

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KUAT GESER TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN ZEOLIT  
DENGAN VARIASI PEMERAMAN**



Oleh

**REIDALDY A.RATUMURUN**

45 12 041 121

**JURUSAN SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

2019



## LEMBAR PENGAJUAN UJIAN SEMINAR AKHIR

Tugas Akhir :

**“ANALISIS KUAT GESER TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN ZEOLITH DENGAN VARIASI PEMERAMAN”**

Disusun dan diajukan oleh :

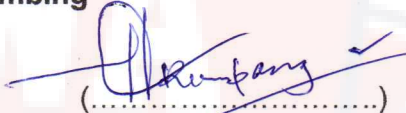
Nama Mahasiswa : **REIDALDY A.RATUMURUN**

No. Stambuk : **45 12 041 121**

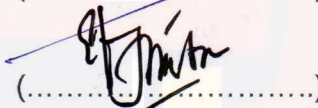
Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

**Telah Disetujui Komisi Pembimbing**

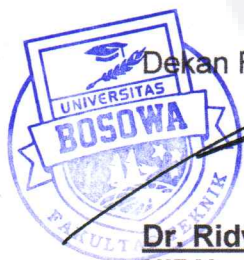
Pembimbing I : Ir.ANDI RUMPANG YUSUF.MT

  
(.....)

Pembimbing II : EKA YUNIARTO ST.MT

  
(.....)

Mengetahui :



Dekan Fakultas Teknik

**Dr. Ridwan, ST., M.Si**  
NIDN : 09 101271 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
**Nurhadijah Yuniarti, ST.MT**  
NIDN : 09 160682 01



# UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jl. Urip Sumohardjo Km. 4 Telp. (0411) 452901 – 452789 Makassar

## FAKULTAS TEKNIK

### LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, No.772/SK/FT.Unibos/VII2019, tanggal 22 Agustus 2019, perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari/ Tanggal : Kamis 29 Agustus 2019

Nama : REIDALDY A.RATUMURUN

No. Stambuk : 45 12 041 121

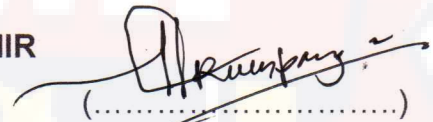
Fakultas/Jurusan: Teknik/ Teknik Sipil

Judul : "ANALISIS KUAT GESER TANAH LEPUNG MENGGUNAKAN ZEOLIT DENGAN VARIASI PEMERAMAN"

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan tim penguji Sarjana Strata satu (S1), untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik dengan susunan sebagai berikut :

#### TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua / Ex Office : Ir. Andi Rumpang Yusuf, MT

  
(.....)

Sekretaris : Eka Yuniarto, ST, MT

  
(.....)

Anggota : Fauzy Lebang, ST, MT

  
(.....)


Hj. Savitri Prasandi, ST, MT

  
(.....)

Makassar, .....2019

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Bosowa

  
**Dr. Ridwan, ST., M.Si.**  
NIDN : 09 101271 01

Ketua Program Studi Jurusan Sipil  
Universitas Bosowa

  
**Nurhadijah Yuniarti, ST., MT.**  
NIDN : 09 160682 01

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kelancaran dalam berpikir sehingga penulisan tugas akhir dengan judul **“Analisis kuat geser tanah lempung menggunakan zeolith dengan variasi pemeraman”** “. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa.

Tugas akhir ini merupakan suatu syarat akademik yang harus ditempuh guna kelulusan studi Sarjana Strata Satu di Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan – bantuan pihak lain dalam memberikan bantuan dan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT tempat meminta dan memohon pertolongan.
2. Kedua orang tua dan kedua kakak tercinta yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tak terhitung jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti ini.
3. Bapak Dr Ir Natsir Abduh Msi . sebagai pembimbing akademik yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing selama perkuliahan maupun diluar perkuliahan.

4. Bapak Ir. Andi Rumpang Yusuf, MT sebagai pembimbing I yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan kami sehingga terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Eka Yuniarto ST. MT sebagai pembimbing II yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan kami sehingga terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Dekan, Para Wakil Dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
7. Ibu Nurhadijah Yuniarti ST MT sebagai Ketua Jurusan Sipil beserta staf dan dosen pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa.
8. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman. M.T., selaku Kepala Laboratorium Tanah Teknik Sipil Universitas Bosowa.
9. Bapak Hasrullah, ST., selaku Asisten Laboratorium yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan sehubungan penelitian ini.
10. Ibu Dr Hijriah, S.T, M.T dan Semua Dosen prodi Teknik Sipil atas dukungannya selama diperkuliahan
11. Ibu Marlina Alwi, ST, yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi di jurusan.
12. Sahabat Harum Samboro ST .Muh idul. Muh Iqbal. Muh,Arham Amir yang telah menemani dan berbagi dalam suka dan duka selama ini.
13. Teman – teman angkatan 012 Teknik Sipil Universitas Bosowa yang telah menemani dan berbagi dalam suka dan duka selama ini.

14. IPMATEB (Ikatan Pelajar Mahasiswa/I Teluk Bintuni ) Terkhusus nya Adinda Terkhasi Siti Khadijah SKM telah menemani dan memberi penyemangat.

Menyadari akan segala kekurangan dan keterbatasan penulis sebagai manusia biasa, maka penulis dengan tangan terbuka menerima segala saran dan kritik yang membangun guna penyempurnaan tugas akhir ini.

Akhirnya, semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan – rekan mahasiswa lainnya di masa yang akan datang dan segala bantuan dari semua pihak bernilai ibadah disisi Allah SWT, Amin.

