

**PENGARUH KUAT GESER SAMPEL *DRYSIDE OF OPTIMUM*  
(KERING OPTIMUM) DAN *WETSID OF OPTIMUM* (BASAH  
OPTIMUM) PADA TANAH LEMPUNG**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**TAUPIQ GUNAWAN  
168110031**



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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 1/12/23

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)1/12/23

**PENGARUH KUAT GESER SAMPEL *DRYSIDE OF OPTIMUM*  
(KERING OPTIMUM) DAN *WETSID OF OPTIMUM* (BASAH  
OPTIMUM) PADA TANAH LEMPUNG**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:**  
**TAUPIQ GUNAWAN**  
**168110031**

**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 1/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)1/12/23

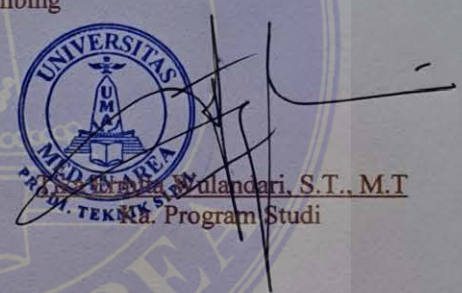
**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Pengaruh Kuat Geser Sampel *Dryside Of Optimum* (Kering Optimum) Dan *Wetside Of Optimum* (Basah Optimum) Pada Tanah Lempung  
Nama : Taupiq Gunawan  
NPM : 168110031  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

  
Hermansyah, S.T., M.T  
Pembimbing

  
Dr. Rahmatullah, S.Kom., M.Kom  
Dekan

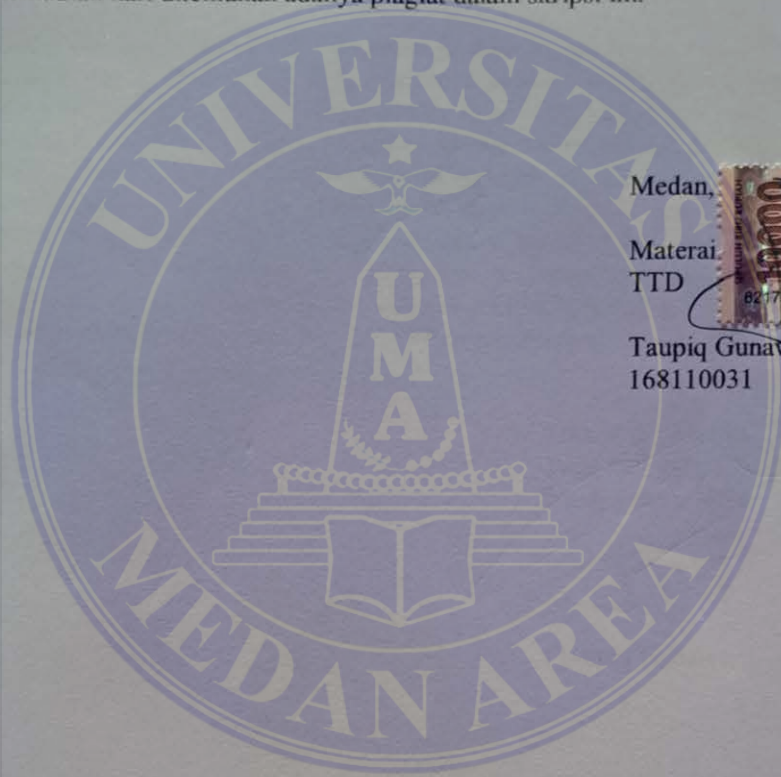
  
Nurul Huda, S.T., M.T  
Program Studi

Tanggal Lulus : 3 Juli 2023

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,

Materai  
TTD

Taupiq Gunawan  
168110031





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

---

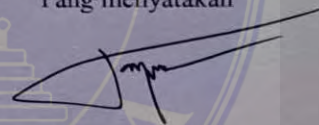
---

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

Nama : Taupiq Gunawan  
NPM : 168110031  
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 : Redesain Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Medan Area Menggunakan Metode Flat Slab. 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 : 3 Juli 2023  
Yang menyatakan



(Taupiq Gunawan)

## RIWAYAT HIDUP

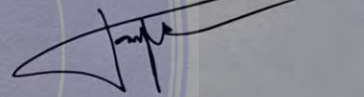
Penulis dilahirkan di Sei Rotan Pada tanggal 05 Maret 1996 dari Ayah Heri Syofyan dan Ibu Erma Kurniasih Penulis merupakan putra ke 2 dari 3 bersudara. Tahun 2014 Penulis lulus dari SMA Perguruan Husni Thamrin Medan dan pada tahun 2016 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di CBD Polonia Medan



## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Kuat Geser Tanah Lempung dengan judul Pengaruh Pengaruh Kuat Geser Sampel *Dryside Of Optimum* (Kering Optimum) dan *Wetside Of Optimum* (Basah Optimum) Pada Tanah Lempung Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Hermansyah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Hermansyah, S.T, M.T yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Taupiq Gunawan)

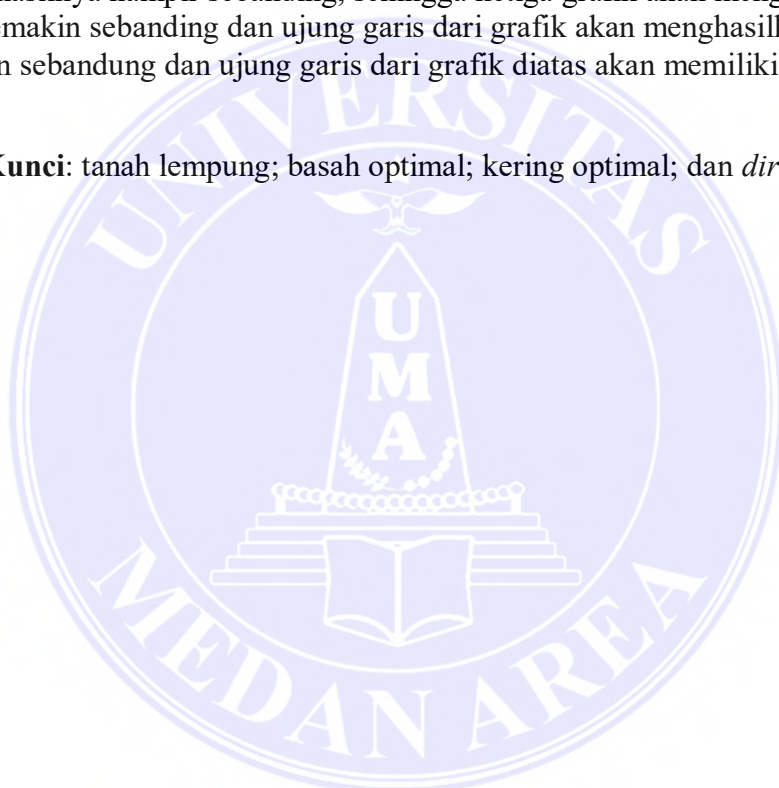


## Abstrak

Dari hasil penelitian yang dilakukan nilai kohesi yang didapat dari hasil pengujian dari kondisi basah optimum, kering optimum, dan optimum yaitu  $0,038 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0,044 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $0,076 \text{ kg/cm}^2$  untuk nilai kuat geser langsung dari kondisi basah optimum, kering optimum dan optimum pada beban 8000 gr adalah  $0,619 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0,655 \text{ kg/cm}^2$  dan  $0,743 \text{ kg/cm}^2$  dapat dilihat dari nilai kohesi dan kuat geser langsung diatas dari nilai kering optimum menuju titik optimum terjadi kenaikan 3,2% untuk nilai kohesi, dan 8,8% untuk nilai kuat geser langsung sedangkan dari nilai optimum menuju titik basah optimum terjadi penurunan 3,8% untuk nilai kohesi dan 12,4% untuk nilai kuat geser langsung.

Dari penurunan dan kenaikan nilai kohesi serta nilai kuat geser langsung ini dapat dilihat hasilnya hampir sebanding, sehingga ketiga grafik akan menghasilkan nilai yang semakin sebanding dan ujung garis dari grafik akan menghasilkan nilai yang semakin sebanding dan ujung garis dari grafik diatas akan memiliki nilai yang sama.

**Kata Kunci:** tanah lempung; basah optimal; kering optimal; dan *direct shear*.

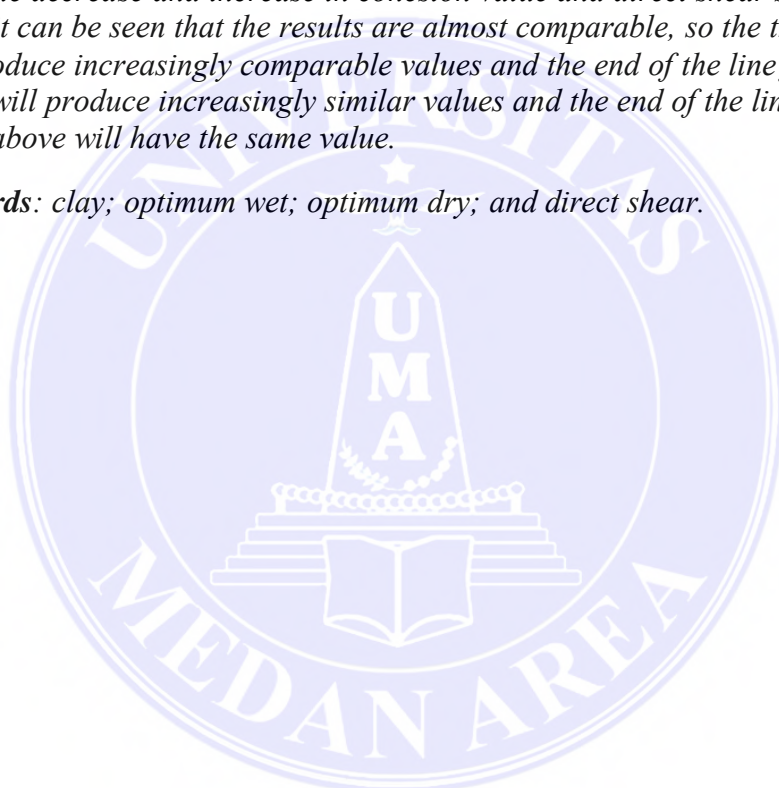


## **Abstract**

*From the results of the research conducted, the cohesion value obtained from the test results from the optimum wet, optimum dry, and optimum conditions is 0.038 kg/cm<sup>2</sup>, 0.044 kg/cm<sup>2</sup>, and 0.076 kg/cm<sup>2</sup> for the direct shear strength value from the optimum wet, optimum dry and optimum conditions at a load of 8000 gr is 0.619 kg/cm<sup>2</sup>, 0.655 kg/cm<sup>2</sup> and 0.743 kg/cm<sup>2</sup>, 743 kg/cm<sup>2</sup> can be seen from the cohesion and direct shear strength values overcome from the optimum dry value to the optimum point there is an increase of 3.2% for the cohesion value, and 8.8% for the direct shear strength value while from the optimum value to the optimum wet point there is a decrease of 3.8% for the cohesion value and 12.4% for the direct shear strength value.*

*From the decrease and increase in cohesion value and direct shear strength value, it can be seen that the results are almost comparable, so the three graphs will produce increasingly comparable values and the end of the line from the graph will produce increasingly similar values and the end of the line from the graph above will have the same value.*

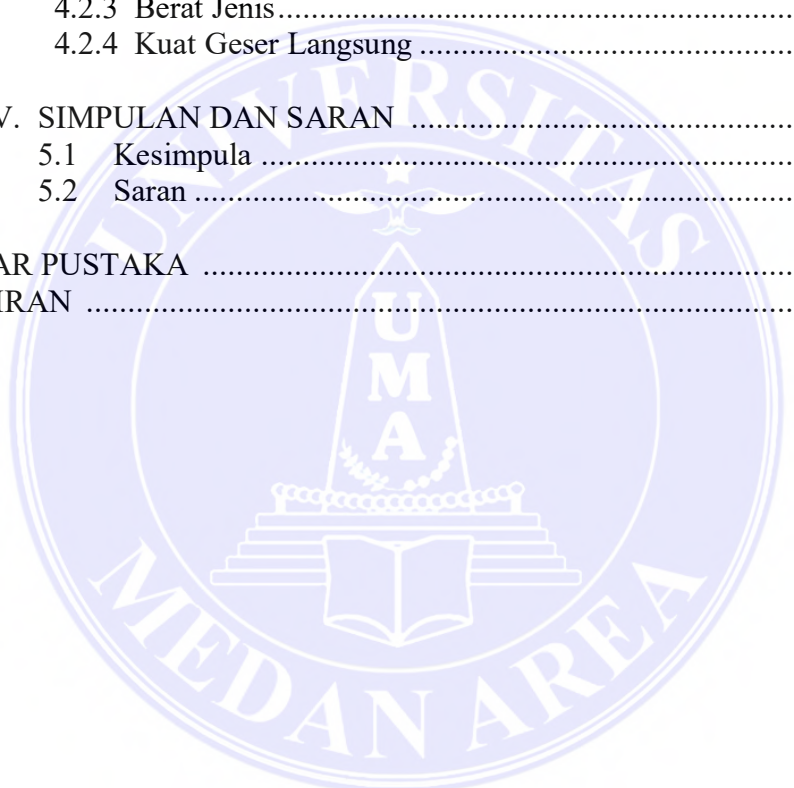
**Keywords:** clay; optimum wet; optimum dry; and direct shear.



