah dimana 5 % atau lebih lolos ayakan No.200 ).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No.200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plasisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas ( Casa-grande, 1948 ) yang diberikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

Deskripsi	Simbol kelompok	Kriteria Laboratorium			
		Butiran Halus (%)	Kualitas	Plastisitas	Catatan
Berbutir kasar (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran kerikal)	Kerikal bergradasi baik, kerikal berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GW	0-5	$C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	Simbol rangkap dua jika butiran halus 5-12%. Simbol rangkap dua jika diatas garis A dan $PI < 7$
	Kerikal berlanau, kerikal berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat GW	
	Kerikal berlanau, kerikal berpasir berlanau	GM	> 12	Dibawah garis A atau $PI < 4$	
	Kerikal berlempung, kerikal berlempung berpasir	GC	> 12	Diatas garis A dan $PI > 7$	
Pasir (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran pasir)	Pasir bergradasi baik, kerikal berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SW	0-5	$C_u > 6$ $1 < C_c < 3$	Simbol rangkap dua jika diatas garis A dan $PI < 7$
	Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikal, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat SW	
	Pasir berlanau	SM	> 12	Dibawah garis A atau $PI < 4$	
	Pasir berlempung	SC	> 12	Diatas garis A dan $PI > 7$	
Berbutir halus (lebih dari 50% lebih kecil dari 63 $\mu$ m ES atau ukuran nyakan AS No.200)	Lempung dan lempung berlempung	ML	Gunakan grafik plastisitas		
	Lempung anorganik, pasir halus berlanau atau berlempung plastisitas tinggi	CL	Gunakan grafik plastisitas		
	Lempung anorganik, lempung berlanau, lempung berpasir plastisitas rendah	OL	Gunakan grafik plastisitas		
Lempung (batas cair lebih besar dari 50)	Lempung organik dan lempung berlanau organik plastisitas rendah	MH	Gunakan grafik plastisitas		
	Lempung anorganik plastisitas tinggi	CH	Gunakan grafik plastisitas		
	Lempung organik plastisitas tinggi	OH	Gunakan grafik plastisitas		
Tanah organik tinggi	PT	Gandum dan pasir berkecil organik tinggi lainnya			

Sumber: Braja M.Das 2015

### 2.3.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan dalam tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan: versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145) Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar

, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam 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. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini :

a. Ukuran Butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm ( 3 in ) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 ( 2 mm )

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan no.10 ( 2mm ) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 ( 0,075 mm ).

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticity index*, PI] sebesar 10 atau kurang.

Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih. Apabila batuan ( ukuran lebih besar dari 75 mm ) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditemukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Untuk mengevaluasi mutu ( *quality* ) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar ( *subgrade* ) dari suatu jalan raya , suatu angka yang dinamakan indeks grup ( *group indeks*, *GI* ) juga diperlukan selain kelompok dan subkelom-

pok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini :

$$GI = ( F1 - 35 ) [ 0,2 + 0,005 ( LL-40 ) ] + 0,01 ( F - 15 ) ( PI - 10 ) \dots \text{(pers.2.1)}$$

Dimana :

F = persentase butiran yang lolos ayakan No.200

LL = batas cair ( liquid limit)

PI = indeks plastisitas

Suku pertama persamaan 2.1 yaitu  $( F-35 ) [ 0,2 + 0,005 ( LL-40 ) ]$ , adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Suku yang kedua, yaitu  $0,01 ( F-15 ) ( PI-10 )$ , adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas ( PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup :

1. Apabila Persamaan 2.1 menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol.
2. Indeks grup yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dibulatkan ke angka yang paling dekat
3. Tidak ada batas atas untuk indeks grup
4. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 selalu sama dengan nol.
5. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu :  $GI = 0,01 ( F-15 ) ( PI-10 ) \dots \dots \text{(Pers.2.3)}$

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200)						Bahan-bahan halus lempung (lebih dari 35% lolos No.200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa saringan											
Persen lolos:											
No. 10	Maks.50		Maks.51								
No.40	Maks.30	Maks.50									
No.200	Maks.15	Maks.15	Maks.10	Maks.35	Maks.35	Maks.35	Maks.35	Min.36	Min.36	Min.36	Min.36
Karakteristik											
Fraksi yang lolos											
No.40											
Batas cair :				Maks.40	Maks.41	Maks.40	Maks.41	Maks.40	Maks.40	Maks.40	Maks.41
Indeks plastisitas	Maks.6	NP		Maks.10	Maks.10	Maks.11	Maks.10	Min.10	Min.10	Min.10	Min.10
Jenis umum	Fragmen batuan Kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lempungan				Tanah lanauan		Tanah lempungan	
Tingkat umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Cukup sampai buruk				

Catatan : Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5- <LL - 30, sedang  
Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5- >LL - 30

Sumber : Braja M. Das 2015

## 2.4 Sifat Fisik Tanah

Tanah merupakan material geologi yang berada pada bagian kerak bumi yang digunakan sebagai media bekerja atau untuk mendirikan bangunan di atasnya. Secara kimiawi, batuan dan tanah dapat mempunyai unsur yang sama, namun keduanya dibedakan berdasarkan sifat fisiknya. Untuk membedakan antara tanah dengan batuan yang bersifat keras dan solid, maka tanah dapat didefinisikan sebagai material geologi yang mempunyai butiran- butiran yang lepas (tidak solid) dan/atau mempunyai kekuatan tekan kurang dari 250 kg/cm<sup>2</sup>. Selanjutnya, secara lebih mikro tanah juga dibedakan menjadi tanah keras atau lunak dan padat atau lepas. Uji sifat fisik bertujuan untuk menentukan indeks properties tanah. Sifat-sifat indeks ini diperlukan untuk klasifikasi dan identifikasi jenis tanah yang digunakan. Berikut adalah standart yang dilakukan dalam pengujian sifat fisik tanah.

Properties tanah yang dimaksud pada bagian ini adalah parameter-parameter tanah yang dapat diukur atau dihitung dan digunakan untuk berbagai keperluan dalam bidang teknik sipil. Secara prinsip dapat dikatakan bahwa setiap tanah yang terdapat pada lokasi dan kondisi yang berbeda mempunyai nilai parameter yang berbeda. Dengan pengertian tersebut maka dapat diartikan berbalik, bahwa untuk membedakan atau membandingkan satu tanah dengan yang lain dapat dilakukan dengan membandingkan parameter-parameter yang dimilikinya sesuai dengan keperluan dari perbandingan tersebut.

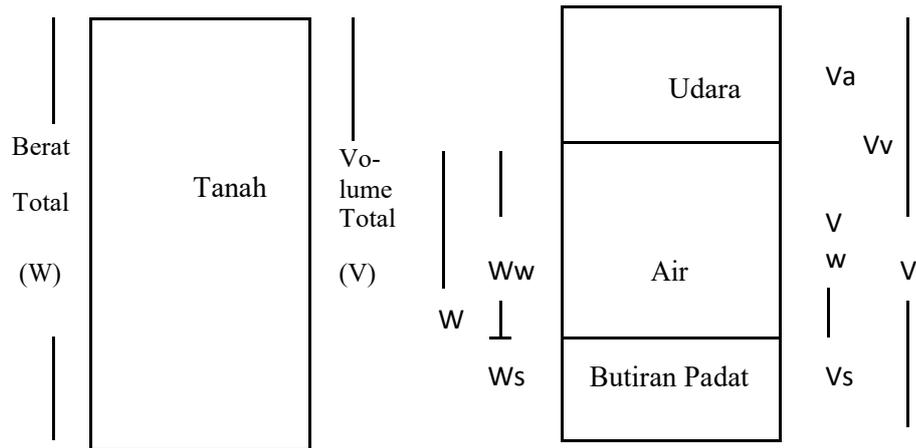
#### 2.4 Tabel Standar Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian	Standar
Pengujian Berat Jenis	SNI 1964:2008
Pengujian Kadar Air	SNI 1965:2008
Pengujian Batas-Batas Atterberg	SNI 1966:2008
Batas Plastis	SNI 1967:2008
Batas Cair	SNI 3422:2008
Batas Susut	SNI 3423:2008
Pengujian Analisa Saringan	SNI 3423:2008