Makassar, 26 Januari 2019

*Penulis*

## **ABSTRAK**

### **“Analisis Kuat Geser Tanah Lempung Menggunakan Zeolith dengan Variasi Pemeraman ”**

Oleh

**Reidaldy A.Ratumurun <sup>1)</sup> Ir Andi Rumpang Yusuf MT <sup>2)</sup> dan Eka Yuniarto ST. MT <sup>2)</sup>**

- 1). Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Sipil univ, Bosowa Makassar**
- 2). Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Sipil univ, Bosowa Makassar**

Pada penelitian ini digunakan bahan baku berupa tanah lempung dengan campuran bahan tambahan Zeolith yang memiliki sebesar 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% serta dengan variasi waktu pemeraman selama 7 hari dan 14 hari. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kuat geser tanah lempung yang telah distabilisasikan dengan zeolith dengan variasi pemeraman dan mengetahui presentase penggunaan Zeolith yang optimum pada variasi pemeraman, untuk mendapatkan kuat geser yang maksimal. Sampel tanah yang diuji pada penelitian ini merupakan tanah lempung yang berasal dari Kabupaten Maros, Kecamatan pate'ne Sulawesi Selatan

Setelah dilakukan penelitian, dari kelima variasi tersebut nilai kuat geser maksimum tanah lempung terdapat pada kadar 12% dengan waktu pemeraman selama 14 hari. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pemeraman, semakin besar pula nilai kuat gesernya.

**Kata Kunci : Tanah Lempung , Zeolith, Kuat Geser.**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR NOTASI .....	ix
DAFTAR PUSTAKA.....	x
<b>BAB I    PENDAHULUAN .....</b>	<b>I - 1</b>
1.1. Latar Belakang.....	I - 1
1.2. Rumusan Masalah.....	I - 3
1.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	I - 3
1.3.1 Tujuan .....	I - 3
1.3.2 Manfaat Penelitian .....	I - 4
1.4. Batasan Masalah dan Ruang Lingkup Peneliiian .....	I - 4
1.4.1 Batas Masalah .....	I - 4
1.4.2 Ruang Lingkup Penelitian .....	I- 4



1.5. Sistematika Penulisan .....	I – 5
----------------------------------	-------

<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>II-1</b>
2.1. Tanah.....	II-1
2.1.1. Klasifikasi Tanah.....	II-4
2.1.2. Komposisi dan Istilah Tanah .....	II-13
2.1.3. Tekstur Tanah.....	II-15
2.1.4. Stabilisasi Tanah.....	II-17
2.2. Tanah Lempung .....	II-17
2.2.1. Karakteristik Tanah Lempung .....	II-21
2.2.2. Susunan Tanah Lempung.....	II-26
2.2.3. Jenis- Jenis Tanah Lempung.....	II- 27
2.3. Pengertian Zeolit.....	II-31
2.3.1. Deskripsi Zeolit.....	II-32
2.3.2. Jenis Jenis Zeolith .....	II-32
2.3.3. Manfaat Zeolith .....	II-37
2.3.4. Komposisi Kimia Zeolith .....	II-41
2.4. Definisi Kuat Geser.....	II-43
2.4.1. Teori Kuat Geser Tanah.....	II-43
2.4.2. Kuat Geser pada Tanah Lempung.....	II-46
2.4.3. Analisa Kuat Geser pada Ziolith.....	II-47
2.5. Pengertian Pemeraman ( <i>Curring</i> ).....	II-48

2.6. Penelitian Terdahulu .....	II-50
---------------------------------	-------

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1. Skema Penelitian.....	III-1
3.2. Jenis Pengujian Material.....	III-2
3.3. Variabel Penelitian.....	III-2
3.4. Notasi Sampel .....	III-3
3.5. Pengujian Sampel.....	III-4
3.6. Metode Analisis .....	III-5
3.7. Tahapan penelitian .....	III-6
3.8. Tempat dan Waktu Penelitian .....	III 7
3.8.1. Tempat.....	III 7
3.8.2. Waktu Penelitian .....	III 7
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1. Karakteristik Tanah Asli .....	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karateristik Fisik Tanah Tanpa Bahan Tambah .....	IV-1
4.2. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteistk Tanah Asli	IV-2
4.2.1. Berat Jenis .....	IV-2
4.2.2. Pengujian Batas-Batas Atterberg .....	IV-2
4.3. Klasifikasi Tanah.....	IV-4
4.3.1 AASHTO .....	IV-4

4.3.1 USCS .....	IV-5
------------------	------

4.4. Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung dengan Variasi Zeolith .....	IV-6
--	------

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>V-1</b>
---	------------

5.1. Kesimpulan .....	V-1
-----------------------	-----

5.2. Saran .....	V-2
------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Data Hasil Pengujian Laboratorium
2. Foto Dokumentasi Penelitian

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram fase tanah .....	II-1
Gambar 2.2. Atom T .....	II-30
Gambar 2.3 Pengambilan zeolit alam .....	II-33
Gambar 2.4. Perbedaan ukuran zeolit hasil pabrikasi.....	II-37
Gambar 2.5. Zeolit yang digunakan sebagai bahan campuran tanah	II-40
Gambar 2.6. Kuat Geser menggunakan Ziolith.....	II-47
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian .....	III-2
Gambar 4.1. Grafik Pengujian Kompaksi.....	IV-3
Gambar 4.2. Tegangan Geser (3hari) .....	IV-5
Gambar 4.3. Grafik Tegangan Geser (14 hari) .....	IV - 6
Gambar4.4. Grafik Hubungan Kohesi dengan Variasi Zeolith Pemeraman 3 hari dan 14 hari.....	IV-8
Gambar4.5. Grafik Hubungan Sudut Geser dengan Variasi Zeolith Pemeraman 3 hari dan 14 hari.....	IV-9
Gambar4.6. Grafik Hubungan Kuat Geser dengan Variasi Zeolith Pemeraman 3 hari dan 14 hari.....	IV-9