## DAFTAR ISI

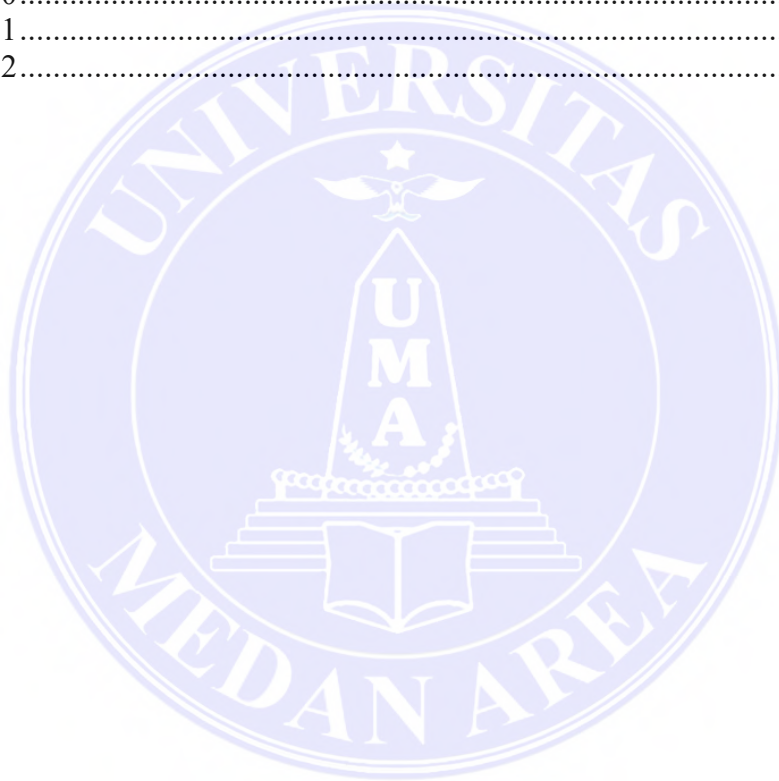
	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	3
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metode Penelitian .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Umum .....	5
2.2 Penelitian Terdahulu .....	5
2.3 Tanah .....	7
2.3.1 Sifat-sifat Fisik Tanah .....	9
2.3.1.1 Angka Pori .....	9
2.3.1.2 Porositas .....	10
2.3.1.3 Kadar Air .....	10
2.3.1.4 Berat Volume Basah .....	10
2.3.1.5 Volume Kering .....	11
2.3.1.6 Berat Volume Butiran Padat .....	11
2.3.1.7 Berat Jenis .....	11
2.3.1.8 Derajat Kejenuhan .....	12
2.4 Klasifikasi Tanah .....	13
2.5 Tanah Lempung .....	17
2.5.1 Sifat-sifat Umum Mineral Lempung .....	18
2.6 <i>Direct Shear Test</i> .....	20
2.6.1 Tahanan Geser Tanah .....	21
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1 Gambaran Daerah Penelitian .....	25
3.2 Lokasi Penelitian .....	25

3.3	Metode Pengambilan Data .....	26
3.4	Metode Pengambilan Sampel .....	28
3.5	Metode Penelitian .....	28
3.5.1	Pengujian Terhadap Lempung .....	28
3.6	Metode Pengumpulan Data .....	29
3.7	Analisis Data Laboratorium .....	36
3.8	Kerangka Berpikir.....	37
BAB IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN .....		38
4.1	Perhitungan .....	38
4.2	Pengujian dan Perhitungan Sifat Fisik tanah .....	38
4.2.1	Kadar Air .....	38
4.2.2	Berat Isi.....	42
4.2.3	Berat Jenis.....	43
4.2.4	Kuat Geser Langsung .....	44
BAB IV. SIMPULAN DAN SARAN .....		51
5.1	Kesimpula .....	51
5.2	Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA .....		52
LAMPIRAN .....		xv



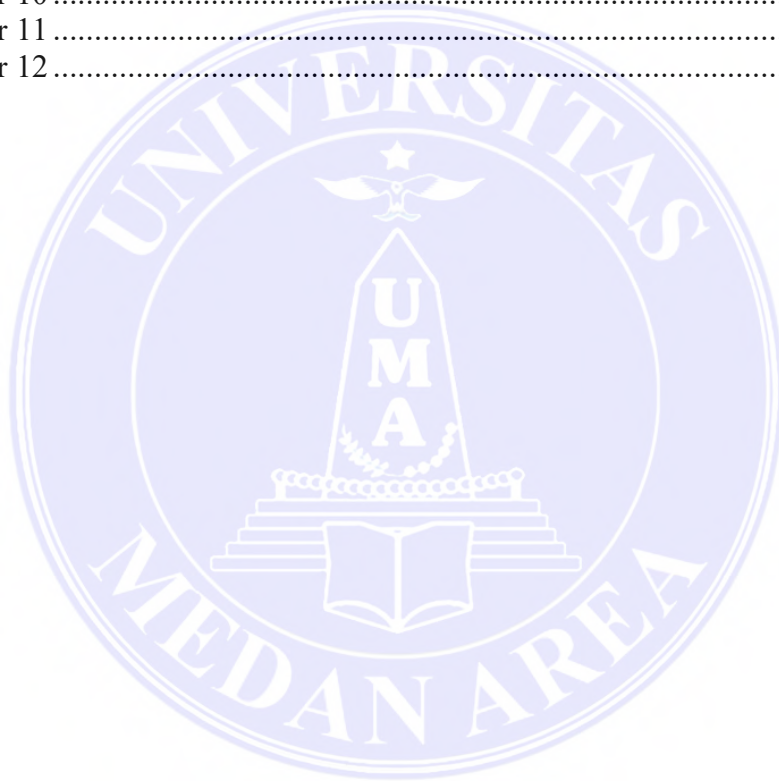
## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 .....	12
Tabel 2 .....	12
Tabel 3 .....	15
Tabel 4 .....	17
Tabel 5 .....	32
Tabel 6 .....	33
Tabel 7 .....	38
Tabel 8.....	42
Tabel 9.....	45
Tabel 10.....	47
Tabel 11.....	48
Tabel 12.....	49



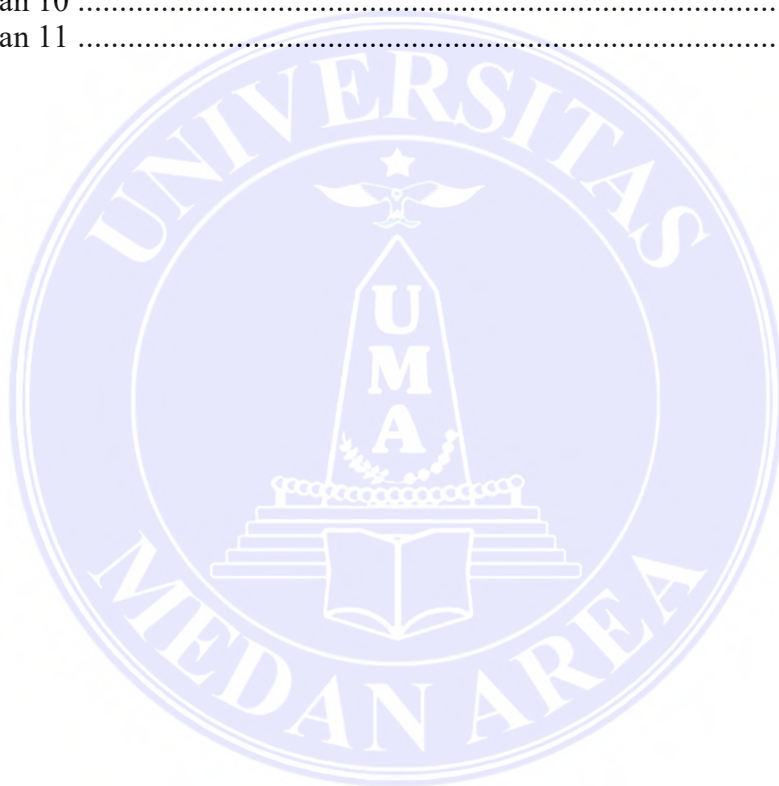
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 .....	9
Gambar 2 .....	19
Gambar 3 .....	20
Gambar 4 .....	23
Gambar 5 .....	24
Gambar 6 .....	25
Gambar 7 .....	26
Gambar 8 .....	37
Gambar 9 .....	45
Gambar 10 .....	47
Gambar 11 .....	49
Gambar 12 .....	49



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 .....	54
Lampiran 2 .....	56
Lampiran 3 .....	57
Lampiran 4 .....	59
Lampiran 5 .....	62
Lampiran 6 .....	65
Lampiran 7 .....	68
Lampiran 8 .....	71
Lampiran 9 .....	74
Lampiran 10 .....	77
Lampiran 11 .....	83



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Membangun suatu konstruksi berupa bangunan gedung, jalan, jembatan serta bangunan rel kereta api dan bangunan lainnya. Akan membutuhkan pondasi tanah yang baik oleh sebab itu tanah mempunyai peran yang sangat penting dalam hal ini, tanah berfungsi sebagai penahan beban akibat konstruksi diatas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban lainnya yang turut diperhitungkan, kemudian beban tersebut diteruskan kedalam tanah sampai ke lapisan tanah dasar atau kedalam tertentu. Salah satu tanah yang biasa ditemukan pada suatu konstruksi yaitu jenis tanah lempung. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan Hal itu dikarenakan permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang Mendirikan bangunan di atas tanah lempung akan menimbulkan beberapa permasalahan, diantaranya daya dukung tanah. Daya dukung tanah lempung pada umumnya rendah, ini disebabkan kuat geser tanah lempung kecil, sehingga bila tegangan geser yang ditimbulkan pondasi besar maka bangunan akan runtuh.

Tanah lempung merupakan jenis tanah dengan daya dukung rendah, pengaruh air sangat besar terhadap perilaku fisis dan mekanisnya. Untuk itu, dalam penggunaan tanah lempung sebagai bahan konstruksi, kadar air tanah memegang peranan yang sangat penting. Dalam bentuk massa yang kering, tanah lempung mempunyai kekuatan yang lebih besar, bila ditambah air akan berperilaku plastis, dengan kadar kembang susut yang besar. Pada tanah lempung proses kering dan basah akan menyebabkan nilai kembang dan akan menurun sampai akhirnya akan mencapai nilai konstan. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan



lebih besar pada saat kering optimum dan basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air oleh sebab itu tanah lempung mempunyai kemampuan lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang.

Kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji kuat tekan bebas ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut.

Sedangkan kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah untuk melawan tegangan geser dalam tanah, untuk menentukan kuat geser tanah dilakukan pengujian geser langsung. Uji geser langsung akan lebih sesuai untuk menentukan parameter kuat geser tanah bila digunakan untuk pondasi. Percobaan *unconfined* terutama dilakukan pada tanah lempung, apabila tanah lempung mempunyai derajat kejenuhan 100% maka kekuatan gesernya dapat ditentukan langsung dari nilai kekuatan *unconfined*.

Tanah lempung dalam keadaan kering optimum memiliki sifat mengembang yang lebih besar dari tanah lempung basah optimum saat dipadatkan. Hal ini dikarenakan pada saat tanah lempung dalam keadaan kering optimum relatif kekurangan air sehingga tanah lempung mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menyerap air. Pada percobaan tanah lempung dalam kondisi kering optimum dan basah optimum berguna untuk mengetahui daya dukung tanah dalam kondisi kering dan basah, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian menggunakan uji kuat tekan bebas dan uji geser langsung sehingga dapat

mengetahui kemampuan tanah untuk menahan beban yang berada di atas tanah tersebut.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat geser, pada tanah lempung kering optimal dan basah optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbandingan besarnya kuat geser tanah dalam kondisi optimum, kering optimum, dan basah optimum.
2. Untuk mengetahui pengaruh kuat geser tanah pada sampel dengan kondisi optimum, kering optimum, dan basah optimum.