Sumber : Brajas M. Das, 2015

#### 2.4.1 Hubungan Antara Butiran, Air dan Udara dalam Tanah

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda. Tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori. Tanah yang jenuh sempurna (*fully saturated*) juga terdiri dari dua fase, yaitu partikel padat dan air pori. Sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase, yaitu partikel padat, udara pori dan air pori. Komponen-komponen tanah dapat digambarkan dalam suatu diagram fase seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. (a) Elemen tanah dalam keadaan asli; (b) Tiga fase elemen tanah

Sumber: Braja M. Das, 2015

Untuk membuat hubungan volume-berat agregat tanah, tiga fase (yaitu : butiran padat, air, dan udara ) dipisahkan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1.b. Jadi, volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai :

$$V = V_s + V_u = V_s + V_w + V_a \quad \text{..... (persamaan 2. 3)}$$

Dimana :

$V_s$  = volume butiran padat

$V_u$  = volume pori

$V_w$  = volume air dalam pori

$V_a$  = Volume udara dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai :

$$W = W_s + W_w \text{..... ( persamaan 2.4 )}$$

Dimana :

$W_s$  = berat butiran padat

$W_w$  = berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori ( *void ratio* ), porositas ( *porosity* ), dan derajat kejenuhan ( *degree of saturation* ). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat.  $S =$  derajat kejenuhan. Umumnya, derajat kejenuhan dinyatakan dalam persen. Istilah yang umum dipakai untuk hubungan berat adalah kadar air ( *moisture content* ) dan berat volume ( *unit weight* ). Defenisi dari istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

- Kadar air (  $w$  ) yang juga disebut sebagai *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.
- Berat volume tanah (  $\gamma$  ) adalah berat tanah per satuan volume.
- Berat Volume Tanah Kering (  $\gamma_d$  )

Perlu diingat bahwa kondisi lapisan tanah di lapangan bervariasi. Karena itu, jumlah contoh tanah yang terlalu sedikit akan memberikan analisis data yang hasilnya meragukan. Secara umum, pengujian di laboratorium yang dilakukan untuk identifikasi tanah, adalah:

1. Angka pori ( *void ratio* )

Didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (  $V_v$  ) dengan volume butir tanah (bagian padat) (  $V_s$  ).

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

2. Porositas (  $n$  )

Menyatakan perbandingan antara volume pori (  $V_v$  ) dengan volume tanah total (  $V$  ) yang dinyatakan persen.

$$n = \frac{V_v}{V}$$

3. Derajat kejenuhan (S)

Menyatakan perbandingan antara volume air ( $V_w$ ) dengan volume rongga ( $V_v$ ).

$$S = \frac{V_w}{V_v}$$

4. Kadar air (W)

Disebut juga sebagai water content yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat air butiran padat dari volume tanah ( $W_s$ ) yang diselidiki.

$$W = \frac{W_w}{W_s}$$

5. Berat jenis tanah (G)

Menyatakan perbandingan antara berat isi butir tanah ( $\gamma_s$ ) dan berat isi air ( $\gamma_w$ ).

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

6. Berat isi air ( $\gamma_w$ )

Menyatakan perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan volume air ( $V_w$ )

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

7. Berat isi butir ( $\gamma_s$ )

Menyatakan perbandingan antara berat butiran tanah ( $W_s$ ) dengan volume butir tanah ( $V_s$ )

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

8. Berat isi tanah ( $\gamma$ )

Menunjukkan perbandingan antar berat tanah (W) dengan isi tanah (V)

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Rumus tersebut berlaku untuk berat volume basah.

9. Berat volume kering (*dry unit weight*)

Berat volume kering ( $\gamma_d$ ) adalah berat kering ( $W_s$ ) persatuan volume (V),

atau

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

Hubungan antara berat volume, berat volume kering ( $\gamma$ ), kadar air adalah sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + W}$$

10. Berat isi celup tanah ( $\gamma_{sub}$ )

Menyatakan suatu harga dari berat isi jenuh dikurangi berat isi air

$$\gamma_{sub} = \frac{\gamma_w (G - 1)}{(1 + e)}$$

11. Batas-batas konsistensi (*Atterberg Limits*) Batas-batas atterberg tergantung

pada air yang terkandung dalam massa tanah, ini dapat menunjukkan beberapa kondisi tanah, seperti : cair – kental – plastis – semi plastis – padat, perubahan dari keadaan yang satu ke keadaan lainnya sangat penting diperhatikan sifat fisiknya.

#### 2.4.2 Berat Spesifik (*Specific Gravity, G<sub>s</sub>*)

*Specific gravity* adalah salah satu parameter tanah yang sering diuji di laboratorium yang merupakan perbandingan massa butiran tanah dengan volume dari butiran tanah tersebut. Untuk menghilangkan satuannya, perbandingan berat/massa dan volume butiran tersebut dibandingkan (dibagi) dengan berat/massa satuan air pada suhu 4oC (yaitu 1 t/m<sup>3</sup> atau 9.81 kN/m<sup>3</sup>).

Specific gravity digunakan untuk menghitung angka pori dari sedimen tanah yang selanjutnya digunakan sebagai data dalam perhitungan penurunan tanah akibat beban. Kesalahan yang sering terjadi dalam pengujian specific gravity adalah diakibatkan kesulitan dalam menangani udara yang terperangkap di dalam sampel tanah, baik di dalam pori maupun di dalam partikel tanah.

Harga berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Pada Tabel 2.3 menunjukkan harga-harga berat spesifik beberapa mineral yang umum terdapat dalam tanah. Sebagian besar dari mineral-mineral tersebut mempunyai berat spesifik berkisar 2.6 sampai dengan 2.9. Berat jenis dari bagian padat tanah pasir yang berwarna terang, umumnya sebagian besar terdiri dari *quartz*, dapat diperkirakan sebesar 2.65, untuk tanah berlempung atau lanau harga tersebut berkisar antara 2.6 sampai 2.9.

Tabel 2.4 Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral Berat Jenis (Gs)	
Quartz	2.65
Kaolinite	2.6
Illite	2.8
Montmorillonite	2.65 -2.80
Halloysite	2.0 – 2.55
Potassium Feldspar	2.57
Sodium and Calcium	2.62 – 2.76
Chlorite	2.6 - 2.9
Biotite	2.8 – 3.2
Muscovite	2.76 – 3.1
Hornblende	3.0 – 3.47
Limonite	3.6 – 4.0
Olivine	3.27 – 3.37

Sumber: Braja M. Das, 2015”.

### 2.4.3 Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*absorbed water*) di sekeliling permukaan dari partikel lempung. Pada awal tahun 1900, seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan kedalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi pada, plastis dan cair. Kadar air, dinyatakan dalam persen, dimana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air dimana transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (*plastis limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (

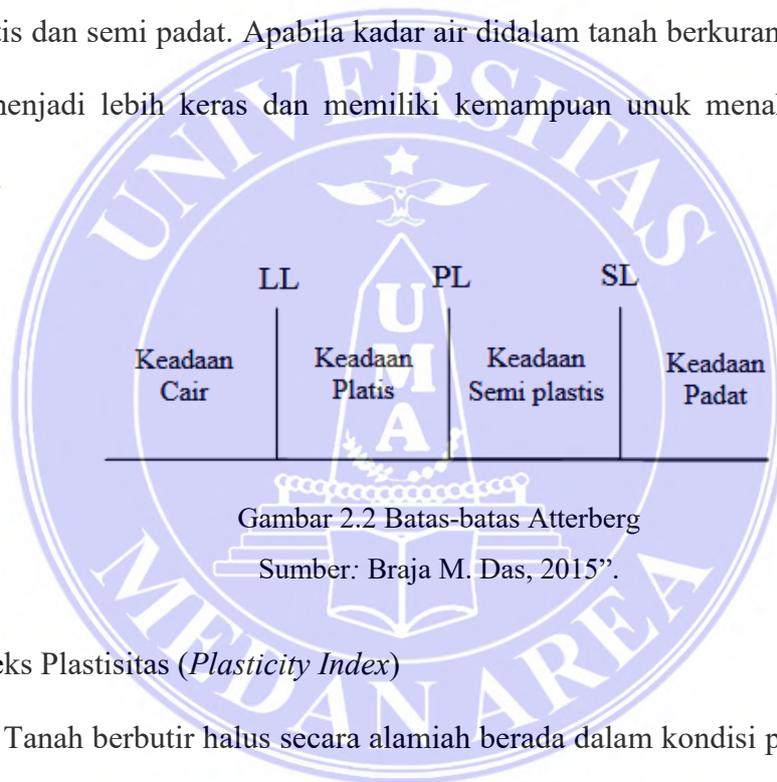
*liquid limit* ), batas – batas ini dikenal juga sebagai batas-batas Atterberg ( *Atterberg Limit* ).