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Klasifikasi AASHTO M145-82 untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya.....	II-8
Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Sistem USCS.....	II-12
Tabel 2.3. Berat Jenis mineral Tanah Lempung .....	II-25
Tabel 2.4. Contoh zeolit alam yang umum ditemukan .....	II-33
Tabel 2.5. Rumus oksida beberapa jenis zeolit sintetik (Georgiev <i>et al.</i> , 2009).....	II-35
Tabel 2.6. Nama mineral zeolit dan rumus kimia.....	II-38
Tabel 2.8. Hasil uji Specific Gravity .....	II-42
Tabel 3.1. Jumlah sampel dalam setiap pengujian .....	III-3
Tabel 3.2. Kebutuhan material pengujian kuat geser.....	III-3
Tabel 4.1. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli	IV-1
Tabel 4.2. Batasan Mengenai PI, Sifat, Macam Tanah Dan Cohesi	IV-5
Tabel 4.3. TeganganGeser (3 hari).....	IV-6
Tabel 4.4. TeganganGeser (14 hari) .....	IV-7
Tabel 4.5. Hasil pengujian kuat geser Langsung dengan variasi Zeolith pemeraman 3 hari.....	IV-8
Tabel 4.6. Hasil Pengujian kuatgeser langsung dengan variasi Zeolith pemeranan 14 hari.....	IV-9

## DAFTAR NOTASI



A	Luas penampang
Fg	KuatGeser
C	Cohesi
A	Tingkat keaktifan
Gs	Berat Jenis
GI	indeks kelompok (Group Index)
$\alpha$	Faktor koreksi
PI	Indeks Plastisitas
LL	Batas Cair
PL	Batas Plastis
SL	Batas Susut
GI	Indeks Kelompok
Vw	Volume air
w	Kadar air
Ws	Berat tanah kering
Ww	Berat air
$\gamma_w$	Berat volume basah
$\gamma_d$	Berat volume kering
$\gamma_s$	Berat isi butir
$\gamma_w$	Berat isi air
ZAV	zero air void

P	Gaya normal
$\sigma$	Tegangan normal
$\tau$	Tegangan geser
$\varphi$	Sudut geser dalam
D	Diameter Sampel
d	Diameter Buret
T	Waktu Pengujian
T	Temperatur

UNIVERSITAS

**BOSOWA**

## DAFTAR PUSTAKA

Anwir, B.S, dan Rosnim Djafar, 1992, *Kamus Teknik*, Cetakan kedua belas, PT. Pradya Paramita. Yogyakarta

Asis, Muh. Anshar M, 2012, *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan menggunakan Serbuk Arang dan Semen*.

Braja, M Das, 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Bowles, Joseph E, 1986, *Sifat-Sifat Fisis Geoteknis Tanah edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Nasution, S, 1988, *Buku Penuntun Membuat Thesis Skripsi Disertasi Makalah*, Jemmars, Bandung.

Ninik Ariani, Ardianto C. Nugroho, 2007, *Nilai CBR Laboratorium Tanah Tras Dari Dusun Seropan Untuk Stabilitas Subgrade Timbunan*.

Penuntun praktikum MEKANIKA TANAH Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Bosowa 2012

Shirley LH, Ir, 1994, *Penuntun Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah*, Nova, Bandung.

Sosrodarsono, Suyono, Ir, 1980, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradya Paramita. Yogyakarta

Sunggono, K.H. Ir, 1984, *Mekanika Tanah*, Nova, Bandung.

Susilo S, Budi, 1994, *Mekanika Tanah Edisi IV*, Erlangga, Jakarta.

Wesley L, Ir, Dr 1977, *Mekanika Tanah*, Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

<http://www.pasir silica.com/2013/10 apa itu Zeolith alam - pengertian .html>



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG**

Tanah memiliki peran yang penting yaitu sebagai pondasi pendukung pada setiap pekerjaan konstruksi baik sebagai pondasi pendukung untuk konstruksi tanggul maupun bangunan.

Dari tahun ke tahun ketersediaan lahan untuk pembangunan fasilitas yang fasilitas yang di perlukan manusia semakin terbatas yang mengakibatkan tidak di hindarinya pembangunan di atas tanah lempung.

Pembangunan konstruksi di atas tanah lempung akan mendapatkan beberapa masalah geoteknik, bila suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya maka air pori akan mengalir dari lapisan tersebut dan volumenya akan menjadi lebih kecil, peristiwa ini yang di sebut dengan konsolidasi.

Pada dasarnya tanah tidak akan lepas kaitannya dalam pekerjaan Teknik Sipil, dimana tanah merupakan material yang sangat berpengaruh pada bermacam pekerjaan konstruksi ataupun sebagai perletakan struktur. Kondisi tanah pada suatu daerah tidak akan memiliki sifat tanah yang sama dengan daerah yang lainnya, ada yang mempunyai daya dukung yang baik adapula mempunyai daya dukung sangat buruk. Hal ini tentu sangat di pengaruhi oleh jenis tanahnya, sehingga dalam suatu pekerjaan Teknik Sipil perlu adanya penguasaan yang lebih mendalam mengenai

masalah Mekanika Tanah, baik itu secara analitis mengenai perilaku, sifat fisik mekanis tanah. Maupun cara menangani persoalan yang dihadapi oleh para perencana dan pelaksana pembangunan mengenai tanah atau bahan yang jelek agar dapat digunakan sebagai perletakan konstruksi. Dari tahun ke tahun ketersediaan lahan untuk pembangunan fasilitas yang diperlukan manusia semakin terbatas yang mengakibatkan tidak dapat dihindarinya pembangunan diatas tanah lempung. Secara umum tanah lempung adalah suatu jenis tanah kohesif yang mempunyai sifat yang sangat kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil yaitu kuat geser rendah dan kompresibilitasnya yang besar. Kuat geser yang rendah mengakibatkan terbatasnya beban (beban sementara ataupun beban tetap) yang dapat bekerja diatasnya sedangkan kompresibilitasnya yang besar mengakibatkan terjadinya penurunan setelah pembangunan selesai.

Tanah lempung merupakan tanah yang bersifat kohesif dan sangat lunak jika memiliki kadar air yang tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, tanah lempung dengan plastisitas yang cukup tinggi perlu distabilisasi. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara, yaitu: stabilisasi mekanis (compaction), stabilisasi fisis (perbaikan gradasi tanah) dan stabilisasi kimiawi (dengan penambahan stabilizing agents). Stabilizing agents yang umumnya digunakan adalah semen, kapur, dan fly ash. Pada penelitian ini stabilizing agents yang digunakan adalah Zeolith.

Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multi guna salah satunya sebagai bahan campuran untuk stabilitas jika dicampur dengantanah, karena kemampuannya dapat mengikat butir-butir agregat sangat bermanfaat sebagai usaha untuk mendapatkan massa tanah yang kokoh sehingga tanah memiliki daya dukung dan kuat geser yang lebih baik. Zeolit dapat bereaksi dengan hampir semua jenis tanah, dari jenis tanah kasar non kohesif sampai tanah yang sangat plastis.

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diambil rumusan masalah yaitu

1. Bagaimanakah perubahan Tanah lempung setelah dicampur zeolith, dengan variasi masa pemeraman
2. Bagaimana pengaruh Zeolith terhadap kuat geser tanah lempung dengan variasi pemeraman.

## **1.3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **1.3.1 TUJUAN**

1. Mengetahui kuat geser tanah lempung yang telah distabilisasikan dengan zeolith dengan variasi masa pemeraman
2. Mengetahui presentase penggunaan Ziolith yang optimal pada variasi pemeraman, untuk mendapatkan kuat geser yang maksimal.

### **1.3.2 MANFAAT PENELITIAN**

Untuk menganalisis pengaruh zeolith terhadap karakteristik tanah Lempung dengan menggunakan variasi pemeramaan

## **1.4 BATASAN MASALAH DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN**

### **1.4.1 BATAS MASALAH**

Dalam penelitian ini peneliti perlu membatasi masalah, yang bertujuan agar pembahasan tidak meluas dan batasnya menjadi jelas. Adapun yang menjadi batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Penelitian hanya terbatas pada sifat fisik dan mekanis tanah lempung .
2. Tidak meneliti sifat kimia pada Zeolith
3. Pengujian variasi hanya dilakukan pada pengujian kuat geser

### **1.4.2 RUANG LINGKUP PENELITIAN**

1. Jenis tanah yang digunakan adalah jenis tanah lempung yang diambil di Kabupaten Maros, Kecamatan Pate'ne, Sulawesi Selatan
2. Tipe Zeolith alam yang digunakan dengan variasi 3%, 6%, 9%, 12% 15% dengan masa pemeraman masing-masing 3 dan 14 hari

3. Pengujian sifat fisis yaitu kadar air, berat jenis ,analisa saringan batas batas atterbert, dan analisis hidrometer sedangkan sifat mekanis yaitu kompaksi , kuat geser

## **1.5 SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

➤ **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan

➤ **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang teori-teori pendukung mengenai penelitian yang dilakukan.

➤ **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang bagan alir penelitian, bahan, lokasi, dan waktu penelitian, metode pengambilan sampel, persiapan bahan campuran dan pembuatan benda uji.

➤ **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran , hasil pengetesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

➤ **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup yang memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

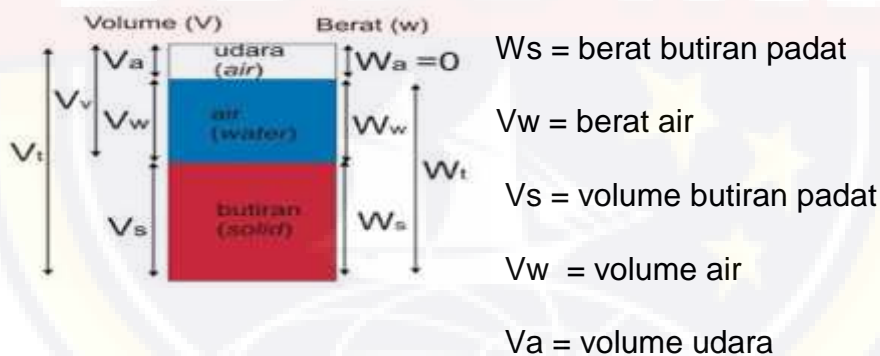


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 TANAH

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara dari butiran-butiran hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran tiap butirannya dapat sebesar kerikil – pasir – lanau – lempung dan kontak antar butir tidak tersementasi termasuk bahan organik



**Gambar 2.1** Diagram fase

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu udara, air dan bahan padat (Gambar 2.1). Udara dianggap tak mempunyai pengaruh teknis sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang di antara butiran-butiran (ruang ini disebut pori atau voids) sebagian atau

seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya tanah dikatakan dalam kondisi jenuh.

Sehingga jika beban diterapkan pada tanah kohesif yang jenuh maka pertama kali beban tersebut akan didukung oleh tekanan air dalam rongga pori tanahnya.

Pada kondisi ini butiran-butiran lempung tidak dapat mendekat satu sama lain untuk meningkatkan tahanan geser selama pori di dalam rongga pori tidak keluar meninggalkan rongga tersebut. Karena rongga pori tanah lempung sangat kecil, keluarnya air pori meninggalkan rongga pori memerlukan waktu yang lama. Jika sesudah waktu yang lama setelah air dalam rongga pori berkurang butiran-butiran lempung dapat mendekat satu sama lain sehingga tahanan geser tanahnya meningkat. Masalah ini tak dijumpai pada tanah granuler yang rongga porinya relatif besar karena sewaktu beban diterapkan air langsung keluar dari rongga pori dan butiran dapat mendekat satu sama lain yang mengakibatkan tekanan gesernya langsung meningkat.

Menurut Jenny (1941) 5 Faktor yang mempengaruhi Proses Pembentukan Tanah (Genesis) dan Perkembangan Tanah (Differensiasi Horison), yaitu:

1. Bahan Induk (b) = Batuan Beku, B.Sedimen, B.Metamorf, Bhn.Organik;  
(mempengaruhi perbedaan dari sifat kimia dan sifat fisik tanah).



2. Iklim (i) = curah hujan dan suhu (temperatur).
3. Organisme (o) atau Jasad Hidup (h) = Tumbuhan & Hewan.
4. Relief (r) atau Topografi (t) : Kecuraman Lereng
5. Waktu (w) = Tingkat Perkembangan (muda, dewasa, tua) dan Umur (dalam tahun).

Tidak semua faktor lingkungan mempunyai pengaruh yang sama dalam proses pembentukan tanah, kadang-kadang satu atau dua faktor berpengaruh lebih dominan sementara faktor yang lain mempunyai pengaruh yang minimum. Keragaman faktor-faktor lingkungan pembentukan tanah ini akan menyebabkan sifat-sifat tanah bervariasi baik ke arah vertikal maupun horizontal.