## 1.3 Rumusan Masalah

Dalam pelaksanaan pekerjaan pengujian kuat geser pada tanah lempung, terdapat cukup banyak hal yang dapat menjadi topik permasalahan pada tugas akhir ini, yaitu antara lain:

1. Bagaimana karakteristik dari sifat fisik tanah lempung?
2. Bagaimana perbandingan besarnya kuat geser tanah dalam kondisi optimum, kering optimum, dan basah optimum?
3. Bagaimana pengaruh kuat geser tanah pada sampel dengan kondisi optimum, kering optimum, dan basah optimum?

## 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis dibatasi dengan:

1. Sampel tanah yang diharapkan menggunakan material tanah lempung.
2. Pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan adalah:

- Pengujian kadar air.
  - Pengujian berat jenis.
  - Pengujian berat isi.
  - Pengujian *direc shear*.
3. Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah:  
Pengujian pada tanah lempung menggunakan pengujian kuat geser langsung.

### 1.5 Metode Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat- sifat fisik dan mekanik tanah lempung.
2. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang perilaku tanah lempung, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan acuan bagi para engineer bidang teknik sipil untuk pembangunan pada tanah yang kurang baik.
3. Sebagai bahan penelitian lanjutan dalam bidang teknologi material.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Tanah lempung dengan plastisitas tinggi yang sering dijumpai pada pekerjaan konstruksi di lapangan mempunyai daya dukung yang rendah dan perubahan volume (kembang- susut) yang besar. Tanah akan mengembang apabila pori terisi air dan akan menyusut dalam kondisi kering. Hal ini yang menjadikan tanah tidak stabil, sehingga tidak mampu mendukung suatu konstruksi bangunan.

Tanah lempung dalam keadaan kering optimum memiliki sifat mengembang yang lebih besar dari tanah lempung basah optimum saat dipadatkan. Hal ini dikarenakan pada saat tanah lempung dalam keadaan kering optimum relatif kekurangan air sehingga tanah lempung mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menyerap air. Pada percobaan tanah lempung dalam kondisi kering optimum dan basah optimum berguna untuk mengetahui daya dukung tanah dalam kondisi kering dan basah, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian menggunakan uji kuat tekan bebas dan uji geser langsung sehingga dapat mengetahui kemampuan tanah untuk menahan beban yang berada di atas tanah tersebut (Wesley, L.D. 2008).

### 2.2 Penelitian Terdahulu

Dari hasil penelitian yang dilakukan menghasilkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) serta nilai kohesi ( $c$ ) dan kuat geser maksimum tanah dalam kondisi kadar air basah optimum, kering optimum dan optimum. Pada kondisi optimum menghasilkan nilai yang paling tinggi untuk nilai kuat geser langsung dan nilai kohesi. Hal ini dikarenakan pada kondisi optimum kepadatan tanah maksimal,

sehingga tanah dalam keadaan stabil, sehingga butiran-butiran tanah tidak saling mengikat, sebaliknya dalam kondisi basah optimum tekanan pada butiran tanah sangat meningkat, sebaliknya dalam kondisi basah optimum tekanan pada butiran tanah sangat tinggi, sehingga tanah memiliki plastisitas yang tinggi (Amen Febri, 2015).

Hasil pengujian nilai kuat tekan pada kondisi kering optimum 18,156 kg/div, optimum 32,742 kg/div, basah optimum 25,942 kg/div dan hasil keseluruhan sampel pengujian geser langsung nilai tertinggi diambil pada beban 30kg dengan nilai sebesar 38,57 kg/div terdapat pada tanah optimum dan nilai terendah diambil. Pada beban 10 kg dengan nilai sebesar 4,06 kg/div terdapat pada tanah kering optimum. Dikarenakan pada kondisi optimum kepadatan tanah maksimal, sehingga tanah dalam keadaan stabil. Pada kondisi kering optimum tanah lempung memiliki kepadatan tanah yang tidak stabil, sehingga butiran-butiran tanah tidak saling mengikat, sebaliknya dalam kondisi basah optimum tekanan pada butiran tanah sangat tinggi, sehingga tanah memiliki plastisitas yang tinggi (Elvin Haris Munanda Hrp, Dkk, 2020)

Dari hasil pengujian *index properties* diketahui klasifikasi jenis tanah di daerah Sugihmanik, Tanggunharjo, Grobogan, Jawa Tengah tergolong *OH* (lempung organik berplastisitas tinggi) dan juga merupakan tanah berlempung yang buruk. Selanjutnya dilakukan pengujian sifat fisik (*engineering properties*) pada tanah asli, tanah campuran *silica fume*, dan tanah campuran limbah *gypsum* dengan presentase tiap-tiap pencampurannya sebanyak 4%, 8%, 12%, dan 15%. Dari pengujian *engineering properties* diketahui perubahan dari tanah asli mengalami peningkatan besarnya kuat geser dalam, besarnya kohesi, dan juga

besarnya CBR dalam pencampuran *silica fume* dan limbah *gypsum* (Isye Faila Sufa, Jihade Kufiita Ardalli, 2021).

### 2.3 Tanah

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikel, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan yang diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara (Craig, 2000). Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat oksida yang bersenyawa diantara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik.

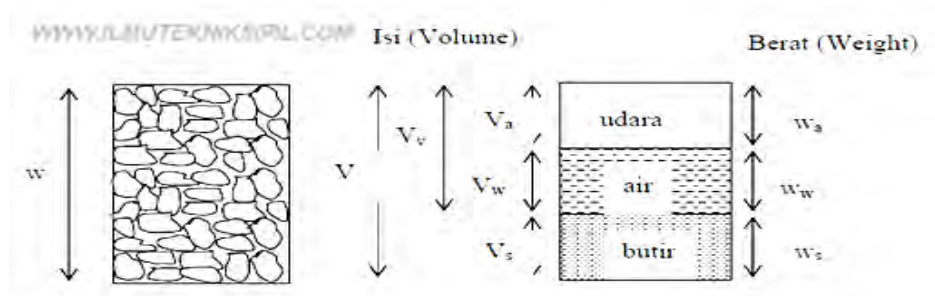
Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 2004).

Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil separate size limit*).

- a. Kerikil (*gravels*) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral *quartz*, *feldspar*, dan mineral-mineral lain.
- b. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*.  
Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

- c. Lanau (*silts*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan jumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika.
- d. Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bula hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus.

Tanah terdiri dari 3 komponen yaitu udara, air, dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang diantara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 1. (a). Elemen tanah dalam keadaan asli (b). Tiga fase elemen tanah (IlmuTeknikSipil, 2021)

Dari gambar 2.1 dapat diperoleh persamaan-persamaan untuk menghitung volume

total ( $V$ ) dari suatu tanah sebagai berikut :

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a$$

Dimana :  $V_s$  : Volume butiran padat ( $\text{cm}^3$ )

$V_v$  : Volume pori ( $\text{cm}^3$ )

$V_w$  : Volume air didalam pori ( $\text{cm}^3$ )

$V_a$  : Volume udara didalam pori ( $\text{cm}^3$ )

Jika udara diasumsikan bahwa tidak memiliki berat, maka untuk menghitung berat total tanah ( $W$ ) .

$$W = W_s + W_w$$

Dimana :

$W_s$  : Berat butiran padat (gr)

$W_w$  : Berat air (gr)

### 2.3.1 Sifat-sifat fisik tanah

#### 2.3.1.1 Angka Pori (*Void Ratio*)

Angka pori atau void ratio ( $e$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antar volume pori dan volume butiran padat. Digunakan untuk menghitung angka pori.



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

Dimana :  $e$  : Angka Pori

### 2.3.1.2 Porositas (*Porosity*)

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume total pada tanah tersebut. Digunakan untuk menghitung nilai porositas ( $n$ ).

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100$$

Dimana :  $n$  : Porositas

$V_v$  : Volume pori ( $\text{cm}^3$ )

$V$  : Volume Tanah ( $\text{cm}^3$ )

### 2.3.1.3 Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air ( $w$ ) yang disebut juga *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antar berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. Digunakan untuk menentukan nilai kadar air ( $w$ ).

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

### 2.3.1.4 Berat Volume Basah

Berat volume basah atau lembab ( $\gamma_b$ ). adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara ( $w$ ) dengan volume total tanah ( $V$ ). digunakan untuk menentukan nilai berat volume basah.

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

Dimana :  $\gamma_b$  : Berat volume basah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W$  : Berat butiran tanah (gr)

$V$  : Volume total tanah ( $\text{cm}^3$ )

Dengan :

$$W = W_w + W_s + W_v \quad (W_v = \text{berat udara} = 0).$$

Bila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ( $V_a = 0$ ), maka tanah menjadi jenuh.

### 2.3.1.5 Volume Kering

Berat volume kering ( $\gamma_d$ ), adalah perbandingan antara berat butiran ( $W_s$ ) dengan volume total ( $V$ ) tanah. Digunakan untuk menentukan nilai berat volume kering.

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

Dimana :  $\gamma_d$  : Berat volume kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W_s$  : Berat butiran tanah (gr)

$V$  : Volume total tanah ( $\text{cm}^3$ )

### 2.3.1.6 Berat Volume Butiran Padat (*Soil Volume Weight*)

Berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) merupakan perbandingan antara berat butiran tanah ( $W_s$ ) dengan volume butiran tanah padat ( $V_s$ ). Digunakan untuk menentukan nilai berat volume butiran padat.

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

Dimana :  $\gamma_s$  : Berat volume padat ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W_s$  : Berat butiran tanah (gr)

$V_s$  : Volume total padat ( $\text{cm}^3$ )

### 2.3.1.7 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah ( $G_s$ ) merupakan perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ) pada temperature 4°. nilai suatu berat jenis tanah tidak bersatuan (tidak berdimensi).

Digunakan untuk menentukan berat jenis.

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

Dimana :  $G_s$  : Berat jenis

$\gamma_s$  : Berat volume padat ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\gamma_w$  : Berat volume air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Tabel 1. Berat jenis Tanah (Hardiyatmo, 2002)

Keadaan Tanah	Berat Jenis ( $G_s$ )
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

### 2.3.1.8 Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*)

Derajat kejenuhan ( $S$ ) merupakan perbandingan volume air ( $V_w$ ) dengan volume rongga pori tanah ( $V_v$ ), biasanya dinyatakan dalam persen.

$$S(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Dimana :  $S$  : Derajat kejenuhan

$V_w$  : Volume air ( $\text{cm}^3$ )

$V_v$  : Volume total rongga pori tanah ( $\text{cm}^3$ )

Tabel 2. Drajat kejenuhan dan kondisi tanah (Hardiyatmo,2006)

Keadaan Tanah	Derajat Kejenuhan
Tanah Kering	0
Tanah agak Lembab	> 0 – 0.25
Tanah Lembab	0.26 – 0.50
Tanah sangat Lembab	0.51 – 0.75
Tanah Basah	0.76 – 0.99
Tanah Jenuh Air	1

## 2.4 Klasifikasi Tanah

Dalam menentukan sifat-sifat tanah ada dua sistem klasifikasi yang dapat digunakan, yaitu Sistem Klasifikasi Unified (*Unified Soil Classification System*) dan Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official Classification*).

### 1. Sistem Klasifikasi Unified

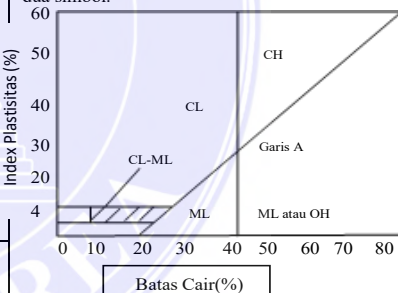
Sifat indeks (sifat pengenal) yang digunakan untuk mengklasifikasikan adalah:

- a. Perbandingan banyaknya butir kasar dan butir halus, banyaknya fraksi kerikil dan pasir.
  - b. Gradasi tanah.
  - c. Batas konsistensi tanah butir halus.
  - d. Sifat organik tanah.
- Menurut sistem *Unified* ini tanah berbutir kasar di bagi menjadi :
    - a. Kerikil dan tanah berkerikil; simbol G.
    - b. Pasir dan tanah berpasir; simbol S.
  - Kerikil dan pasir masing-masing dibagi lagi menjadi empat kelompok :
    - a. Material bergradasi baik, cukup bersih; simbol W.
    - b. Material bergradasi baik dengan pengikat lempung istimewa; simbol C.
    - c. Material bergradasi jelek, cukup bersih; simbol P.
    - d. Material kasar mengandung butiran halus, tidak termasuk dalam kelompok-kelompok sebelumnya; simbol M.