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

Batas cair ( *liquid limit* ) didefenisikan sebagai kadar air ( *water content* ) yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis.

### 2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis didefenisikan sebagai kadar air di dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Apabila kadar air didalam tanah berkurang , maka tanah akan menjadi lebih keras dan memiliki kemampuan unuk menahan perubahan bentuk.



Gambar 2.2 Batas-batas Atterberg

Sumber: Braja M. Das, 2015’.

### 3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Tanah berbutir halus secara alamiah berada dalam kondisi plastis. Batas atas dan batas bawah dari rentang kadar air dimana tanah masih bersifat plastis berturut-turut disebut batas cair ( *liquid limit* ) dan batas plastis ( *plastic limit* ).

Renang kadar air itulah didefenisikan sebagai indeks plastisitas (*plasticity index*), dimana :  $IP = LL - PL$  (Pers.2.11)

Sedangkan hubungan Antara Indeks Plastis (Plasticity Index) Dengan Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.5. Hubungan Antara Indeks Plastis Dengan Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah Menurut Atterberg

PI	TINGKAT PLASTISITAS	JENIS TANAH
0	Tidak plastis / Non PI	Pasir
$0 < PI < 7$	Plastisitas rendah	Lanau ( <i>Silt</i> )
7 – 17	Plastisitas sedang	<i>Silty – Clay</i>
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung ( <i>Clay</i> )

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2002

#### 2.4.4 Pemeriksaan Berat Jenis Tanah (Specific Gravity)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume butir, pada temperatur tertentu. Tanah yang dimaksud disini adalah berat butir tanah itu sendiri tanpa ada air atau udara (tanpa pori). Sedangkan volume tanah yang dimaksud dalam hal ini adalah volume tanah tanpa mengandung pori. Untuk melakukan percobaan ini diperlukan air suling.

Rumus untuk menemukan jeneis tanah adalah :

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

Dimana :

- Berat Piknometer (W1)
- Berat Piknometer + Tanah (W2)
- Berat Piknometer + Tanah + Air (W3)
- Berat Piknometer + Air (W4)

Berat jenis tanah sangat dipengaruhi oleh zat-zat yang membentuk tanah itu dimana masing – masing zat itu berbeda pula berat jenisnya. Berat jenis tanah biasanya berkisar antara 2,4 – 2,8 dan dinyatakan tanpa satuan. *dimana* :

- Berat Piknometer (W1)
- Berat Piknometer + Tanah (W2)
- Berat Piknometer + Tanah + Air (W3)
- Berat Piknometer + Air (W4)

Berat jenis tanah sangat dipengaruhi oleh zat-zat yang membentuk tanah itu dimana masing – masing zat itu berbeda pula berat jenisnya. Berat jenis tanah biasanya berkisar antara 2,4 – 2,8 dan dinyatakan tanpa satuan.

#### 2.4.5 Berat Isi Tanah (*Bulk Density*)

Berat isi tanah basah tanah asli adalah perbandingan antara berat tanah asli seluruhnya dengan isi tanah asli seluruhnya. Berat isi merupakan perbandingan berat tanah kering dengan suatu volume tanah termasuk volume pori-pori tanah, umumnya dinyatakan dalam gram/cm<sup>3</sup>. Besaran ini menyatakan bobot tanah, yaitu padatan air persatuan isi. Yang paling sering di pakai adalah bobot isi kering yang umumnya disebut bobot isi saja. Nilai bobot isi dapat dipengaruhi oleh faktor pengolahan tanah, bahan organik, pemadatan alat pertanian, tekstur dan, struktur, & kandungan air tanah. ( Foth, 1987 ).

#### 2.4.6 Kadar Air Tanah

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang dikandung didalam tanah dengan berat total sampel tanah. Kadar air didalam tanah dinyatakan dalam persen. Jumlah air yang dapat ditahan oleh tanah dinyatakan atas dasar berat atau volume.

## 2.5 Modulus Elastisitas

Parameter yang menghubungkan antara tegangan dan regangan ini disebut modulus elastisitas. Modulus elastisitas menggambarkan kekakuan suatu material yang berarti bahwa apabila suatu material memiliki nilai modulus elastisitas yang besar, maka semakin kecil perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi tegangan tertentu.

Tegangan adalah besaran yang menyatakan perbandingan antara suatu besaran gaya terhadap luas penampang.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Regangan adalah besaran yang menyatakan suatu perbandingan antara perubahan panjang terhadap panjang awal dari suatu material, berikut adalah persamaan matematis untuk regangan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Hubungan antara tegangan dan regangan yang dinyatakan dalam modulus elastisitas dapat dilihat pada persamaan berikut :

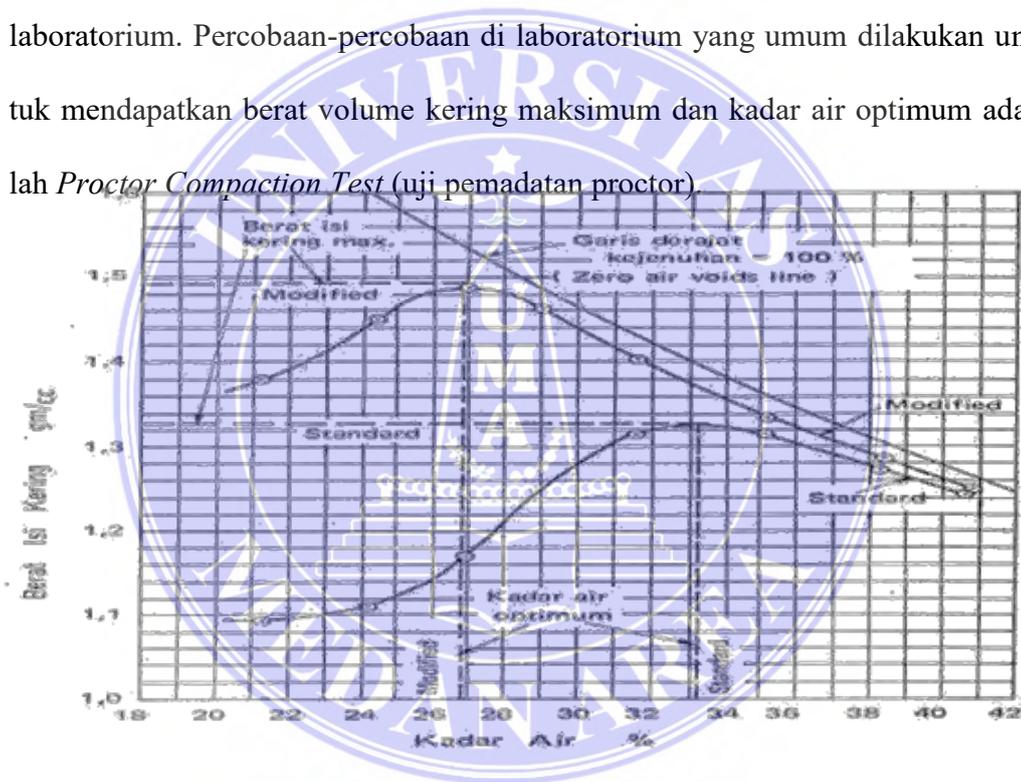
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

## 2.6 Pemadatan Tanah

Pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara. Pemadatan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga dengan demikian meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Pemadatan juga mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemantapan lereng timbunan (*embarkments*). Pada proyek konstruksi jalan, pemadatan

untuk tanah dasar selalu dilakukan sebelum dihamparnya item-item perkerasan lainnya, guna untuk menaikkan daya dukung tanah dasarnya. Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan kepadatan kering (*dry density*), yaitu massa partikel padat per satuan volume tanah.