Pelapukan adalah proses alterasi dan fraksinasi batuan dan material tanah pada dan/atau dekat permukaan bumi yang disebabkan karena proses fisik, kimia dan biologi. Hasil dari pelapukan ini merupakan asal (source) dari batuan sedimen dan tanah (soil). Kiranya penting untuk ketahui bahwa proses pelapukan akan menghancurkan batuan atau bahkan melarutkan sebagian dari mineral untuk kemudian menjadi tanah atau diangkut dan diendapkan sebagai batuan sedimen klastik. Sebagian dari mineral mungkin larut secara menyeluruh dan membentuk mineral baru (Graha, 1987)

Komposisi tanah tidak hanya tergantung pada batuan induk (asal) nya, tetapi juga dipengaruhi oleh alam, intensitas, dan lama

(duration) pelapukan dan proses jenis pembentukan tanah itu sendiri. Pelapukan dipengaruhi oleh faktor iklim yang bersifat merusak. Faktor-faktor iklim yang turut menentukan adalah sinar matahari, perbedaan temperatur antara siang dan malam, keadaan musim kemarau dan musim penghujan.

Pada awalnya batuan pecah dalam bentuk pecahan-pecahan batuan dan mineral-mineral penyusunnya. Selanjutnya oleh adanya air, asam dan senyawa-senyawa yang larut dalam air, pecahan-pecahan batuan dan mineral ini menjadi lunak dan terurai ke dalam unsur-unsur penyusunnya. Dari bahan-bahan sisa penguraian dan senyawa kembali membentuk mineral-mineral baru (Foth, 1999).

### **2.1.1 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-kelompok berdasarkan pemakaian-pemakaiannya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran dan plastisitas.

#### **1. Klasifikasi Berdasarkan Tekstur**

Dalam arti umum, yang dimaksud dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah

dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada didalam tanah. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur , tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya , misalnya lempung berpasir, lempung berlanau dan seterusnya.

## 2. Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

Klasifikasi berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena ia hanya didasarkan distribusi ukuran tanah saja. Dalam kenyataannya , jumlah dan jenis dari mineral lempung yang terkandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung , agar dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah. Karena sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan plastisitas tanah dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting , maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik. Pada saat sekarang ada dua sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Sistem-sistem tersebut adalah: Sistem klasifikasi AASHTO dan Sistem klasifikasi Unified.

Pada Sistem Klasifikasi AASHTO dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai Public Road Administration Classification Sistem. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan. Klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini:

- Ukuaran butir :

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan yang tertahan di ayakan No.20 (2mm) Pasir: bagian tanah yang lolos ayakan No 10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075mm). Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

- Plastisitas:

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila mana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastik sebesar 11 atau lebih.

- Apabila batuan ( ukurannya lebih besar dari 75mm)

ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditentukan

klasifikasi tanahnya , maka batuan-batuan tersebut harus

dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7. Tanah dengan klasifikasi A-1, A-2 dan A-3 adalah tanah berbutir yang kurang dari 35% tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah A-1 granuler yang bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler, tetapi masih terdiri atas lanau dan lempung. Tanah berbutir halus klasifikasi A-4, A-5, A-6 dan A-7 adalah tanah yang lebih dari 35% dari butirannya lolos ayakan No. 200, tanah lempung-lanau.

**Tabel 2.1. Klasifikasi AASHTO M145-82 untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya**

Klasifikasi Umum	Material berbutir						Tanah lanau-lempung			
Klasifikasi Umum	(<35% lolos saringan no.200)						(>35% lolos saringan no.200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-2							A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-B	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Analisis ayakan (% lolos)	50 maks	----- -- 50 maks	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----
No. 10	30 maks	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----	----- -- -----
No. 40	30 maks	----- -- -----	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 Min
No. 200	15 maks	25 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 Min
Sifat Fraksi yang lewat : # No.40	-----									
Batas Cair (LL)	-----		40 maks	41 min	40 Maks	41 min	40 maks	40 min	40 Maks	41 Min
Indeks Plastisitas	6 maks		10 maks	10 maks	11 Min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	12 Min
Indeks kelompok (GI)	0		0 maks		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 Maks
Jenis Umum	Fragmen batuan Kerikil dan		Kerikil atau pasir lanauan atau lempung				Tanah lanau		Tanah Lempung	
Tingkat umum sebagai Tanah Dasar	Sangat baik sampai baik						Cukup baik sampai Buruk			

Sumber : (Braja M Das, 1995)

Catatan : Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6

bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk PL>30 klasifikasinya A-7-5

Untuk PL<30 klasifikasinya A-7-6

np = non plastis

$$GI = (F-35)((0.2+0.005(LL-40))+0.01(f-15)(PI-10))$$

Dengan :

GI = Indeks kelompok

LL = Batas cair

F = Persen material lolos saringan no.200

PI = Indeks plastisitas

Sistem Klasifikasi Unified diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk digunakan pada pekerjaan pemnuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh The Army Corps of Engineering selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan United States Bureau of Reclamation tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar yaitu:

- a) 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.
- b) Tanah berbutir halus (fine-grained-soil), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (silt) anorganik, C

untuk lempung (clay) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS:

W : Well Graded ( tanah dengan gradasi baik )

P : Poorly Graded ( tanah dengan gradasi buruk )

L : Low Plasticity ( plasticitas rendah ) ( $LL < 50$ )

H : High Plasticity ( plasticitas tinggi ) ( $LL > 50$ )

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = gradasi baik (*well graded*)

P = gradasi buruk (*poor graded*)

L = plastisitas rendah (*low plasticity*) ( $LL < 50$ )

H = plastisitas tinggi (*high plasticity*) ( $LL > 50$ )

Klasifikasi tanah berbutir kasar di tandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Sedangkan klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH. Tanah berbutir kasar dapat berupa salah satu di bawah ini :

- Kerikil apabila lebih dari setengah fraksi kasar tertahan pada saringan no.200.