- Tanah berbutir halus dibagi menjadi tiga kelompok :
  - a. Tanah anorganik berlanau dan berpasir sangat halus; simbol M.
  - b. Lempung anorganis; simbol C.
  - c. Lanau dan lempung anorganis; simbol O.
- Masing-masing dari tiga kelompok tanah berbutir halus ini dibagi lagi menurut batas cairnya menjadi :
  - a. Tanah berbutir halus dengan batas cair 50 atau kurang, yaitu dengan kompresibilitas rendah hingga medium; simbol L.
  - b. Tanah berbutir halus dengan batas cair lebih besar daripada 50; yaitu dengan kompresibilitas tinggi; simbol H.

Tanah sangat organis, yang biasanya berserat, seperti tanah gambut dan tanah rawa dengan kompresibilitas tinggi; simbol Pt, tidak dibagi lagi dan ditempatkan pada satu kelompok berdasarkan identifikasi visual (Peck,R.B.,et.al 2010).

Tabel 3. Klasifikasi Tanah Sistem *Unified* (Hardiyatmo, 2006)

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi				
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{4D_{10}} >$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$				
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus					
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau					
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung					
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{6D_{10}} >$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$			
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus				
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau				
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung				
			Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$		ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 
						CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )	
OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah							
Lanau dan lempung batas cair $> 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomac, atau lanau diatomac, lanau yang elastis						
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )						
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi						
	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi						
Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488								

## 2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah guna perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade* (Hardiyatmo, H.C 2006).

Sistem klasifikasi tanah AASHTO membagi tanah dalam 7 kelompok. A-1 sampai A-7, termasuk sub-sub kelompok. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Pada garis besarnya tanah dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu kelompok tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus (Sukirman, S. 2002).

A-1, adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat-sifat plastis.

A-3, adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir-butir halus lolos No.200 dan tidak plastis.

A-2, sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak (<35%).

Sedangkan kelompok tanah berbutir halus dibedakan atas :

A-4, adalah kelompok tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah.

A-5, adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir-butir plastis, sehingga plastisitasnya lebih besar dari kelompok A-4.

A-6, adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.

A-7, adalah kelompok tanah lempung yang bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

Kelompok tanah A-4 sampai dengan A-7 (tanah >35% lolos no.200) sangat ditentukan dari sifat plastisitas tanahnya.

Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat dalam tabel 2.4.

Tabel 4. Klasifikasi tanah sistem AASHTO (Hardiyatmo, 2006)

Klasifikasi umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)							Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Analisa saringan (% lolos)												
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos												
Saringan no.40												
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 maks	40 maks	41 min	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks	NP	NP	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min	11 min
Indeks Kelompok (GI)	0	0	0	0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	16 maks	20 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu Kerikil dan pasir	Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir					Tanah berlanau	Tanah berlempung	Tanah berlempung	Tanah berlempung	Tanah berlempung
Penilaian umum sebagai tanah dasar			Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk			

## 2.5 Tanah Lempung

Tanah lempung terdiri dari berbagai golongan tekstur yang agak susah dicairkan secara umum. Sifat fisika tanah lempung umumnya terletak diantara sifat tanah pasir dan liat. Pengolahan tanah tidak terlampau bert, sifat merembeskan airnya sedang dan tidak terlalu melekat.

Tanah lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron). Namun demikian, dibeberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung. Disini tanah di klasifikasikan sebagai lempung hanya berdasarkan pada ukurannya saja. Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (*clay mineral*).

Tanah lempung merupakan partikel-partikel berukuran mikroskopis sampai submikroskopis yang berasal dari pelapukan kimiawi batuan. Lempung bersifat plastis pada kadar air sedang dan dalam keadaan kering lempung sangat keras sehingga tidak mudah dikelupas dengan jari Soekoto (2009).



## 2.5.1 Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung

### 1. Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan defusi, lapisan defusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau *kation* yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperature yang lebih tinggi dari 60<sup>0</sup> sampai 100<sup>0</sup> C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

### 2. Aktifitas (A)

Mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara indek Plastisitas (PI) dengan presentase butiran yang lebih kecil 0,002 mm atau dapat pula dituliskan sebagai persamaan berikut:

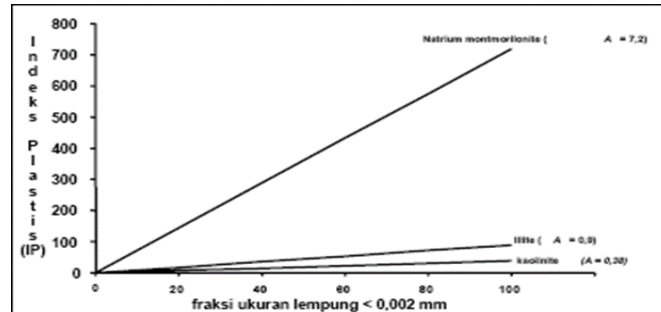
$$A = \frac{PI}{\% \text{ berat fraksi berukuran lempung}}$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat disimpulkan plastisitas tanah lempung tergantung dari (Kempton, 2008).

- a. Sifat mineral lempung yang ada pada butiran
- b. Jumlah mineral

Bila ukuran butiran semakin kecil, maka luas permukaan butiran akan semakin besar. Pada konsep *Atterberg*, jumlah air yang tertarik oleh

permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah.



Gambar 2. Variasi indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung (Hary Chrstady, 2011)

Gambar di atas mengklasifikasikan mineral lempung berdasarkan nilai aktivitas, yaitu :

- 1) *Montmorillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $\geq 7,2$
- 2) *Illite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $\geq 0,9$  dan  $< 7,2$
- 3) *Kaolinite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $\geq 0,38$  dan  $< 0,9$
- 4) *Polygorskite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $< 0,38$

### 3. Flokulasi dan Disversi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkrystal (*amorphous*) maka daya negatif netto, ion-ion  $H^+$  di dalam air, gaya *Van der Waals*, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flok (*flock*) yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan atau dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralkan dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion  $H^+$ ), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi.

Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebaran menjadi lebih sukar adanya gejala, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

#### 4. Pengaruh Zat Cair

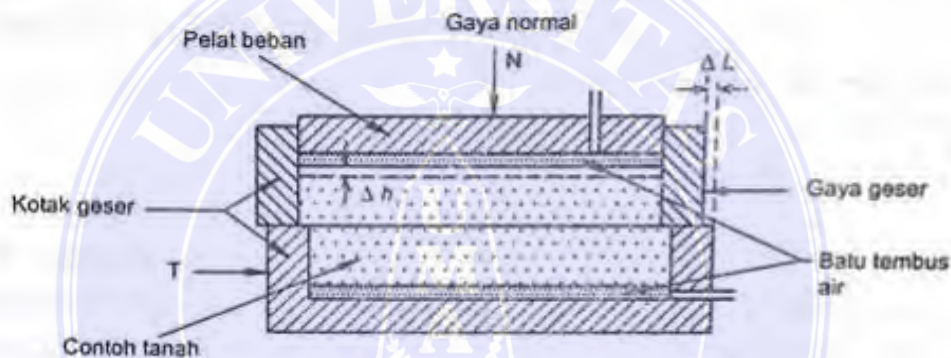
Face air yang berada didalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di laboratorium untuk batas *Atterberg*. ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Suatu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (*dipolar*). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

#### 2.6 *Direct Shear Test*

Secara umum kekuatan geser tanah dapat diartikan sebagai kemampuan tanah dalam melawan tegangan geser yang timbul pada tanah. Pengertian dari kekuatan geser tanah yaitu fungsi dari tekanan yang berikan padanya dan juga cara tekanan ini diterapkan. Dengan kata lain kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang di lakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (*Coulumb 2011*). *Direct Shear Test* yaitu percobaan pengukuran kekuatan geser tanah yang paling gampang dan simpel. Dimensi benda pengujian busa berbentuk tabung solid (*ring*) maupun kubus (*square*).

Pada pengujian kuat geser tanah didapatkan dari prosedur menggeser sampel tanah yang mana diberi beban normal (N). Uat tanah yang didapatkan melalui pengujian itu merupakan tanah dapat keluar pada saat pembebanan.

Ikatan dari gaya geser (T) dan beban normal (N) disajikan kedalam bentuk grafik guna menentukan ukuran nilai kohesi (c) dan juga sudut geser dalam tanah ( $\Phi$ ). Diharapkan nantinya didapatkan hasil yang sesuai, maka percobaan dilaksanakan minimal 3x dari beban normal yang berbeda. Nilai tekanan normal ( $\sigma$ ) juga tegangan geser (T) bisa didapatkan melalui rumus sebagai berikut:



Gambar 3. Skema Pembebanan (Hary Chrstady, 2011)

$$\text{Tekanan normal } (\sigma) = \frac{\text{Gaya Normal } (N)}{\text{Luas Penampang } (A)}$$

$$\text{Tekanan geser } (T) = \frac{\text{Gaya Geser } (T)}{\text{Luas Penampang } (A)}$$

## 2.6.1 Tahanan Geser Tanah

### 1. Definisi Geser Tanah

Suatu beban yang dikerjakan pada suatu masa tanah akan selalu menghasilkan tegangan dengan intensitas yang berbeda-beda didalam zona berbentuk bola lampu dibawah beban tersebut (Bowles, 2008).

Kekuatan geser suatu tanah dapat juga didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser di bawah suatu kondisi yang diberikan (Smith, 2006).

Kuat geser tanah sebagai perlawanan internal tanah terhadap persatuan luas terhadap keruntuhan atau pengerasan sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das, 2006)

## 2. Teori Kuat Geser Tanah

Menurut teori Mohr (2006) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = f(\sigma)$$

Dimana :  $\tau$  = Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*)

$\sigma$  = tegangan normal pada saat kondisi tersebut

kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hary Cristady, 2006).

Coulumb (2005) mendefinisikan  $f(\sigma)$  seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

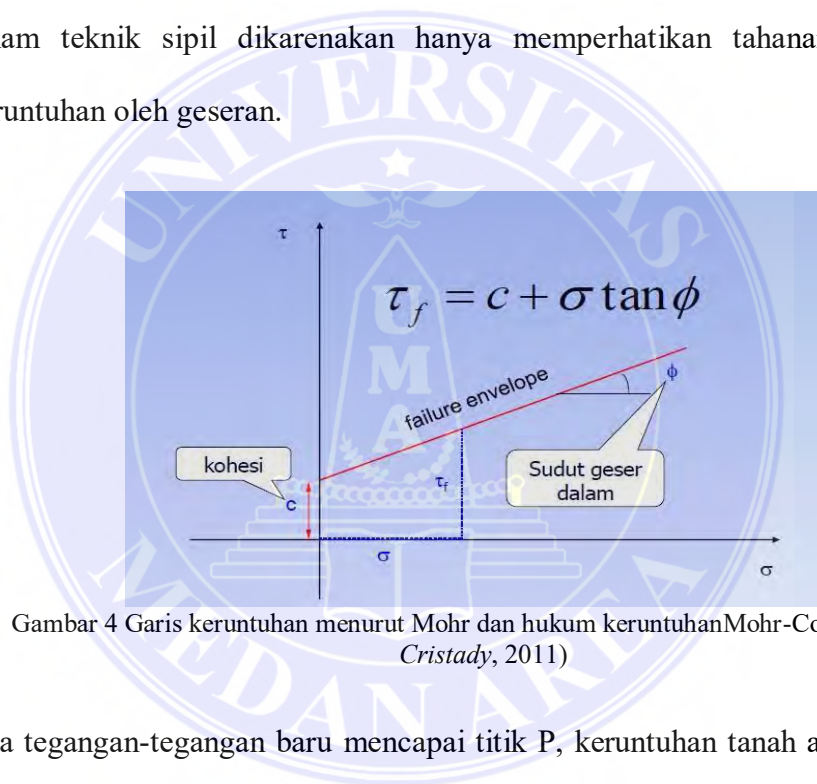
Dengan :  $\tau$  = Kuat geser tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$C$  = Kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$\Phi$  = Sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek internal (derajat)

$\sigma$  = Tegangan normal pada bidang runtuk ( $\text{kN/m}^2$ )

Garis keruntuhan (*failure envelope*) menurut Coulomb (2006) berbentuk garis lengkung seperti pada gambar 1 dimana untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan kekuatan geser (Das, 2006). Tanah seperti halnya bahan padat, akan runtuh karena tarikan maupun geseran. Tegangan tarik dapat menyebabkan retakan pada suatu keadaan praktis yang penting. Walaupun demikian, sebagian besar masalah dalam teknik sipil dikarenakan hanya memperhatikan tahanan terhadap keruntuhan oleh geseran.