Kepadatan kering setelah pemadatan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan oleh alat pemadat ( dinyatakan usaha pemadatan ). Karakteristik pemadatan dari suatu tanah dapat diketahui dari uji standart di laboratorium. Percobaan-percobaan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah *Proctor Compaction Test* (uji pemadatan proctor).



Gambar 2.3 Grafik berat satuan kering terhadap kadar air

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2002

### 2.6.1 Uji Pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan tanah adalah suatu proses dimana partikel tanah didesak menjadi lebih berdekatan satu sama lain melalui pengurangan rongga udara dengan di gilas atau metode mekanik lain. Sifat teknis tanah dan batuan yang digunakan pada pemukiman, sebagai contoh kekuatan gesernya, karakteristik konsolidasi, permeabilitas, dan sebagainya, adalah berkaitan dengan jumlah pemadatan yang telah diterimanya. Tingkat kepadatan yang tinggi membantu dalam : ( a) menurunkan biaya pemeliharaan; ( b) menurunkan risiko terjadinya longsor; ( c) memungkinkan struktur permanen seperti jalan-jalan, gedung- gedung untuk dibangun langsung tanpa penundaan; ( d) mendapatkan tekanan dukung yang lebih tinggi pada desain fondasi untuk struktur permanen. Peningkatan kepadatan kering tanah yang dihasilkan oleh pemadatan, terutama tergantung pada kadar air dari tanah dan jumlah pemadatan yang di gunakan. Tingkat pemadatan yang diperlukan ditentukan oleh sifat teknis yang diinginkan untuk 1 2 3 4 5

1. Mold dan Collar
2. Contoh Uji
3. Extruder
4. Hammer
5. Timbangan.

Tanah yang harus dipadatkan adalah tanah dengan sifat-sifat teknik bahan sebagai berikut : (a) kepadatan kering minimum; (b) rongga udara maksimum yang terkait dengan kadar air maksimum; (c) prosentase minimum dari kepadatan kering maksimum yang diperoleh dari standar up laboratorium; (d) kekuatan geser minimum. Sebagai alternatif, bila sifat bahan yang akan digunakan pada urugan

telah disesuaikan sebelumnya dengan efek pemadatan dari berbagai tipe mesin pemadat yang tersedia, maka tingkat kepadatan bisa dikontrol dengan menspesifikasikan ketebalan lapisan dan jumlah lintasan dari mesin pemadat yang telah ditentukan. Tanah sebagai material bangunan pada konstruksi-konstruksi : (Laporan Laboratorium Mekanika Tanah, 2010). a. Tanggul, b. Bendungan tanah, dan c. Dasar jalan. Harus dipadatkan untuk memperbaiki sifat-sifat dari tanah yang dapat memberi akibat buruk pada konstruksi.

Perubahan-perubahan yang terjadi apabila tanah dipadatkan adalah :

1. Volume udara dalam pori-pori tanah berkurang sehingga tanah menjadi padat.
2. Kekuatan geser dan daya dukung tanah meningkat.
3. Kompresibilitas tanah berkurang.
4. Permeabilitas tanah berkurang.
5. Lebih tahan terhadap erosi.

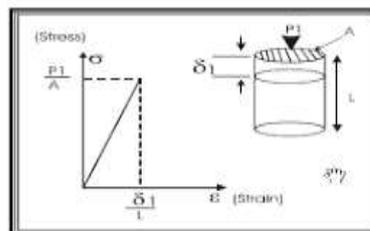
Pada proses pemadatan untuk setiap daya pemadatan tertentu, kepadatan yang tercapai tergantung pada banyaknya air di dalam tanah tersebut, yaitu kadar airnya. Apabila kadar airnya rendah, tanah mempunyai sifat keras atau kaku sehingga sukar dipadatkan. Bilamana kadar airnya ditambah maka air itu akan berlaku sebagai pelumas sehingga tanah akan lebih mudah dipadatkan. Pada kadar air yang lebih tinggi lagi kepadatannya akan turun karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak lagi dikeluarkan dengan cara memadatkan. Diperlukan kadar air tertentu yang disebut kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) dalam suatu proses pemadatan agar didapatkan hasil kepadatan maksimum. Kadar air ini selalu tergantung pada daya pemadatannya. Apabila daya pemadatan berlainan maka kadar air optimumnya ( $W_{opt}$ ) juga lain. Tujuan pemadatan di lapangan adalah memadatkan

tanah pada keadaan kadar air optimumnya ( $W_{opt}$ ) sehingga tercapai keadaan paling padat. Keadaan tanah biasanya dinilai dengan menentukan Berat Volume Keringnya ( $Y_{dry}$ ). Kadar Air Optimum ( $W_{opt}$ ) ditentukan dengan melakukan percobaan pemadatan di laboratorium. Hasil percobaan ini dipakai untuk menentukan syarat-syarat yang harus dipenuhi pada waktu pemadatan di lapangan. Pada percobaan di laboratorium Kadar Air Optimum ( $W_{opt}$ ) ditentukan dari grafik hubungan antara Berat Volume Kering ( $Y_{dry}$ ) dengan Kadar Air ( $w$ ).

## 2.7 Unconfined Compression Strength Test

*Unconfined Compression Strength test* adalah untuk mengukur kuat tekan bebas (unconfined compressive strength) dari lempung/lanau. Dari kuat tekan bebas dapat diketahui kekuatan geser undrained ( $C_u$ ), dan juga akan didapat klasifikasi tanah berdasarkan pada keteguhan atau konsistensi tanah pada sampel uji.

Setiap material apabila dikenai beban maka akan mengalami perubahan bentuk (deformasi). Gaya atau tekanan per satuan luas disebut stress, ( $\sigma$ ). Selain stress, perubahan bentuk dalam hal ini perubahan dalam panjang, ( $\Delta l$ ) dibanding dengan panjang semula, ( $l$ ) disebut strain, ( $\epsilon$ ). Untuk tingkat tegangan yang lemah plot antara stress vs strain akan membentuk suatu garis lurus seperti yang terjadi pada material logam yang merupakan jenis material linear elastis. Gambar menunjukkan keadaan tersebut.



Gambar 2.4 Hubungan Stress-strain untuk material elastis

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2002

Tentu saja ada stress maksimum yang dapat diterima oleh suatu bahan sebelum patah. Material untuk pemipaan seperti baja, peralon, mempunyai sifat seperti ini, ketika stress dinaikkan sampai tingkat paling tinggi maka patahan akan terjadi. Pada material rapuh seperti batuan, patahan bisa terjadi tiba-tiba dengan sedikit tambahan strain. Stress yang dibutuhkan untuk menyebabkan patahan disebut dengan uniaxial compressive strength, ( $C_0$ ). Closure pressure (stress) adalah harga rata-rata minimum dimana rekahan dapat terjadi. Nilai ini dapat meningkat jika tekanan pori-pori naik (poro-elastic effect).