- Pasir apabila lebih dari setengah fraksi kasar berada diantara ukuran n0.4 dan no.200.

Sedangkan untuk tanah berbutir halus tidak cukup dengan melakukan analisa saringan untuk menentukan klasifikasinya, harus dilakukan uji batas-batas atterberg. Kemudian menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas seperti pada tabel dibawah:

UNIVERSITAS

**BOSOWA**



Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutir kasar: 50% butiran lebih banyak dari No. 200	Kerikil 30% > 60 mikron Terlebih saringan No. 4	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $D_{60}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $D_{60}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arir - dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda			
		Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus				
		Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau				
		Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung				
	Pasir: 50% fraksi kasar lebih banyak dari No. 4	Pasir berbutir (sangat pasir)	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, Kurang dari 5% OK: OK, U: U, L: L, LL: LL, LH: LH, SL: SL, SH: SH, CL: CL, CH: CH, ML: ML, MH: MH, OL: OL, OH: OH, PT: PT Diagram Plastisitas: Untuk mengidentifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termanak dalam daerah yang di arir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.		
			Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		Pasir dengan butiran halus	Pasir berlanau, campuran pasir- lanau			
			Pasir berlempung, campuran pasir-lempung			
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih, lebih banyak No. 200	Lanau dan lempung halus air < 50%		Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengidentifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termanak dalam daerah yang di arir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
					Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clay</i> )	
Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah						
Lanau dan lempung batas air > 50%	Lanau anorganik atau pasir halus distomat, atau lanau distomat, lanau yang elastis					
	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fatty clay</i> )					
	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi					
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Maksimal untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber : Hardiyatmo, Hary Christady, 2010

### 3. Perbandingan antara Sistem AASHTO dengan Sistem Unified

Kedua sistem klasifikasi, AASHTO dan Unified, adalah didasarkan pada tekstur dan plastisitas tanah. Juga kedua sistem tersebut membagi tanah dalam dua kategori pokok, yaitu: berbutir kasar (coarse-grained) dan berbutir halus (fine-grained), yang dipisahkan oleh ayakan No. 200. Menurut sistem AASHTO, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus bilamana lebih dari 35% lolos ayakan No. 200. Menurut sistem Unified, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% lolos ayakan No. 200. Suatu tanah berbutir kasar yang mengandung kira-kira 35% butiran halus akan bersifat seperti material berbutir halus.

#### 2.1.2. Komposisi dan Istilah Tanah

Pada bidang ilmu teknik sipil, mendefinisikan tanah sebagai semua bahan pada kulit yang tidak terkonsolidasi (*unconsolidated*). Dan menganggap bahwa batuan merupakan mineral agregat yang dihubungkan oleh berbagai kekuatan besar, sedangkan tanah merupakan partikel-partikel alam yang dapat dihancurkan dengan kekuatan rendah. Dengan perkataan lain, tanah merupakan bahan lepas di luar lapisan batuan, yang terdiri atas kumpulan butir-butir mineral dengan berbagai ukuran dan bentuk serta kandungan bahan organik, air dan udara. Sesuai dengan klasifikasi USCS, ukuran tekstur tanah seperti di bawah ini:

- a. Kerikil (*gravel*): yaitu partikel tanah berbutir kasar yang berukuran 4,76 (No. 4) sampai 75 mm (No. 3).
- b. Pasir (*sand*): yaitu partikel tanah berbutir kasar yang berukuran 0,074 (No. 200) sampai 4,76 mm (No. 4). Berkisar dari kasar (3 sampai 5 mm) sampai halus (< 1mm).
- c. Lanau (*silt*) dan Lempung (*clay*): yaitu tanah berbutir halus yang berukuran lebih kecil dari 0,074 mm (No. 200). Lanau (dan lempung) dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau dekat garis pantai pada muara sungai. Deposit loess terjadi bila angin mengangkut partikel – partikel lanau ke suatu lokasi. Angkutan oleh angin ini membatasi ukuran partikel sedemikian rupa sehingga deposit yang dihasilkan mempunyai ukuran butir yang hampir sama.
- d. Koloid (*colloids*): yaitu partikel mineral yang "diam", berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Adapun batasan-batasan interval dari ukuran butiran/partikel tanah lempung, lanau, pasir, dan kerikil menurut Bureau of Soil USDA, ASTM, M.I.T, *International Nomenclature*, dan *British Standard BS 6930* dapat dilihat pada Banyak deposit tanah yang mengandung berbagai persentase dari partikel-partikel tersebut di atas. Apabila suatu partikel merupakan deposit yang terbanyak, maka deposit tersebut akan diberi nama partikel tadi, misalnya: pasir, kerikil, kerikil kepasiran, lempung, dan sebagainya. Jadi partikel yang memiliki

persentase yang paling banyak dalam suatu tanah, maka akan menjadi nama dari tanah tersebut.

### **2.1.3. Tekstur Tanah**

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir-butir pasir (diameter 2,00 - 0,05 mm), debu (0,005 - 0,02 mm) dan liat (<0,002 mm) di dalam tanah. Tekstur tanah adalah sifat tanah yang sangat penting yang mempengaruhi sifat kimia, fisika dan biologi tanah yang berguna bagi penetrasi akar dan kemampuan pengikatan air oleh tanah (Arsyad. 1989).

Menurut Haridjadja (1980) tekstur tanah adalah distribusi besar butir-butir tanah atau perbandingan secara relatif dari besar butir-butir tanah. Butir-butir tersebut adalah pasir, debu dan liat. Gabungan dari ketiga fraksi tersebut dinyatakan dalam persen dan disebut sebagai kelas tekstur. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butiran-butiran yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda (Braja 1993).

Tekstur tanah menunjukkan kasar halusya tanah. Kelas tekstur tanah dikelompokkan berdasarkan perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu dan liat. Tanah-tanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan yang kecil sehingga sulit menyerap (menahan) air dan unsur hara. Tanah-tanah bertekstur liat mempunyai luas permukaan yang besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi (Hardjowigeno, 1985).

Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (sandy clay), lempung berlanau (silty clay), dan seterusnya (Braja 1993). Terdapat hubungan yang erat antara tekstur tanah dengan sifat-sifat tanah yang lain, seperti

kapasitas tukar kation (KTK), porositas, kecepatan infiltrasi dan permeabilitas (Soedarmo dan Prayoto 1985). Komposisi ketiga fraksi tanah akan menentukan sifat-sifat fisika, fisika-kimia dan kimia tanah. Sebagai contoh, besarnya lapangan pertukaran dari ion-ion di dalam tanah amat ditentukan oleh tekstur tanah (Hakim et al, 1986).

Sifat fisik dan kesuburan tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah. Dari segi fisis tanah, tekstur berperan pada struktur, rumah tangga, air dan udara serta suhu tanah. Dalam segi kesuburan, tekstur memegang peranan penting dalam pertukaran ion, sifat penyangga, kejenuhan basa dan sebagainya. Fraksi liat merupakan fraksi yang paling aktif sedangkan kedua fraksi yang lain disebut kurang aktif (Haridjadja 1980).

Braja (1993) menyatakan bahwa kelas tekstur dapat ditetapkan dengan menggunakan diagram segi tiga tekstur menurut USDA dalam Gambar 2.3. Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah yang meliputi:

- a. Pasir : butiran dengan diameter 2.0 s.d. 0.05 mm
- b. Debu : butiran dengan diameter 0.05 s.d. 0.002 mm

c. Liat: butiran dengan diameter lebih kecil dari 0.002 mm

#### **2.1.4 Stabilisasi Tanah.**

Stabilisasi tanah secara kimiawi biasa juga disebut stabilisasi sementara (Cementation Stabilization) .Ada berbagai macam stabilisasi tanah sementara anatar lain :

- Stabilisasi dengan kapur ( lime stabilization )
- Stabilisasi dengan semen ( cement stabilization )
- Stabilisasi dengan larutan ( grouting / injection stabilization )

#### **2.2 Tanah Lempung**

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai tinggi. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Sedangkan untuk jenis tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi

tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi di atasnya.

Adapun sifat-sifat umum dari mineral lempung, yaitu:

### **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 difusi, lapisan difus. ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari 60° sampai 100°C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengerin ganudara saja.

### **2. Aktivitas**

Aktivitas tanah lempung merupakan perbandingan antara indeks plastisitas (PI) dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 2 µm yang dinotasikan dengan huruf C dan disederhanakan dalam persamaan berikut:

$$A = \frac{PI}{C}$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung.dibawah berikut



mengklasifikasikan mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya yakni:

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

### 3. Flokulasi dan Dispersi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkrystal ("*amorphus*") 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 tertahan membentuk *flok* ("*flock*") yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralisir 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 penyebarannya menjadi lebih sukar

karena adanya gejala *thixotropic* ("*Thixopic*"), dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

#### **4. Pengaruh Air**

Fase air yang berada di dalam 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. Satu 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 ( $\text{CCl}_4$ ) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

#### **5. Sifat Kembang Susut**

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan bangunan. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu:

- a. Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah,
- b. Kadar air,

c. Susunan tanah,

d. Konsentrasi garam dalam air pori,

e. Sementasi,

f. Adanya bahan organik, dll.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk mengembang dan menyusut

### **2.2.1. Karakteristik Tanah Lempung**

Proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam atau alkali, oksigen dan karbondioksida (*Hardiyatmo, 2012, hal. 1*). Lempung adalah istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus yang sifatnya yaitu memiliki sifat kohesi, plastisitas tinggi, tidak memperlihatkan sifat dislatasi, umumnya berwarna coklat muda dan tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti. Sifat kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

Suatu tanah yang mengandung 30% pasir, 40% butiran-butiran ukuran lanau dan 30% butiran-butiran ukuran lempung, pada

kemungkinannya akan bersifat sebagai lempung dan diberi istilah lempung. Mineral lempung terbentuk dari pelapukan akibat reaksi kimia yang menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butir lebih kecil dari 0,002 mm (Hardiyatmo, 2012, hal. 24). Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus karena itu tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Secara umum mineral lempung terdiri atas kelompok-kelompok *montmorillonite*, *illite* dan *kaolinite*. Kemungkinan tanah mengembang sangat tergantung pada jenis, jumlah kandungan mineralnya, kemudahan bertukarnya ion-ionnya dan kandungan elektrolit serta tatanan struktur lapisan mineral tanahnya.

Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air, ion pemisahannya berupa ion H<sub>2</sub>O, yang sangat mudah lepas, mineral ini dapat dikatakan sangat tidak stabil. Pada kondisi tergenang, air dengan mudah masuk kedalam sela antar lapisan ini sehingga mineral mengembang pada waktu mengering, air diantara lapisan juga mengering sehingga mineral menyusut sehingga dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya.

*Illite* adalah lempung dengan ikatan-ikatan dengan ion kalium (K<sup>+</sup>) lebih lemah daripada ikatan hidrogen yang mengikat satuan kristal *kaolinite* dan mempunyai sifat dapat mengembang, tapi jauh

lebih kuat daripada ikatan ionik yang membentuk kristal *montmorillonite*. Aktifitas *illite* lebih tinggi daripada *Kaolinite*.

Struktur satuan *Kaolinite* dapat tersusun menjadi 70 – 100 lembaran atau lebih dengan ikatan hidrogen dan gaya Van Der Waals pada permukaan kontakannya yang menghasilkan kekuatan dan kestabilan yang tinggi terhadap pengembangan (swelling). *Kaolinite* membentuk tanah yang stabil karena strukturnya yang terikat teguh mampu menahan molekul-molekul air sehingga tidak masuk ke dalamnya.

Tanah lempung mempunyai beberapa ciri khusus yang membedakannya dengan jenis tanah lainnya. Ciri- ciri dari tanah lempung antara lain sebagai berikut

1. Mempunyai sifat liat atau lengket.

Ciri yang paling khas yang menandai tanah lempung ini dilihat dari sifat tanah lempung ini. Tanah lempung umumnya berbentuk sebagai gumpalan yang keras ketika tanah tersebut kering. Namun ketika tanah tersebut terkena basah oleh air, maka akan terasa lengket. Hal bisa terjadi karena kandungan jenis mineral lempung yang banyak terkandung dalam tanah tersebut. Sifat lengket inilah yang membuat tanah lempung mudah dijadikan bentuk- bentuk tertentu.