Gambar 4 Garis keruntuhan menurut Mohr dan hukum keruntuhan Mohr-Coulomb (Hary Cristady, 2011)

Jika tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelumnya tegangan yang terjadi mencapai titik R, bahan sudah mengalami keruntuhan. Tegangan-tegangan efektif yang terjadi didalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori.

Terzaghi (2009) mengubah persamaan coulomb seperti pada persamaan 9 dan persamaan 10 dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut :

$$\tau = C' + (\sigma - u)tg\phi'$$

$$\tau = C + \sigma' tg\phi'$$

Dengan :  $C'$  = kohesi tanah efektif ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma$  = tegangan normal efektif ( $\text{kN/m}^2$ )

$u$  = tekanan air pori ( $\text{kN/m}^2$ )

$\phi'$  = sudut geser dalam tanah efektif (derajat)

ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain :

- 1) Pengujian geser langsung (*Direct shear test*)
- 2) Pengujian triaksial (*Triaxial test*)
- 3) Pengujian tekanan bebas (*Unconfined compression test*)
- 4) Pengujian baling-baling (*Vane shear test*)

Namun dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan kuat geser tanah adalah pengujian geser langsung (*Direct shear test*)



Gambar 5. *Adventure is out there: direct shear test* (Uji kuat geser batuan),(Hary Chrstady, 2011)

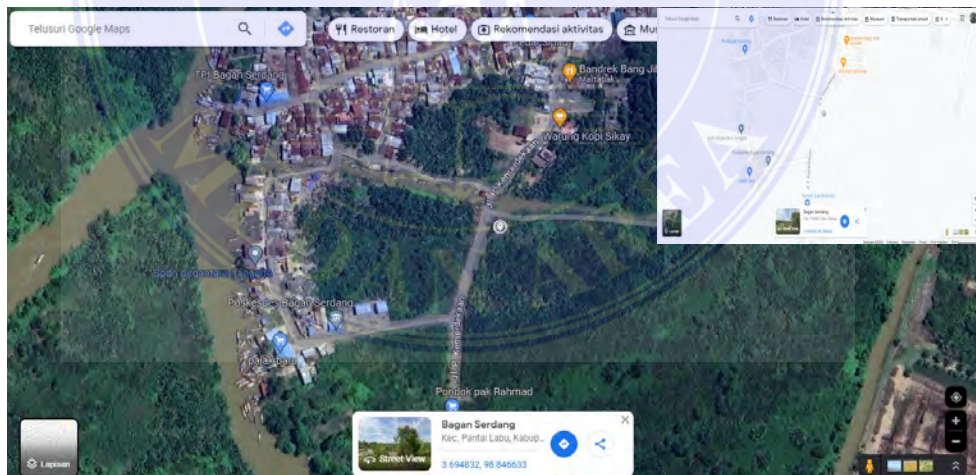
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Gambaran Daerah Penelitian

Daerah Bagan Serdang Kecamatan Pantai Labu, memiliki aliran sungai yang mengarah kepantai dan dialiran tersebut memiliki tanah lempung. Dan di aliran sungai yang menuju kepantai rata-rata tanah lempung. Untuk mendapatkan tanah lempung berada di pinggiran sungai yang dimana sungai tersebut sedang pasang surut yang sangat dekat dari penduduk.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini dilakukan di Jl. P. Kemerdekaan, Bagan Serdang, Kec. Pantai Labu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium mekanika tanah Universitas Katolik Santo Thomas Medan.



Gambar 6. Lokasi penelitian(Google map, 2023)

Sampel tanah yang diambil meliputi tanah yang tidak terganggu (*Undisturb soil*) yaitu tanah yang belum terjamah atau masih alami tidak terganggu oleh lingkungan luar. Sampel tanah diambil di beberapa titik pada lokasi pengambilan sampel menggunakan tabung dengan panjang 40 cm. sampel



tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel. Untuk mencapai lokasi tanah yang benar-benar asli tanah gambut berada di tengah-tengah perkebunan kelapa sawit, dan hanya di tengah-tengah perkebunan kelapa sawit itu yang ada tanah gambut. Karena di Tebing Linggahara Kecamatan Bila Barat lebih ke tanah lempung lanau berfosil dan rata-rata hanya memiliki tanah gambut sekitar 30 cm dari muka air tanah.

Sampel tanah tersebut digunakan untuk pengujian kadar air tanah, berat jenis, *Direct shear*, dan berat isi.

Dalam mencampur bahan-bahan stabilisasi, dilakukan pada waktu tanah dalam keadaan kering, kemudian dicampur dengan bahan stabilisasi. Campuran yang sudah rata ditambah air sesuai dengan kadar air pada masing-masing campuran.



Gambar 7. Pengambilan Sampel Tanah tidak terganggu (*Undisturb Soil*), (Dokumentasi peneliti, 2023)

### 3.3 Metode Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 bagian, yaitu :

1. Data Primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian bahan-bahan sampel tanah lempung dan pengujian sampel yang meliputi pemeriksaan kadar air, berat jenis, berat isi, dan kuat geser langsung (*Direct Shear*).

2. Data Sekunder adalah data tambahan yang diperoleh dari jurnal-jurnal, dan internet.

Adapun pekerjaan yang dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini adalah :

1. Mengumpulkan bahan-bahan yang digunakan antara lain Tanah Lempung diambil di Jl. P. Kemerdekaan, Bagan Serdang, Kec. Pantai Labu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, pengambilan sampel menggunakan tabung.
2. Penyediaan alat dan bahan penelitian
  - Persiapan Alat Penelitian  
Menentukan alat-alat yang akan digunakan selama penelitian, mulai dari penelitian tahap awal hingga penelitian tahap akhir. Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk uji kadar air, uji berat spesifik, berat isi tanah, dan peralatan lainnya yang ada di laboratorium .
3. Persiapan Bahan
  - Tanah sampel yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Jl. P. Kemerdekaan, Bagan Serdang, Kec. Pantai Labu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Pada penelitian ini digunakan sampel *Undisturbed*. Tanah *Undisturbed* dengan cara dimasukkan ke dalam tabung besi dengan panjang 60 cm dan berdiameter 4 inch dan ujung atas dan bawah tabung di tutup dengan plastik setelah itu di slasikan, supaya kadar air tanah di dalam tabung tidak berkurang.

### 3.4 Metode Pengambilan Sampel

Adapun pengambilan sampel tidak terganggu diambil dari tanah yang berada  $\pm 30$  cm dari muka tanah, dengan memasukkan tabung besi ke dalam tanah. Adapun prosedur sampling yang dilakukan adalah :

- Menentukan lokasi tanah yang akan dilakukan untuk sampel, yaitu di Jl. P. Kemerdekaan, Bagan Serdang, Kec. Pantai Labu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Melakukan pengambilan sampel tanah yang akan digunakan. Untuk pengujian tanah asli dan pencampuran diambil dari contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed*).

### 3.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penulisan tugas akhir ini adalah studi literatur dan penelitian di laboratorium mekanika tanah Universitas Katolik Santo Thomas Medan. Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan teori dan data-data dari buku, jurnal, browser dan buku-buku referensi tentang petunjuk teknis yang sesuai dengan pengujian basah optimal dan kering optimal.

Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 bagian yaitu mencari kadar air pada tanah lempung, berat jenis tanah lempung, *Direct Shear*, dan berat isi tanah lempung.

Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 3.5.1. Pengujian terhadap lempung

Adapun pengujian untuk tanah lempung adalah :

- Uji Kadar Air
- Berat Isi
- Uji Berat Spesifik

- *Direct Shear*

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini adalah sebuah eksperimen, yaitu membuat suatu percobaan tentang suatu hal yang menarik . dalam hal pengujian di laboratorium ada beberapa pengujian, yaitu :

#### 1. Uji Kadar Air ( *Water Content* )

- Pengertian Umum

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam sampel tanah dengan berat kering tanah. Nilai kadar air biasanya dinyatakan dalam persentase (%). Apabila satuan nilai kadar air tidak dinyatakan dalam persen, maka hasil pengujian dikalikan dengan 0,01.

- Tujuan pengujian

tujuannya untuk menentukan kadar air tanah yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering yang dinyatakan dalam persen.

- Peralatan

1. Krus
2. Timbangan digital
3. Oven
4. Benda uji yang terdiri atas sampel tanah tidak terganggu (*Undisturbed*) dan tanah terganggu (*Disturbed*)

- Prosedur

1. Timbang krus dan catat beratnya ( $W_3$ )

2. Masukkan benda uji kedalam krus, lalu timbang dan catat beratnya ( $W_1$ )
3. Masukkan krus yang berisi sampel tanah tersebut kedalam oven, tunggu sekitar  $\pm 24$  jam
4. Setelah  $\pm 24$  jam, angkat krus dari oven lalu timbang dan catat beratnya ( $W_2$ )

- Perhitungan

Berat krus + tanah basah :  $W_1$

Berat krus + tanah kering :  $W_2$

Berat air :  $W_1 - W_2$

Berat krus :  $W_3$

Berat tanah kering :  $W_2 - W_3$

Kadar air :  $\frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100 \%$

2. Uji Berat Spesifik (*Specific Gravity*)

- Pengertian Umum

Berat jenis tanah adalah angka perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi (Volume) yang sama pada suhu tertentu.

- Tujuan Pengujian

tujuannya untuk menentukan berat jenis tanah yang diuji, yang mempunyai butiran lewat saringan No.40 dengan piknometer.

- Peralatan

1. Piknometer kapasitas 50 ml
2. Saringan no.40

3. Neraca ketelitian 0,01 gram
4. Kompor/tungku listrik (*hot plate*)
5. Oven ( $110 \pm 5$ )°C
6. Botol air suling
7. Bak perendam
8. Termometer

- Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam tes ini adalah benda uji yang tidak terganggu (*Undisturbed*) dan benda uji yang terganggu (*Disturbed*).

- Prosedur

Prosedur tes pada percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Siapkan sampel tanah yang akan diuji.
2. Keringkan benda uji di dalam oven pada temperatur  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230^{\circ}\text{F} \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) selama 24 jam, setelah itu dinginkan dan kemudian saring dengan saringan no.40 (untuk tanah *Disturbed*).
3. Cuci piknometer atau dengan air suling, kemudian dikeringkan dan selanjutnya timbang beserta tutup piknometer ( $W_1$  gram)
4. Masukkan benda uji ke dalam piknometer yang digunakan sampai  $1/3$  volume piknometer, kemudian timbang ( $W_2$  gram).
5. Tambahkan air suling ke dalam piknometer yang berisi benda uji, sehingga piknometer terisi  $2/3$  nya.
6. Panaskan piknometer yang berisi rendaman benda uji dengan hati-hati selama 10 menit atau lebih sehingga udara dalam benda uji ke

luar seluruhnya, untuk mempercepat proses pengeluaran udara, piknometer dapat di miringkan sekali-kali.

7. Rendamlah piknometer dalam bak perendam, sampai temperaturnya tetap. Tambahkan air suling secukupnya sampai leher piknometer, keringkan bagian luarnya, lalu timbang ( $W_3$  gram).
8. Ukur temperatur isi piknometer atau botol ukur, untuk mendapatkan faktor koreksi (K).

Tabel 5. Daftar faktor koreksi terhadap suhu, (ardiyatmo 2012)

Temp. ( °C )	K	Temp. ( °C )	K
25	1,0000	18	1,0016
26	0,9997	19	1,0014
27	0,9995	20	1,0012
28	0,9992	21	1,0010
29	0,9989	22	1,0007
30	0,9986	23	1,0005
31	0,9983	24	1,0003

9. Kosongkan dan bersihkan piknometer yang akan digunakan.
10. Untuk sampel tanah *Undisturbed*, sampel tanah dalam tanah piknometer jangan dibuang. Sampel tanah tersebut di masukkan ke dalam cawan, lalu dikeringkan di oven untuk mengetahui berat keringnya.
11. Isi piknometer dengan air suling yang temperaturnya sama, kemudian keringnya dan timbang ( $W_4$  gram).

NB : Kenapa suhu harus di koreksi ?, karena suhu diruangan dan di piknometer berbeda.