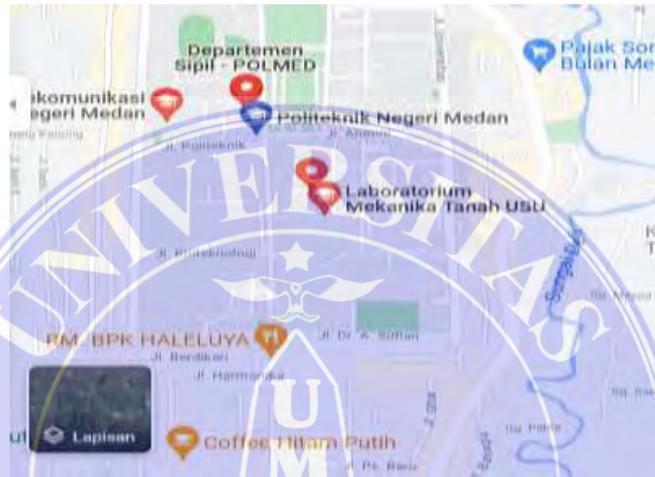
Unconfined Compression Strength test atau pengujian kuat tekan batuan utuh untuk menentukan kuat kekuatan batuan intact dengan sampel berbentuk silinder hasil dari pengeboran full coring. Pengujian ini menggunakan mesin tekan untuk menekan sampel batuan yang berbentuk silinder dari satu arah (uniaksial). Perbandingan antara tinggi dan diameter percontoh ( $l/D$ ) mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Untuk pengujian kuat tekan secara umum digunakan perbandingan  $L = 2D$ .  $L$  adalah Length atau panjang dari sampel sedangkan  $D$  adalah diameter dari sampel batuan yang akan diuji. Sebagai standard bisa dicek di ASTM D 2166 Unconfined Compressive Strength.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Dan Peta Penelitian

Penelitian tanah ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (Laboratorium Tanah POLMED)  
Sumber : googel maps

Dengan melakukan pengambilan sampel tanah lempung yang dicampur dengan abu sekam padi di Kota Brastagi Kab. Karo



Gambar 3.2 Peta lokasi pengambilan sampel tanah  
Sumber : googel maps

### 3.2 Metode Penelitian

Dalam penulisan Tugas akhir ini, penulis melakukan beberapa metode dan tahapan pelaksanaan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari penelitian seperti yang diuraikan di Bab 1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu nilai dari hal yang ingin ditinjau dan dibandingkan dengan syarat-syarat/ peraturan mengenai pekerjaan yang sedang di uji coba. Penelitian eksperimen dapat dilaksanakan didalam laboratorium, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai modulus elastisitas pada tanah lempung yang dicampur dengan abu sekam padi.

Pengujian yang dilakukan terdiri dari sifat fisis tanah yang berupa *specific gravity* (Gs) (ASTM D8554-58), kadar air (w) (ASTM D2216-71), batas-batas *Atterberg* (ASTM D423-66), dan analisa ukuran butiran (ASTM D421-58). Untuk uji mekanis yaitu kuat tekan bebas (ASTM D2166-06).

Peralatan yang digunakan antara lain satu set alat uji kadar air, satu set alat uji berat jenis, satu set alat uji batas-batas *Atterberg*, satu set alat uji analisa ukuran butiran, satu set alat uji kepadatan *Standard Proctor*, satu set alat uji mekanis yaitu kuat tekan bebas.

Tahapan penelitian dibuat dan di rencanakan agar penelitian terorganisir dan berjalan dengan lancar. Penelitian tersebut terdiri dari beberapa tahap yaitu:

#### 1) Tahap 1

Merupakan tahap awal penelitian yang meliputi. Studi literatur. mencari sumber referensi. penyediaan sampel tanah diambil dari Brastagi, kemudian dicampur abu sekam padi.

## 2) Tahap 2

Melakukan pengujian sifat fisis tanah, kemudian sifat-sifat fisis tanah asli pengujian ini meliputi kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg, dan analisa ukuran butiran. Penambahan abu sekam padi pada tanah asli

## 3) Tahap 3

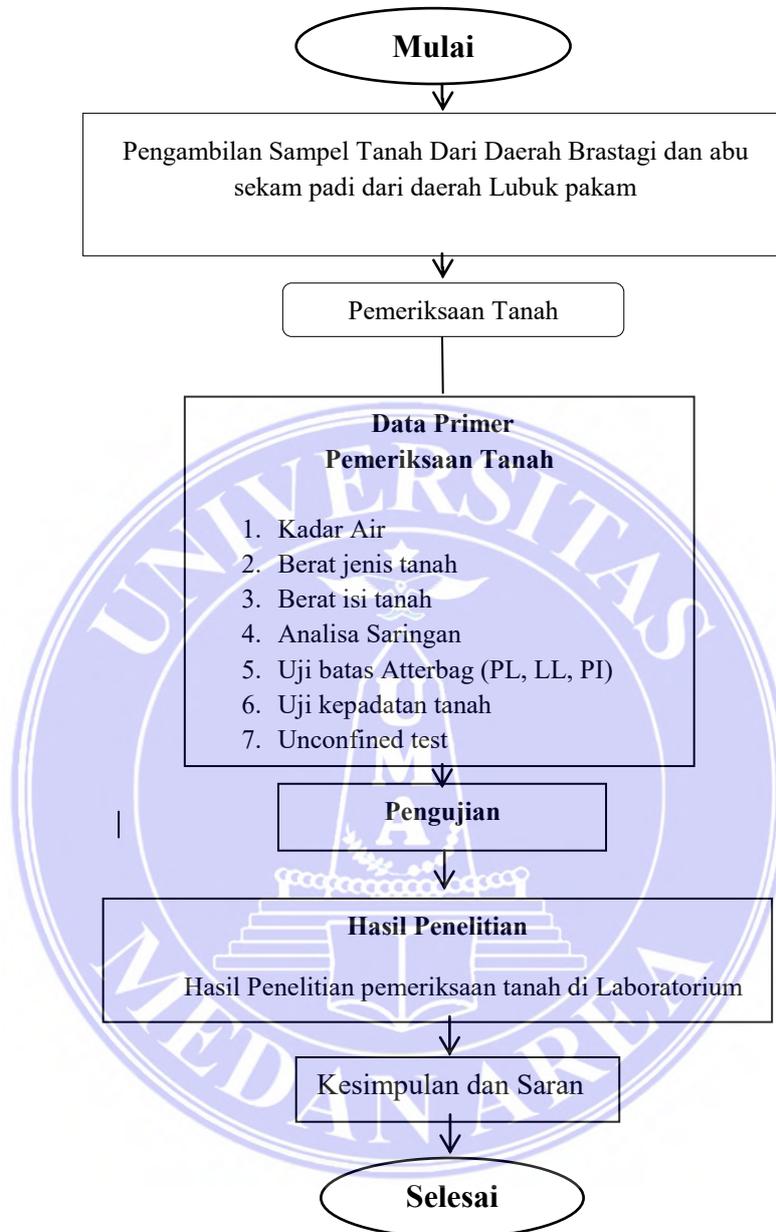
Melakukan uji kepadatan tanah dengan metode *Standar Proctor* guna mendapatkan volume kering maksimum dan kadar air optimumnya. Kadar air optimum tersebut digunakan sebagai acuan pembuatan sampel pengujian kuat tekan bebas. Pembuatan sampel untuk uji kuat tekan bebas untuk tanah asil dan tanah campuran dengan variasi presentase penambahan abu sekam padi. Serta dilakukan uji kuat tekan bebas.

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada bahan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji. Yang pertama dilakukan adalah pemilihan bahan, selanjutnya menguji karakteristik bahan tersebut. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk

1. Mengetahui pengaruh siklus fisis tanah yang tercampur abu sekam padi terhadap nilai modulus elastisitas tanah dasar.
2. Mengetahui bagaimana perbandingan nilai modulus elastisitas terhadap tanah yang tercampur dengan abu sekam padi.
3. Mengetahui bagaimana pengaruh perubahan nilai modulus elastisitas terhadap campuran abu sekam padi.

### 3.4 Skema Tahapan Penelitian



Gambar 3.3. Bagan alir penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium, penelitian modulus elastisitas tanah lempung yang dicampur dengan abu sekam padi. maka penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Nilai modulus elastisitas tanah asli dari hasil pengujian kuat tekan bebas sebesar  $63,1128 \text{ kg/cm}^2$ , dan nilai modulus elastisitas tanah dengan menggunakan abu sekam padi sebesar  $49,1189 \text{ kg/cm}^2 \text{ kPa}$ .
2. Dengan pencampuran abu sekam padi pada tanah lempung sangat berpengaruh dalam memperoleh nilai modulus elastisitas tanah dimana dengan adanya campuran abu sekam padi pada tanah lempung dapat mengurangi nilai deformasi (perubahan bentuk) pada tanah asli.

#### 5.2 Saran

Adapun saran- saran yang diajukan setelah melakukan pengujian tanah ialah

1. Melakukan pengembangan untuk penelitian selanjutnya dengan cara memakai alat Triaxial test di laboratorium dan Pada proses pengambilan sampel tanah, sebaiknya menggunakan tabung tanah agar kandungan kadar air yang ada pada tanah tidak berubah sewaktu mau diuji di laboratorium.
2. Sebelum melakukan pengujian sebaiknya periksa alat laboratorium yang akan digunakan agar tidak terjadi kesalahan pada saat pengujian.
3. Diharapkan pada saat analisa perhitungan upayakan nilai yang diperoleh dengan benar dan sesuai hasil pengujian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Braja M. Das, 2015, "Mekanika Tanah Jilid 1", Erlangga, Jakarta
- Braja M. Das, 2015, "Mekanika Tanah Jilid 2", Erlangga, Jakarta
- Bowles, Josep E., Alih Bahasa oleh Hainim, Johan Klanaputra (2008). Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah).Edisi Ke II, Jakarta: Penerbit Erlangga
- Craig. F. R, 2008, "Mekanika Tanah Edisi 4", Erlangga, Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006, "Pekerjaan Tanah Dasar Buku 3 Pedoman Penyelidikan dan Pengujian Tanah Dasar Untuk Pekerjaan Jalan", Direktorat Bina Marga, Jakarta
- Halim A. M,2019,"Studi modulus elastisitas tanah dasar perkerasan jalan akibat siklus basah kering", Hasanuddin University
- Hardy Christadi Hardiyatmo, 2002, "Mekanika Tanah 1", Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardy Christadi Hardiyatmo, 2002, "Mekanika Tanah 2", Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Marsudi, 2016,"Kajian sifat modulud elastisitas dan konsistensi tanah lempung lunak Pontianak terhadap penurunan elastis akibat adanya beban struktur bangunan dipermukaan", Tanjung Pura University
- Sunggono.K.H., 2002, "Mekanika Tanah", Nova, Bandung
- Terzaghi Karl, B. Peck Ralph, 2008, "Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid-1", Erlangga, Jakarta

## LAMPIRAN

### Gambar Alat Unconfined Compression Strength Test



Gambar Cetakan Benda Uji



Gambar Satu Set Saringan



Gambar Tanah Lempung



Gambar Abu Sekam Padi



Gambar Proses Pencampuran Sampel



### Gambar Proses Memasukkan Sampel Kedalam Cetakan



Gambar Benda Uji Yang Sudah Dicetak

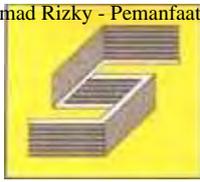


Gambar Proses Pembacaan Benda Uji



Gambar Benda Uji Setelah Pembacaan





LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
 Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021

Lokasi Contoh : Brastagi

Jenis Contoh : Tanah Lempung

No. Order/Contoh : Campuran Abu sekam padi 15%

### PENGUJIAN KADAR AIR TANAH

Berat krus + tanah basah ( $W_1$ )	(gr)	147,8	156.4
Berat krus + tanah kering ( $W_2$ )	(gr)	85.4	93.6
Berat Air = ( $W_1 - W_2$ )	(gr)	62.4	62.8
Berat krus ( $W_3$ )	(gr)	21.6	21.6
Berat tanah kering = ( $W_2 - W_3$ )	(gr)	63.8	72
Kadar air ( $W$ ) = $(W_1 - W_2) : (W_2 - W_3) \times 100\%$	(%)	0.978	0.872
Kadar air rata-rata ( $W$ ) = $(a+b)/2$	(%)	<b>0.925</b>	

Penyelia laboratorium,

Pelaksana,

(.....)

(.....)



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanah Lempung  
 No. Order/Contoh : Asli 3

**PENGUJIAN KADAR AIR TANAH**

Berat krus + tanah basah (W <sub>1</sub> )	(gr)	121.60	121.50
Berat krus + tanah kering (W <sub>2</sub> )	(gr)	82.40	81.60
Berat Air = (W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub> )	(gr)	39.20	39.90
Berat krus (W <sub>3</sub> )	(gr)	21.60	21.50
Berat tanah kering = (W <sub>2</sub> - W <sub>3</sub> )	(gr)	60.80	60.10
Kadar air (W) = (W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub> ) : ( W <sub>2</sub> -W <sub>3</sub> ) x 100%	(%)	0.64	0.67
Kadar air rata-rata (W) = (a+b)/2	(%)	<b>0.654</b>	

Penyelia laboratorium,

Pelaksana,

(.....)

(.....)

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

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



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanan lempung  
 No. Order/Contoh : Campuran

**PENGUJIAN PENENTUAN FAKTOR-FAKTOR SUSUT TANAH**  
(SNI 1964 – 2008)

1	Nomor Cetakan		Panjang	Bulat
2	Massa Cetakan = $W_1$	( g )	382,6	55,0
3	Massa Cetakan + Contoh Basah = $W_2$	( g )	438,4	87,4
4	Massa Cetakan + Contoh Kering = $W_3$	( g )	415,4	74,0
5	Massa Air = $W_2 - W_3$	( g )	23	13,4
6	Massa Contoh Kering = $W_3 - W_1$	( g )	32,8	19
7	Volume Contoh Basah = $V$	( ml )	29,3	5,7
8	Volume Contoh Kering = $V_0$	( ml )	26,6	4,6
9	Kadar Air = $w$	( % )	0,701	0,705
10	Batas Susut, $S_L$ = $\frac{w - \frac{V - V_0}{V_0} \times 100}{w} \times 100$	( % )	0,618	0,647
11	Rasio Susut, $R$ = $\frac{w}{V_0}$		1,233	4,130
12	Perubahan Volume, $VC$ = $(w - S_L) R$		0,102	0,239
13	Susut Linear, $LS$ = $100 \left( 1 - \sqrt{\frac{100}{VC + 100}} \right)$	( % )	0,619	0,647
	Rata -rata		0,633	

Penyelia laboratorium,

Pelaksana,

(.....)

(.....)



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
 Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanah lempung  
 No. Order/Contoh : Asli

**PENGUJIAN PENENTUAN FAKTOR-FAKTOR SUSUT TANAH**  
 (SNI 1964 – 2008)

1	Nomor Cetakan		Panjang	Bulat
2	Massa Cetakan	= $W_1$ (g)	382,4	55,0
3	Massa Cetakan + Contoh Basah	= $W_2$ (g)	438,4	87,0
4	Massa Cetakan + Contoh Kering	= $W_3$ (g)	415,4	73,8
5	Massa Air	= $W_2 - W_3$ (g)	23	13,2
6	Massa Contoh Kering	= $W_3 - W_1$ (g)	33	18,8
7	Volume Contoh Basah	= $V$ (ml)	29,3	5,7
8	Volume Contoh Kering	= $V_0$ (ml)	21,4	4,3
9	Kadar Air	= $w$ (%)	0,69	0,70
10	Batas Susut, $S_L$	= $w - \frac{V - V_0}{W_0} \times 100$ (%)	0,450	0,652
11	Rasio Susut, R	= $\frac{W_s}{V_0}$	1,542	3,916
12	Perubahan Volume, VC	= $(w - S_L) R$	0,370	0,187
13	Susut Linear, LS	= $100 \left( 1 - \sqrt{\frac{100}{VC + 100}} \right)$ (%)	0,449	0,652
	Rata -rata		0,5505	

Penyelia laboratorium,

Pelaksana,

(.....)

(.....)

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

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)15/12/21



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
 Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanah Lempung  
 No. Order/Contoh : Asli

**PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH  
 (SNI 1998- 2008)**

No	Langkah Pengujian	Satuan	Perhitungan	Hasil	
				I	II
1	Berat piknometer + tanah	Gr	$W_1$	57,6	58,6
2	Berat piknometer	Gr	$W_2$	43,0	43,0
3	Berat tanah	Gr	$W_T = W_1 - W_2$	14,6	15,6
4	Suhu $t^0c$	$^0c$		20	20
5	Berat piknometer + air + tanah	Gr	$W_3$	151,6	148,4
6	Berat piknometer + air ( $t^0c$ )	Gr	$W_4$	142,2	139,0
7	Berat jenis (pada suhu $t^0c$ )	-	$G_s = W_T / (W_T + (W_4 - W_3))$	156,8	154,6
8	Isi tanah	-	$W_4$	5,2	6,2
9	Berat jenis air ( $27,5^0c$ )	$^0c$	$W_5 = W_4 - W_1 - W_2$	2,807	2,516
10	Rerata berat jenis tanah	gr	$W_w = W - W_s$	2,661	

Penyedia Laboratorium

Pelaksana

(.....)