- Perhitungan

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

Dimana :

- Gs = Berat jenis tanah
- W<sub>1</sub> = Berat piknometer kosong
- W<sub>2</sub> = Berat piknometer + sampel tanah kering
- W<sub>3</sub> = Berat piknometer + sampel tanah basah
- W<sub>4</sub> = Berat piknometer + air suling
- W<sub>4</sub>' = W<sub>4</sub> x faktor koreksi suhu (K)

Tabel 6. Klasifikasi jenis tanah, (Hardiyatmo 2012)

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Organik	2,62 - 2,68
Lanau non Organik	2,58 - 2,66
Lempung Organik	2,65 - 2,68
Lempung non Organik	2,68 - 2,72

### 3. Pengujian *Direct Shear*

Tujuan dari percobaan langsung adalah untuk menentukan sudut geser ( $\Phi$ ) dan nilai kohesi (C). Pengujian menggunakan *Direct Shear Apparatus* tipe S0-525E

- Bahan-bahan:
  1. Sampel tanah asli yang di ambil melalui tabung
  2. Air secukupnya.
- Alat-alat yang digunakan:
  1. Frame alat geser langsung beserta proving ring.
  2. *Shear box* (sel geser langsung)
  3. *Extruder* (alat untuk mengeluarkan sampel)
  4. Cincin (cetakan benda uji)
  5. Pisau pemotong



6. Dial penggeseran
- Rangkaian Kerja:
  1. Mengeluarkan sampel tanah dari tabung, memasukkan cetakan benda uji dengan menekan sampel tanah.
  2. Memotong dan meratakan kedua permukaan cetakan dengan pisau pemotong.
  3. Mengeluarkan benda uji dari cetakan dengan ekstruder, menimbang benda uji dengan timbangan.
  4. Memasukkan benda uji ke dalam cincin geser yang masih terkunci dan menutup kedua cincin geser hingga menjadi satu bagian. Posisi benda uji berada diantara dua batu pori.
  5. Meletakkan cincin geser serta sampel tanah pada *share box* dan mengatur stang penekan dalam posisi vertikal dan tepat menyentuh bidang penekan.
  6. Mengatur kecepatan geser pada layer yang telah dikondolidasikan.
  7. Membuka cincin geser dan memberikan beban pertama sebesar 2000 gram dan mengisi *share box* dengan air sampai penuh sehingga benda uji terendam.
  8. Menekan tombol start/run dan setiap 15 detik sambil membaca dial proving ring sampai pembacaan terjadi penurunan.
  9. Menekan tombol stop bila pembacaan proving ring maksimum telah tercapai.

10. Percobaan dihentikan bila pembacaan proving ring maksimum dan mulai menurun dua atau tiga kali percobaan.
11. Membersihkan cincin geser dan *share box* dari kotoran sampel tanah.
12. Mengulangi langkah 3 sampai 10 untuk melakukan percobaan kedua seberat dua kali beban pertama (4000gram) dan sampel ketiga seberat tiga kali beban pertama (6000gram).

- Perhitungan

1. Perhitungan luas permukaan sampel :

$$A = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot D^2$$

2. Perhitungan tegangan normal :

$$T = P / A$$

3. Pembacaan dial maksimum :

$$T_{max} = \frac{\text{Dial max. kalibrasi alat}}{\text{Luas}}$$

4. Menentukan nilai kohesi (c) dan sudut geser ( $\phi$ ) dari grafik.

Dimana :

D = Diameter sampel (cm)

P = Beban yang diberikan (gram)

A = Luas permukaan sampel (cm<sup>2</sup>)

5. Pengolahan dan Analisa Data

- Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium diolah menurut klasifikasi data dengan menggunakan persamaan-persamaan

dan rumus-rumus yang berlaku. Hasil dari pengolahan data tersebut diuraikan dalam bentuk tabel dan grafik.

- Analisis Data

Dari rangkaian pengujian-pengujian yang dilaksanakan di laboratorium, maka :

1. Dari pengujian kadar air sampel tanah, diperoleh nilai kadar air tanah dalam persentase.
2. Dari pengujian berat jenis sampel tanah, diperoleh berat jenis tanah.
3. Dari pengujian analisis saringan (*sieve analysis*), diperoleh persentase pembagian ukuran butiran tanah, yang akan digunakan untuk mengklasifikasikan tanah dengan sistem klasifikasi *Unified*.
4. Dari pengujian pemadatan tanah standar, diperoleh harga *Optimum Moisture Content* (OMC).
5. Dari pengujian geser langsung di laboratorium, diperoleh hubungan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi ( $c$ ) dari suatu jenis tanah.

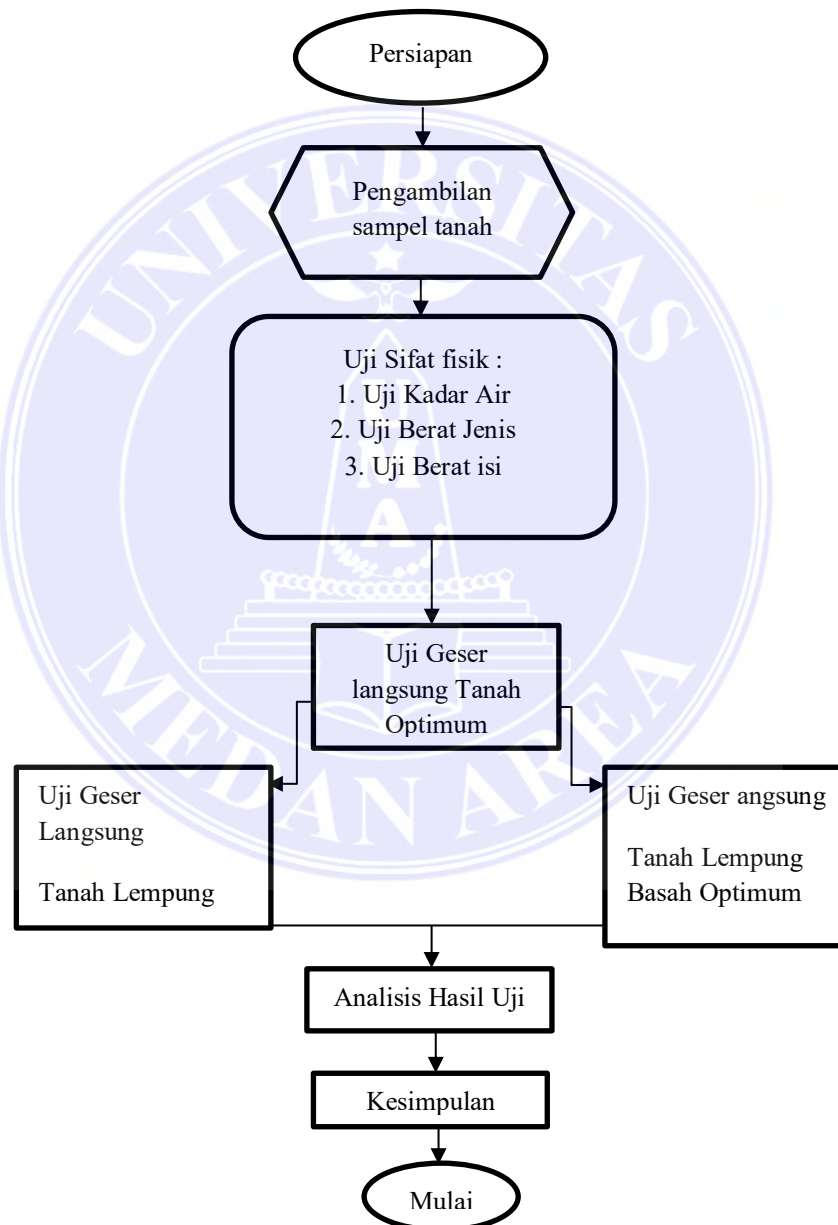
### 3.7 Analisis Data Laboratorium

Setelah seluruh data-data diperoleh dari pengujian sifat fisik baik pada tanah lempng basah optimal dan kering optimal, kemudian dilakukan pengumpulan data. Setelah data dikumpulkan, lalu dilakukan analisis data. Semua hasil data yang didapat dari pelaksanaan pengujian akan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik hubungan serta penjelasan-penjelasan. Adapun data yang akan

dikumpulkan berupa nilai basah optimal kering optimal yang akan dimuat dalam bentuk grafik.

### 3.8 Kerangka Berpikir

Untuk dapat memudahkan serta penguraian yang jelas dalam penelitian ini perlu adanya bagan alir penelitian seperti dilihat dalam gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Bagan alir, Bagan alir sipeneliti

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian kuat geser langsung didapatkan nilai kuat geser langsung dan nilai kohesi. Nilai yang didapat dalam kondisi optimum, kering optimum dan kondisi basah optimum adalah 0,2899 kg/cm<sup>2</sup>; 0,2821 kg/cm<sup>2</sup>; 0,2763 kg/cm<sup>2</sup> untuk nilai kuat geser langsung tanah, sedangkan nilai kohesi 0,24 kg/cm<sup>2</sup>; 0,19 kg/cm<sup>2</sup>; 0,18 kg/cm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian kuat geser langsung dapat dilihat hasilnya, pada saat tanah lempung dalam kondisi basah optimum dan kering optimum nilai kuat geser langsung dan nilai kohesi memiliki nilai yang paling kecil, sedangkan pada kondisi optimum sampel tanah yang diuji dalam keadaan stabil. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan tanah lempung dalam keadaan basah optimum memiliki sifat fisis dan sifat mekanis yang buruk sehingga daya dukung tanah sangat kecil, sedangkan pada keadaan optimum kondisi tanah baik dan stabil sehingga daya dukung tanah cukup baik.

### **5.2 Saran**

1. Pada penelitian selanjutnya diusahakan untuk melakukan pengujian dengan menggunakan campuran dengan kondisi kering optimum, basah optimum, dan optimum sehingga dapat membandingkan daya dukung tanah dengan campuran dan tanpa campuran.
2. Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian selanjutnya seharusnya menggunakan jenis tanah yang berbeda atau dari tempat yang berbeda karena untuk melihat kuat tekan bebas dan nilai kuat geser langsung pada jenis tanah yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA


- Ardana, M.D. 2010. *Kolerasi Kekuatan Geser Undrained Tanah Lempung Dari Uji Unconfined Compression Dan Uji Laboratory Vane Shear (Study Pada Remolded Clay)*. Universitas Udayana. Denpasar.
- Bowles, J.E. 2012. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Darwis. 2017. *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*.
- Das, B. M. 2011. *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, christady H.2013. *Mekanika Tanah II*. Erlangga. Jakarta.
- Lab Mektan Universitas Pendidikan Indonesia. (2009,04) . *Kuat geser tanah dan kuat tekan bebas* . diperoleh 15 Maret 2014, dari [http://labmektanUPI.blogspot.com/2009/04/kuat\\_geser\\_tanah\\_dan\\_kuat\\_tekan\\_bebas.html](http://labmektanUPI.blogspot.com/2009/04/kuat_geser_tanah_dan_kuat_tekan_bebas.html) <https://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/bahanajar/Herman/Kuat%20geser.pdf> <http://achmadbasuki.wordpress.com/2011/12/11/fondasi-di-atas-tanah-lempung>
- Schoeder, 2014. *Pengertian Tanah Menurut Ahli*
- Sholeh, Moch. 2010. *Pengaruh Proses Pembasahan Dan Pengeringan Pada Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Kapur Dan Eco Cure2*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Surta Ria Nurliana Panjaitan. 2011. *Pengaruh Pembasahan Dan Pengeringan Terhadap Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Abu Cangkang Kelapa Sawit*. Institut Teknologi Medan. Medan
- Sutedjo, 2012. *Pengertian Tanah Menurut Para Ahli*.

Syarifruddin. 2014. *Hubungan Teori Antara Berat Isi Kering Dan Kadar Air Untuk Menentukan Kepadatan Relatif*. Info Teknik Volume 8

Tommy dan Rano Adex. 2015 *Pengaruh Siklus Pengeringan-Pembasahan Berulang Terhadap Properti Dinamik Tanah Lempung Ekspansif Tidak Jenuh Yang Distabilisasi Dengan Fly Ash Menggunakan Alat Uji Elemen Bender*.