(.....)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

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)15/12/21



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
 Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanah Lempung  
 No. Order/Contoh : Campuran

**PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH  
 (SNI 1998- 2008)**

No	Langkah Pengujian	Satuan	Perhitungan	Hasil	
				I	II
1	Berat piknometer + tanah	Gr	$W_1$	68,2	66,4
2	Berat piknometer	Gr	$W_2$	53,2	51,4
3	Berat tanah	Gr	$W_T = W_1 - W_2$	15	15
4	Suhu $t^{\circ}c$	$^{\circ}c$		20	20
5	Berat piknometer + air + tanah	Gr	$W_3$	159,0	160,4
6	Berat piknometer + air ( $t^{\circ}c$ )	Gr	$W_4$	151,0	151,8
7	Berat jenis (pada suhu $t^{\circ}c$ )	-	$G_s = W_T / (W_T + (W_4 - W_3))$	166	166,8
8	Isi tanah	-	$W_4$	7	6,4
9	Berat jenis air ( $27,5^{\circ}c$ )	$^{\circ}c$	$W_5 = W_4 - W_1 - W_2$	2,142	2,343
10	Rerata berat jenis tanah	gr	$W_w = W - W_s$	2,661	

Penyedia Laboratorium

Pelaksana

(.....)

(.....)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

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)15/12/21



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanah Lempung  
 No. Order/Contoh : Campuran

**PENGUJIAN BERAT ISI TANAH**

No	Langkah Pengujian	Satuan	Perhitungan	Hasil
1	Berat ring	gr	$W_1$	17,9
2	Berat cawan	gr	$W_2$	13,9
3	Berat ring + cawan + tanah basah	gr	$W_3$	76,4
4	Berat tanah basah	gr	$W = W_3 - W_1 - W_2$	44,6
5	Volume ring (r = 2,5 cm ; t = 1,5 cm)	cm <sup>3</sup>	$V = \pi r^2 t$	29,45
6	Berat volume tanah basah	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_b = W/V$	15,55
7	Berat ring + cawan + tanah kering	gr	$W_4$	71,5
8	Berat tanah kering	gr	$W_5 = W_4 - W_1 - W_2$	39,7
9	Berat air	gr	$W_w = W - W_s$	5,3
10	Kadar air	%	$W = W_w / W_s \times 100\%$	0,133
11	Berat volume tanah kering	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d = \gamma_b / (1+W)$	0,326
12	Berat jenis tanah	-	$G_s$	2,63
13	Volume tanah kering	cm <sup>3</sup>	$V_s = W_s / G_s$	15,09
14	Volume pori	cm <sup>3</sup>	$V_v = V - V_s$	14,36
15	Volume air	cm <sup>3</sup>	$V_w = W_w / \gamma_w$	5,3
16	Derajat kejenuhan ( $\gamma_w = 1$ )	%	$S_r = V_w / V_v \times 100\%$	0,369
17	Porositas	%	$N = V_v / V \times 100\%$	0,487
18	Angka pori	-	$E = V_v / V_s$	0,951

Penyedia Laboratorium

Pelaksana

(.....)

(.....)



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanah Lempung  
 No. Order/Contoh : Asli

**PENGUJIAN BERAT ISI TANAH**

No	Langkah Pengujian	Satuan	Perhitungan	Hasil
1	Berat ring	gr	$W_1$	17,9
2	Berat cawan	gr	$W_2$	13,9
3	Berat ring + cawan + tanah basah	gr	$W_3$	76,4
4	Berat tanah basah	gr	$W = W_3 - W_1 - W_2$	44,6
5	Volume ring (r = 2,5 cm ; t = 1,5 cm)	cm <sup>3</sup>	$V = \pi r^2 t$	29,45
6	Berat volume tanah basah	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_b = W/V$	1,5144
7	Berat ring + cawan + tanah kering	gr	$W_4$	71,3
8	Berat tanah kering	gr	$W_5 = W_4 - W_1 - W_2$	39,5
9	Berat air	gr	$W_w = W - W_s$	5,1
10	Kadar air	%	$W = W_w / W_s \times 100\%$	1,1291
11	Berat volume tanah kering	gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d = \gamma_b / (1+W)$	0,033
12	Berat jenis tanah	-	$G_s$	2,63
13	Volume tanah kering	cm <sup>3</sup>	$V_s = W_s / G_s$	15,019
14	Volume pori	cm <sup>3</sup>	$V_v = V - V_s$	14,431
15	Volume air	cm <sup>3</sup>	$V_w = W_w / \gamma_w$	5,1
16	Derajat kejenuhan ( $\gamma_w = 1$ )	%	$S_r = V_w / V_v \times 100\%$	0,353
17	Porositas	%	$N = V_v / V \times 100\%$	0,490
18	Angka pori	-	$E = V_v / V_s$	0,961

Penyedia Laboratorium

Pelaksana

(.....)

(.....)



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

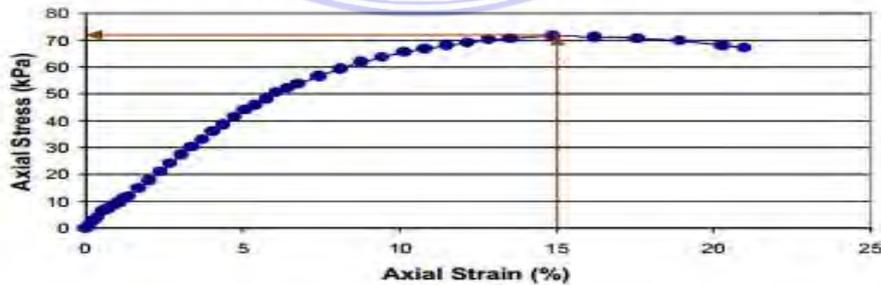
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan	: Penelitian	Tanggal : 9 Juni 2021
Lokasi Contoh	: Brastagi	
Jenis Contoh	: Tanah Lempung	
No. Order/Contoh	: Asli	

### CUNCONFINED COMPRESSION TEST

Diameter : 3,6 cm			Berat : 159,6 gr		Luas mula-mula : 10,18 cm <sup>2</sup>			
Tinggi sampel : 7,3			Volume : 74,30 cm <sup>3</sup>					
Pembacaan			Luas Penampang		Beban		Tekanan	
Pembacaan Arloji (a)	$\Delta L \text{ a x } 10^{-3}$ (Cm)	Regangan $\xi = \Delta L/L_0$ (100%)	Koreksi 1 - $(\xi;100)$	Luas A = $A_0/(1-\xi)$	Pembacaan Arloji	Beban P (KN)	Beban P (Kg)	P/A (Kg/Cm <sup>2</sup> )
50	0,05	0,685	0,993	10,251	36,5	50	5000	487,75
100	0,10	1,370	0,986	10,324	73	95	9500	920,18
150	0,15	2,055	0,979	10,398	109,5	125	12,500	1202,15
200	0,20	2,740	0,972	10,473	146	170	17000	1623,22
250	0,25	3,425	0,965	10,549	182,5	195	19500	1848,51
300	0,30	4,110	0,958	10,626	219	225	22500	2117,44
350	0,35	4,795	0,952	10,693	255,5	250	25000	2337,97
400	0,40	5,480	0,945	10,772	292	275	27500	2552,91
450	0,45	6,165	0,938	10,852	328,5	285	28500	2626,24
500	0,50	6,850	0,931	10,934	365	290	29000	2652,27
550	0,55	7,535	0,924	11,017	401,5	295	29500	2677,67
600	0,60	8,220	0,917	11,101	438	295	29500	2657,41
650	0,65	8,905	0,910	11,186	474,5	-	-	-

### GRAFIK CUNCONFINED COMPRESSION TEST



Penyedia Laboratorium

Pelaksana

(.....)