## LAMPIRAN 1 HASIL UJI KADAR AIR

	<b>UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN</b> <b>FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL</b> <b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132	
<i>Project :</i>	<i>Unit Weight</i>	<i>Date : 10 Juli 2023</i>
<i>SOIL INVESTIGATION</i>		<i>Test by:</i>
<i>Location : Lab. Mekanika Tana</i>		<i>Checked by:</i>
<i>BH:</i>		<i>depth:</i>

No	BAHAN	1	Hasil
1	Berat Ring	W1	40,25
2	Berat Kuru	W2	0
3	Berat Ring + Krus + Tanah Basah	W3	87,15
4	Berat Tanah Basah	$W=W3-W1-W2$	46,90
5	Berat Volume Basah	$\gamma_w=W/V$	1,86
6	Berat Ring + Krus + Tanah Kering	W4	75,60
7	Berat Tanah Kering	WS	35,35
8	Berat Air	$WW=W-WS$	11,55
9	Kadar Air	$w=(WW/WS)\times 100\%$	32,67
10	Berat Volume Tanah kering	$\gamma_d=\gamma_w/(1+w)$	1,40
11	Berat jenis	Gs	2,64
12	Volume Tanah Kering	$VS=WS/Gs$	13,36
13	Volume Pori	$VV=V-VS$	11,75
14	Derajat Kejenuhan	$VW=WW/\gamma_w$	6,18
		$Sr=(VW/VV)\times 100\%$	52,62
15	Porositas	$n=(VV/V)100\%$	46,8
16	Angka Pori	$e=VV/VS$	0,880





**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
 alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	<i>Unit Weight</i>	<i>Date : 10 Juli 2023</i>
<i>SOIL INVESTIGATION</i>		<i>Test by:</i>
		<i>Checked by:</i>
<i>Location : Lab. Mekanika Tana</i>	<i>BH:</i>	<i>depth:</i>

No	BAHAN	2	HASIL
1	Berat Ring	W1	40,25
2	Berat Kurus	W2	0
3	Berat Ring + Krus + Tanah Basah	W3	84,21
4	Berat Tanah Basah	$W=W3-W1-W2$	42,96
5	Berat Volume Basah	$\gamma_w=W/V$	1,71
6	Berat Ring + Krus + Tanah Kering	W4	74,35
7	Berat Tanah Kering	WS	33,10
8	Berat Air	$WW=W-WS$	9,86
9	Kadar Air	$w=(WW/WS)\times 100\%$	29,78
10	Berat Volume Tanah kering	$\gamma_d=\gamma_w/(1+w)$	1,31
11	Berat jenis	Gs	2,64
12	Volume Tanah Kering	$VS=WS/Gs$	12,51
13	Volume Pori	$VV=V-VS$	12,60
14	Derajat Kejenuhan	$VW=WW/\gamma_w$	5,76
		$St=(VW/VV)\times 100\%$	45,73
15	Porositas	$n=(VV/V)100\%$	50,18
16	Angka Pori	$e=VV/VS$	1,00

## LAMPIRAN 2 HASIL UJI BERAT ISI



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	<i>Unit Weight</i>	<i>Date : 10 Juli 2023</i>
<i>SOIL INVESTIGATION</i>		<i>Test by:</i>
		<i>Checked by:</i>
<i>Location : Lab. Mekanika Tana</i>	<i>BH:</i>	<i>depth:</i>

		<b>Tanah Tidak Terganggu (Undisturbed Soil)</b>	
no	Nomor Pengujian	I	II
1	Berat Cawan(W <sub>1</sub> ), gram	15,85	15,14
2	Berat Cawan + Tanah Basah(W <sub>2</sub> ), gram	40,09	47,80
3	Berat Cawan + Tanah Kering(W <sub>3</sub> ), gram	29,53	34,10
4	Berat Air (W <sub>2</sub> -W <sub>3</sub> ), gram	10,56	13,70
5	Berat Tanah Kering (W <sub>3</sub> -W <sub>1</sub> ), gram	13,68	18,96
6	Kadar air, $w=W_2-W_3/W_3-W_1 \times 100\%$	77,19	72,26
7	Kadar air rata-rata (W <sub>rata-rata</sub> )	74,72	

### LAMPIRAN 3 BERAT JENIS



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN  
 FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project : sampel 1	Specific Gravity	Date : 11 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by:
		Checked by:
Location : Lab. Mekanika Tana	BH:	depth:

no	Keterangan	Berat
1	Berat piknometer(W <sub>1</sub> ), gram	56,20
2	Berat piknometer + Tanah(W <sub>2</sub> ), gram	108,55
3	Berat tanah (W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub> ), gram	52,35
4	Berat piknometer + tanah + air(W <sub>3</sub> ), gram	186,90
5	Berat piknometer + air(W <sub>4</sub> ), gram	154,45
6	Berat isi air : (W <sub>4</sub> -W <sub>1</sub> )-(W <sub>3</sub> -W <sub>2</sub> ), gram	19,82
7	Temperatur air (T), °C	29
8	Berat jenis (G <sub>s</sub> ) (pada T <sup>0</sup> C) = $\frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,6409
9	Faktor koreksi suhu	0,9995
10	G <sub>s</sub> (pada 25°C) = G <sub>s</sub> (pada T°C). A	



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project : sampel 2</i>	<i>Spesific Gravity</i>	<i>Date : 11 Juli 2023</i>
<i>SOIL INVESTIGATION</i>		<i>Test by:</i>
		<i>Checked by:</i>
<i>Location : Lab. Mekanika Tana</i>	<i>BH:</i>	<i>depth:</i>

no	Keterangan	Berat
1	Berat piknometer(W <sub>1</sub> ), gram	55,15
2	Berat piknometer + Tanah(W <sub>2</sub> ), gram	96,37
3	Berat tanah (W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub> ), gram	41,22
4	Berat piknometer + tanah + air(W <sub>3</sub> ), gram	174,65
5	Berat piknometer + air(W <sub>4</sub> ), gram	149,25
6	Berat isi air : (W <sub>4</sub> -W <sub>1</sub> )-(W <sub>3</sub> -W <sub>2</sub> ), gram	15,82
7	Temperatur air (T), °C	29
8	Berat jenis (G <sub>s</sub> ) (pada T <sup>o</sup> C) $= \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,6056
9	Faktor koreksi suhu	0,9995
10	G <sub>s</sub> (pada 25°C) = G <sub>s</sub> (pada T <sup>o</sup> C). A	

## LAMPIRAN 4 HASIL UJI BASAH OPTIMUM



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project :	Direct Shear Test	Date : 10 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by:
		Checked by:
Location : Lab. Mekanika Tana	BH: Basah Optimum	depth:

kedalaman sampel = Jumlah sampel =  
 Diamter sampel = 6,00 cm Tinggi sampel = 2,00 cm  
 Lus sampel = 28,26 Faktor kalibrasi = 0,5

besar Pergeseran (mm)	Beban (PI) = 2 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	0,50	0,25	0,009
30	1,00	0,50	0,018
45	1,50	0,75	0,027
60	2,00	1,00	0,035
75	2,50	1,25	0,044
90	3,00	1,50	0,053
105	3,50	1,75	0,062
115	5,00	2,50	0,088
130	6,50	3,25	0,115
145	7,50	3,75	0,133
160	8,50	4,25	0,150
175	9,00	4,50	0,159
190	9,50	4,75	0,168
205	10,50	5,25	0,186
220	12,00	6,00	0,212
235	12,50	6,25	0,221
250	14,00	7,00	0,248
265	14,25	7,13	0,252
280	12,00	6,00	0,212
295	9,00	4,50	0,159
310			
325			
340			
355			
370			
385			
400			
415			



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
 alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project :	Direct Shear Test	Date : 10 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by:
		Checked by:
Location : Lab. Mekanika Tana	BH: Basah Optimum	depth:

kedalaman sampel =                                      Jumlah sampel =  
 Diamter sampel = 6,00 cm                            Tinggi sampel = 2,00 cm  
 Lus sampel = 28,26                                    Faktor kalibrasi = 0,5

besar Pergeseran (mm)	Beban (Pl) = 4 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	1,50	0,75	0,027
30	2,50	1,25	0,044
45	2,50	1,25	0,44
60	5,00	2,50	0,088
75	7,00	3,50	0,124
90	8,00	4,00	0,142
105	11,50	5,75	0,203
115	12,00	6,00	0,212
130	12,50	6,25	0,221
145	14,50	7,25	0,257
160	16,50	8,25	0,292
175	17,00	8,50	0,301
190	17,50	8,75	0,310
205	18,50	9,25	0,327
220	19,00	9,50	0,336
235	17,00	8,50	0,301
250	15,00	7,50	0,265
265	12,00	6,00	0,212
280			
295			
310			
325			
340			
355			
370			
385			
400			
415			



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project :	Direct Shear Test	Date : 10 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by:
		Checked by:
Location : Lab. Mekanika Tana	BH: Basah Optimum	depth:

kedalaman sampel = Jumlah sampel =  
 Diamter sampel = 6,00 cm Tinggi sampel = 2,00 cm  
 Lus sampel = 28,26 Faktor kalibrasi = 0,5

Pergeseran (mm)	Beban (PI) = 8 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	1,50	0,750	0,027
30	3,00	1,500	0,053
45	5,00	2,500	0,088
60	7,00	3,500	0,124
75	8,50	4,250	0,150
90	10,00	5,000	0,177
105	11,00	5,500	0,195
115	12,50	6,250	0,221
130	14,00	7,000	0,248
145	14,50	7,250	0,257
160	16,50	8,250	0,292
175	17,50	8,750	0,310
190	19,00	9,500	0,336
205	20,00	10,000	0,354
220	22,00	11,000	0,389
235	24,50	12,250	0,433
250	27,00	13,500	0,478
265	29,00	14,500	0,513
280	31,00	15,500	0,548
295	32,50	16,250	0,575
310	34,00	17,000	0,602
325	35,00	17,500	0,619
340	34,35	17,175	0,608
355			
370			
385			
400			
415			

## LAMPIRAN 5 HASIL UJI KERING OPTIMUM



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	<i>Direct Shear Test</i>	<i>Date : 10 Juli 2023</i>
<i>SOIL INVESTIGATION</i>		<i>Test by:</i>
		<i>Checked by:</i>
<i>Location : Lab. Mekanika Tanah</i>	<i>BH: Kering Optimum</i>	<i>depth:</i>

kedalaman sampel = Jumlah sampel =  
 Diameter sampel = 6,00 cm Tinggi sampel = 2,00 cm  
 Lus sampel = 28,26 Faktor kalibrasi = 0,5

besar Pergeseran (mm)	Beban (Pl) = 2 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	0,50	0,25	0,009
30	1,50	0,75	0,027
45	2,00	1,00	0,35
60	2,50	1,25	0,044
75	3,00	1,50	0,053
90	4,00	2,00	0,071
105	5,00	2,50	0,088
115	5,50	2,75	0,097
130	6,00	3,00	0,106
145	7,50	3,75	0,133
160	8,50	4,25	0,150
175	9,50	4,75	0,168
190	11,00	5,50	0,195
205	12,00	6,00	0,212
220	12,50	6,25	0,221
235	14,00	7,00	0,248
250	14,20	7,10	0,251
265	14,45	7,23	0,256
280	15,00	7,50	0,265
295	13,00	6,50	0,230
310			
325			
340			
355			
370			
385			
400			
415			





**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project :	Direct Shear Test	Date : 10 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by:
Location : Lab. Mekanika Tanah		Checked by:
BH: Kering Optimum		depth:

kedalaman sampel =    Jumlah sampel =  
 Diamter sampel = 6,00 cm                                      Tinggi sampel = 2,00 cm  
 Lus sampel = 28,26    Faktor kalibrasi = 0,5

besar Pergeseran (mm)	Beban (P) = 4 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	1,00	0,50	0,018
30	2,00	1,00	0,035
45	2,00	1,00	0,035
60	3,50	1,75	0,062
75	4,00	2,00	0,071
90	4,50	2,25	0,080
105	5,00	2,50	0,088
115	6,00	3,00	0,106
130	7,50	3,75	0,133
145	8,00	4,00	0,142
160	9,00	4,50	0,159
175	10,00	5,00	0,177
190	11,50	5,75	0,203
205	12,00	6,00	0,212
220	14,00	7,00	0,248
235	16,00	8,00	0,283
250	18,00	9,00	0,318
265	20,00	10,00	0,354
280	21,00	10,50	0,372
295	18,00	9,00	0,318
310	12,00	6,00	0,212
325			
340			
355			
370			
385			
400			
415			



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project :	Direct Shear Test	Date : 10 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by: Checked by:
Location : Lab. Mekanika Tanah	BH: Kering Optimum	depth:

kedalaman sampel = Jumlah sampel =  
 Diameter sampel = 6,00 cm Tinggi sampel = 2,00 cm  
 Lus sampel = 28,26 Faktor kalibrasi = 0,5

Pergeseran (mm)	Beban (Pl) = 8 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	2,00	1,000	0,035
30	4,00	2,000	0,071
45	5,00	2,500	0,088
60	6,00	3,000	0,106
75	8,00	4,000	0,142
90	9,50	4,750	0,168
105	10,00	5,000	0,177
115	11,00	5,500	0,195
130	12,50	6,250	0,221
145	14,00	7,000	0,248
160	15,50	7,750	0,274
175	17,00	8,500	0,301
190	19,00	9,500	0,336
205	21,00	10,500	0,372
220	23,50	11,750	0,416
235	25,50	12,750	0,451
250	27,00	13,500	0,478
265	29,00	14,500	0,513
280	31,00	15,500	0,548
295	33,50	16,750	0,593
310	35,00	17,500	0,619
325	37,00	18,500	0,655
340			
355			
370			
385			
400			
415			

**LAMPIRAN 6**  
**HASIL UJI OPTIMUM**



UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN  
FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL  
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

<i>Project :</i>	<i>Direct Shear Test</i>	<i>Date : 10 Juli 2023</i>
<i>SOIL INVESTIGATION</i>		<i>Test by:</i> <i>Checked by:</i>
<i>Location : Lab. Mekanika Tanah</i>	<i>BH: Optimum</i>	<i>depth:</i>

kedalaman sampel =                      Jumlah sampel                      =  
 Diamter sampel       = 6,00 cm              Tinggi sampel                      = 2,00 cm  
 Lus sampel               = 28,26                      Faktor kalibrasi                      = 0,5

besar Pergeseran (mm)	Beban (Pl) = 2 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	0,50	0,25	0,009
30	1,50	0,75	0,027
45	2,00	1,00	0,035
60	2,50	1,25	0,044
75	3,00	1,50	0,053
90	3,50	1,75	0,062
105	4,00	2,00	0,071
115	4,00	2,00	0,071
130	4,50	2,25	0,08
145	5,00	2,50	0,088
160	5,50	2,75	0,097
175	6,50	3,25	0,115
190	7,50	3,75	0,133
205	8,50	4,25	0,150
220	9,00	4,50	0,159
235	10,00	5,00	0,177
250	11,00	5,50	0,195
265	12,50	6,25	0,221
280	14,00	7,00	0,248
295	15,00	7,50	0,265
310	15,25	7,63	0,270
325	16,00	8,00	0,283
340	17,00	8,50	0,301
355	16,20	8,10	0,287
370			
385			
400			
415			



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project :	Direct Shear Test	Date : 10 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by:
		Checked by:
Location : Lab. Mekanika Tanah	BH: Optimum	depth:

kedalaman sampel = Jumlah sampel =  
 Diamter sampel = 6,00 cm Tinggi sampel = 2,00 cm  
 Lus sampel = 28,26 Faktor kalibrasi = 0,5

besar Pergeseran (mm)	Beban (Pl) = 4 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	1,50	0,75	0,027
30	2,50	1,25	0,044
45	3,00	1,50	0,053
60	4,00	2,00	0,071
75	5,00	2,50	0,088
90	5,50	2,75	0,097
105	7,00	3,50	0,124
115	8,00	4,00	0,142
130	9,00	4,50	0,159
145	10,00	5,00	0,177
160	11,00	5,50	0,195
175	12,50	6,25	0,221
190	14,00	7,00	0,248
205	16,00	8,00	0,283
220	18,50	9,25	0,327
235	20,00	10,00	0,354
250	21,00	10,50	0,372
265	23,00	11,50	0,407
280	24,50	12,25	0,433
295	25,00	12,50	0,442
310	27,00	13,50	0,478
325	28,50	14,25	0,504
340	25,00	12,50	0,442
355	22,00	11,00	0,389
370	20,00	10,00	0,354
385			
400			
415			



**UNIVERSITAS KATOLIK ST. THOMAS, SU MEDAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PRODI TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

Alamat : Jl. Setia Budi No. 479 F – Tanjung Sari, Medan 20132

Project :	Direct Shear Test	Date : 10 Juli 2023
SOIL INVESTIGATION		Test by:
		Checked by:
Location : Lab. Mekanika Tanah	BH: Optimum	depth:

kedalaman sampel =	Jumlah sampel =
Diameter sampel = 6,00 cm	Tinggi sampel = 2,00 cm
Lus sampel = 28,26	Faktor kalibrasi = 0,5

besar Pergeseran (mm)	Beban (PI) = 8 kg		
	Pembacaan Dial (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	0
15	1,50	0,750	0,027
30	3,00	1,500	0,053
45	5,00	2,500	0,088
60	7,00	3,500	0,124
75	9,00	4,500	0,159
90	10,50	5,250	0,186
105	12,50	6,250	0,221
115	14,50	7,250	0,257
130	16,00	8,000	0,283
145	18,00	9,000	0,318
160	20,00	10,000	0,354
175	22,00	11,000	0,389
190	24,00	12,000	0,425
205	26,00	13,000	0,460
220	29,00	14,500	0,513
235	32,00	16,000	0,566
250	35,00	17,500	0,619
265	37,00	18,500	0,655
280	39,50	19,750	0,699
295	40,50	20,250	0,717
310	42,00	21,000	0,743
325	36,00	18,000	0,637
340	33,00	16,500	0,584
355	31,00	15,500	0,548
370	27,00	13,500	0,478
385	24,00	12,000	0,425
400	22,00	11,000	0,389
415	19,00	9,500	0,336

## LAMPIRAN 7 PEKERJAAN PENGAMBILAN SAMPEL



Lokasi Pengambilan Sampel Tanah di Jl. P. Kemerdekaan, Bagan Serdang, Kec.  
Pantai Labu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.



Pengambilan sample tanah menggunakan tabung besi khusus untuk tanah tidak terganggu, tabung di tekan sampai  $\frac{3}{4}$  setelah itu ditarik.



Sampel ditutupi lilin supaya kadar air tidak berkurang



Setelah diberi lilin ditutup menggunakan plastik dan disolasilan menggunakan selotip



## LAMPIRAN 8 PEKERJAAN PEMERIKSAAN KADAR AIR



Sampel tabung di buka menggunakan *Extruder*



Tanah diambil sedikit untuk test uji kadar air



Timbang cawan kosong setelah itu cawan beserta tanah yang sudah di sisikan ditimbang kembali.



Cawan yang berisikan tanah uji kadar air dimasukan ke oven selama  $\pm 24$  jam



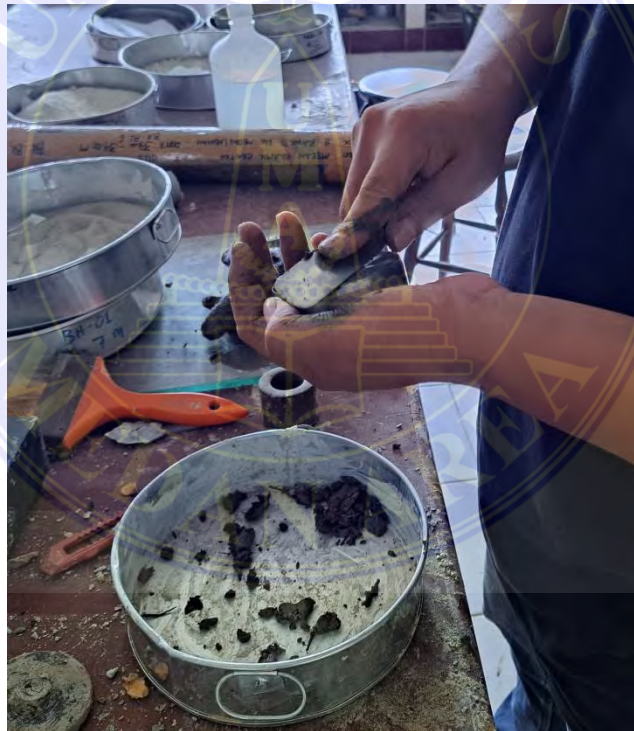
Setelah 24 jam di oven cawan + uji tanah di timbang kembali



## LAMPIRAN 9 PEKERJAAN PEMERIKSAAN BERAT ISI



Sampel dikeluarkan menggunakan *extruder* setelah itu masukkan ring berat isi ketengah sampel yang di keluarkan



Ring + tanah diratakan menggunakan *grooving tool*



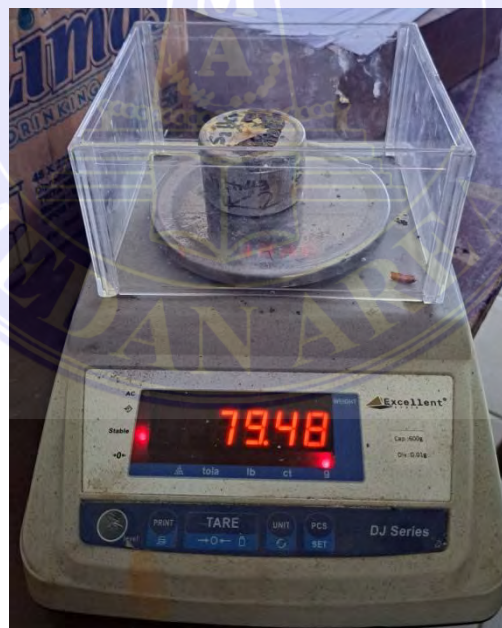
Setelah itu tanah basah dikeluarkan dari ring berat isi ke cawan untuk di timbang berat basahnya



Timbang cawan + tanah basah



Setelah di timbang, cawan + tanah basah dimasukkan ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam



Setelah 24 jam di oven cawan + tanah kering di timbang kembali

## LAMPIRAN 10 PEKERJAAN PEMERIKSAAN UJI BERAT JENIS



Sampel tanah uji di ambil sedikit untuk uji berat jenis



Masukan sampel uji yang disisakan tadi ke oven selama  $\pm 24$  jam



Keluarkan sampel uji dari oven dan didinginkan disuhu ruangan



Setelah sampel dingin sampel dipukul sampai merata

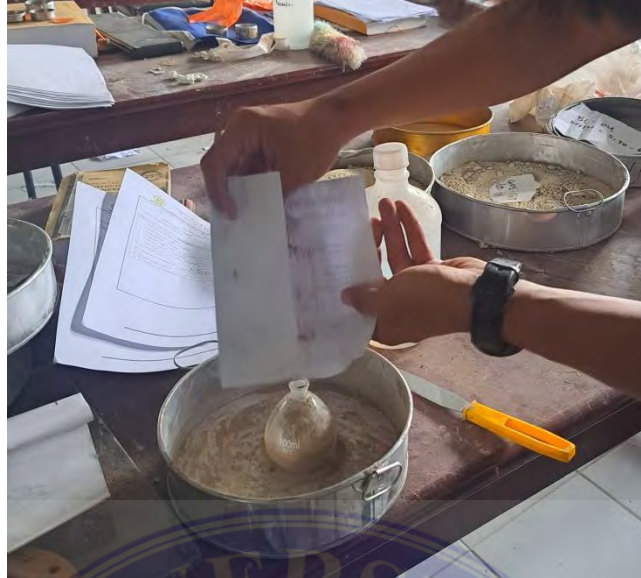




Setelah di pukul sampel di saring menggunakan saringan no 40



Timbang berat kosong piknometer



Masukkan tanah uji yang sudah disaring kedalam piknometer



Timbang piknometer + tanah uji



Masukkan air suling kedalam piknometer yang berisi tanah uji



Piknometer direbus menggunakan kompor portabel tutup piknometer dibuka supaya udara yang tertahan di dalam piknometer keluar



Sesudah direbus dan didinginkan piknometer di timbang kembali

## LAMPIRAN 11 PEKERJAAN PEMERIKSAAN UJI *DIRECT SHEAR*



Penimbangan berat ring *direct shear* yang kosong



Keluarkan sampel uji menggunakan *extruder* dan masukkan ring *direct shear* kedalam sampel tanah



Bersihkan dan ratakan ring benda uji *direct shear* menggunakan *grooving tool*



Penimbangan ring + berat basah pada tanah uji



Masukkan sampel uji ke alat *direct shear*



Setelah naik pembebanan mulai pembacaan dial pada *direct shear*



Selesai pembacaan sampel uji di keluarkan kembali



Masukkan benda uji yang sudah di uji *direct shear* ke dalam oven





Setelah dikeluarkan dari oven timbang berat kering sampel uji *direct shear*

NB : untuk pengujian *direct shear* basah optimum dan kering optimum sama halnya pengujian *direct shear* optimum.