(.....)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

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)15/12/21



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

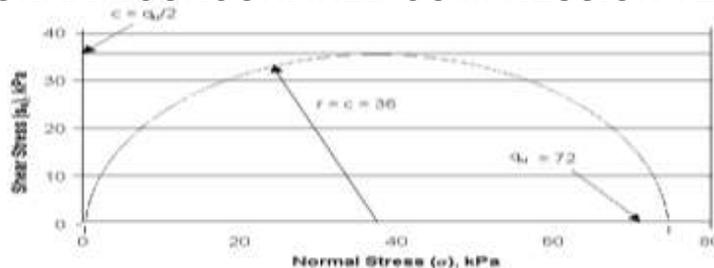
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155  
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Proyek / Pekerjaan	: Penelitian	Tanggal : 9 Juni 2021
Lokasi Contoh	: Brastagi	
Jenis Contoh	: Tanah Lempung	
No. Order/Contoh	: Campurn	

**CUNCONFINED COMPRESSION TEST**

Diameter : 3,6 cm				Berat : 154,6 gr Luas mula-mula : 10,18 cm <sup>2</sup>				
Tinggi sampel : 7,3				Volume sampel : 74,30 cm <sup>3</sup>				
Pembacaan			Luas Penampang		Beban		Tekanan	
Pembacaan Arloji (a)	$\Delta L \text{ a x } 10^{-3}$ (Cm)	Regangan $\xi = \Delta L / L_0$ (100%)	Koreksi 1 - ( $\xi:100$ )	Luas A = $A_0 / (1 - \xi)$	Pembacaan Arloji	Beban P (KN)	Beban P (Kg)	P/A (Kg/Cm <sup>2</sup> )
50	0,05	0,685	0,993	10,251	36,5	30	3000	292,65
100	0,10	1,370	0,986	10,324	73	65	6500	629,60
150	0,15	2,055	0,979	10,398	109,5	90	9000	869,55
200	0,20	2,700	0,972	10,473	146	110	11000	1050,31
250	0,25	3,425	0,965	10,549	182,5	140	14000	1321,15
300	0,30	4,110	0,958	10,626	219	160	16000	1505,74
350	0,35	4,795	0,952	10,693	255,5	190	19000	1776,86
400	0,40	5,480	0,945	10,772	292	195	19500	1810,24
450	0,45	6,165	0,938	10,852	328,5	210	21000	1935,12
500	0,50	6,850	0,931	10,934	365	235	23500	2149,25
550	0,55	7,535	0,924	11,017	401,5	240	24000	2178,45
600	0,60	8,220	0,917	11,101	438	250	25000	2252,04
650	0,65	8,905	0,910	11,186	474,5	265	26500	2369,03
700	0,70	9,589	0,904	11,261	511	270	27000	2379,27
750	0,75	10,273	0,987	11,348	547,5	275	27500	2423,33
800	0,80	10,958	0,890	11,438	584	275	27500	2404,26

**GRAFIK CUNCONFINED COMPRESSION TEST**



Penyedia Laboratorium

Pelaksana

(.....)

(.....)

**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 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

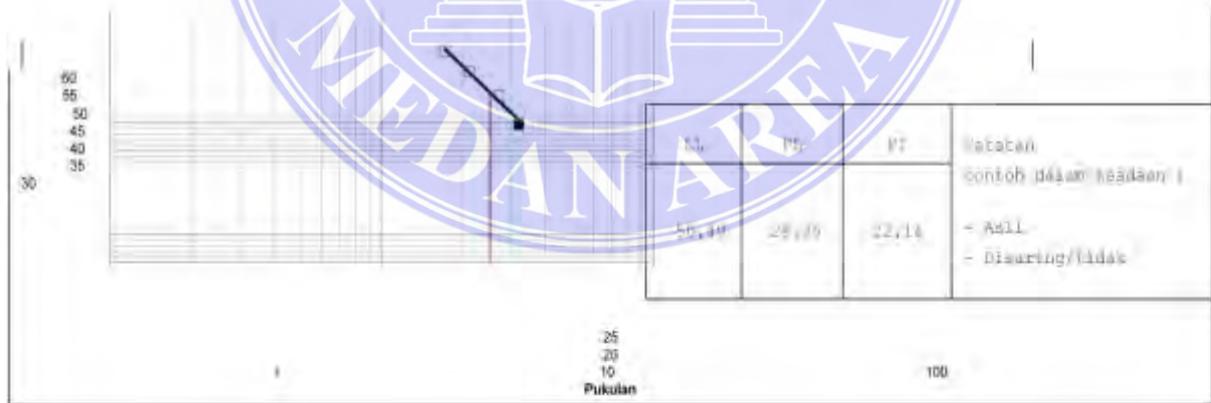


Proyek / Pekerjaan : Penelitian Tanggal : 9 Juni 2021  
 Lokasi Contoh : Brastagi  
 Jenis Contoh : Tanah Lempung  
 No. Order/Contoh : Campuran

**ATTERBERG LIMIT**

Butas Cair (LL)		17	Ku	21	K	27	Kali	32	K	Batas Plastis	
No krus			li		ali				ali		
Berat krus + contoh basah	gr	27.60		31.20		29.80		32.00		21.40	20.80
Berat krus + contoh kering	gr	22.60		25.00		22.80		25.80		17.00	17.80
Berat air	gr	5.00		6.20		7.00		6.20		4.40	3.00
Berat krus	gr	14.40		14.60		14.40		14.40		14.20	14.60
Berat contoh kering	gr	8.20		10.40		8.40		10.60		2.80	3.20
Kadar air	%	0.61		0.60		0.83		0.54		1.57	0.94
										65	1.254

**GRAFIK ATTERBERG LIMIT**



Penyelia laboratorium,

Pelaksana,

(.....)

(.....)



Proyek / Pekerjaan  
 Lokasi Contoh  
 Jenis Contoh  
 No. Order/Contoh

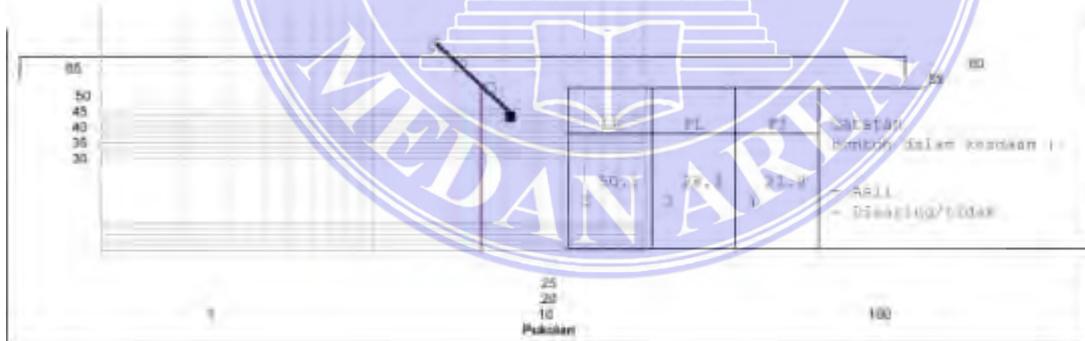
Penelitian  
 : Brastagi  
 Tanah Lempung  
 : Asli

Tanggal : 9 Juni 2021

**ATTERBERG LIMIT**

Batas Cair (LL)		17	Kali	21	Kali	27	Kali	32	Kali	Batas Plastis	
<b>No krus</b>											
Berat krus + contoh basah	gr	23.20		34.80		34.00		24.00		17.80	17.40
Berat krus + contoh kering	gr	0.57		26.60		26.40		20.40		17.00	16.60
Berat air krus	gr	3.20		8.20		7.60		3.60		0.80	0.80
Berat krus	gr	14.40		13.60		14.60		14.00		14.60	13.80
Berat contoh kering	gr	5.60		13.00		11.80		6.40		2.40	2.80
Kadar air	%	0.57		0.63		0.64		0.56		0.33	0.29

**GRAFIK ATTERBERG LIMIT**



Penyelia laboratorium,

Pelaksana,

(.....)

(.....)