2. Mempunyai sifat yang sulit menyerap air

Satu sifat yang dimiliki oleh tanah lempung, yakni sulit untuk menyerap air. Karena jenis tanah ini sulit untuk menyerap air, maka daerah yang memiliki tanah lempung ini tidak cocok digunakan sebagai lahan konstruksi. Hal ini karena lahan konstruksi sendiri membutuhkan lapisan tanah yang memiliki sifat mudah menyerap air.

3. Tanah dapat terpecah menjadi butiran- butiran sangat halus saat keadaan kering Tanah lempung meskipun ketika basah bersifat lengket dan butiran tanah satu dengan lainnya bersifat menyatu, namun ketika dalam keadaan kering tanah ini dapat terpecah- pecah menjadi butiran- butiran yang halus, bahkan sangat halus menyerupai pasir atau kumpulan debu.

4. Tanahnya berwarna hitam terang atau hitam keabu- abuan

Tanah liat mempunyai warna tanah yang tidak gelap dan tidak terlalu terang. Dengan kata lain, tanah liat ini mempunyai warna yang hitam cenderung keabu- abuan.

5. Merupakan bahan baku untuk membuat kerajinan tangan berupa gerabah atau tembikar

Karena tanah liat ini memiliki sifat yang lengket, maka tanah liat ini dijadikan sebagai bahan baku untuk membuat berbagai kerajinan tangan seperti gerabah dan juga tembikar. Untuk membuat kerajinan seperti ini, tanah liat harus dibakan dalam

suhu di atas 10000 derajat celcius agar dapat mengeras dengan baik.

Partikel lempung umumnya bermuatan negatif pada ujung-ujungnya dan akan berusaha menetralkan dirinya dengan menarik kation-kation yang berada disekelilingnya sehingga akan selalu terselimuti oleh molekul air yang merupakan partikel dipolar (kutub yang satu bermuatan positif {+} sementara kutub lainnya bermuatan negatif {-}). Mekanisme tertariknya molekul air oleh partikel lempung dibagi atas tiga cara (*Lambe,1960: dalam Hardiyatmo,2012, hal.32*) yaitu :

1. Kutub positif dan molekul air akan tertarik ke permukaan partikel lempung
2. Kation bebas di dalam air tertarik oleh partikel lempung, kation tersebut juga tertarik oleh molekul air pada kutub negatifnya.
3. Akibat pemakaian bersama dari ion hidrogen oleh air dan lempung

**Tabel 2.3** Berat Jenis mineral Tanah Lempung

Jenis Mineral	Berat Jenis (GS)
Kaolinite	2,6
Illite	2,8
Montmorilonite	2,65 – 2,8
Halloysite	2,0 – 2,55
Chlorite	2,6 – 2,9

Sumber ;( Braja.M.Das,1998.Jilid 1, hal.16)

### 2.2.2. Susunan Tanah Lempung

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

1. *Kaolinite* merupakan mineral dari kelompok kaolin, terdiri dari susunan satu lembar silika tetrahedra dengan satu lembar aluminium oktahedra, dengan satuan susunan setebal 7,2 Å (1 angstrom (Å) =  $10^{-10}$  m).
2. *alloysite* hampir sama dengan kaolinite, tetapi kesatuan yang berurutan lebih acak ikatannya dan dapat dipisahkan oleh lapisan tunggal molekul air.
3. *Montmorillonite*, disebut juga smectite, adalah mineral lempung yang dibentuk oleh dua lembar silika dan satu lembar aluminium (*gibbsite*).
4. *Illite* adalah bentuk mineral lempung lempung yang terdiri dari mineral-mineral kelompok *illite*. Bentuk susunan dasarnya terdiri



dari sebuah lembaran aluminium oktahedra yang terikat  
diantara dua lembar silika tetrahedra

### **2.2.3. Jenis- Jenis Tanah Lempung**

Tidak seperti jenis tanah lainnya, ternyata tanah lempung ini dipecah menjadi beberapa jenis lagi. Sehingga ada beberapa jenis dari tanah lempung yang dapat kita temui. Jenis- jenis tanah liat ini dibedakan menurut beberapa karakteristik. Jenis- jenis tanah lempung diantaranya sebagai berikut:

Jenis- jenis tanah lempung dilihat dari sifatnya, dibagi menjadi

#### **1. Tanah lempung primer**

Tanah lempung primer (tanah liat residu) merupakan jenis tanah liat yang terbentuk dari pelapukan batuan feldspatik dan dilakukan oleh tenaga endogen yang tidak berpindah dari batuan induk atau batuan asalnya. Oleh karena jenis tanah ini tidak berpindah tempat, maka tanah ini mempunyai sifat yang lebih murni. Oleh karena sifatnya yang murni ini, maka tanah lempung jenis ini dinamakan tanah lempung primer. Proses pembentukan tanah lempung primer ini dibantu oleh beberapa komponen, diantaranya adalah tenaga air, dan tenaga uap panas yang keluar dari dalam perut bumi. Tanah liat primer ini mempunyai beberapa ciri sebagai berikut:

- Memiliki butiran yang kasar

- Biasanya berada pada tempat yang lebih tinggi
- Memiliki sifat tidak plastis
- Mempunyai daya lebut yang tinggi
- Mempunyai sifat daya susut yang kecil
- Mempunyai sifat tahan akan panasnya api

Suhu matang dari tanah liat primer ini berkisar antara 1300 hingga 1400 derajat celcius. Bahkan ada yang mencapai 1750 derajat celcius. Maka dari itu untuk mematangkan tanah liat liat primer ini dibutuhkan api yang sangat besar.

## **2. Tanah lempung sekunder**

Jenis tanah lempung selanjutnya menurut sifatnya adalah tanah lempung sekunder. Tanah lempung sekunder atau batuan sedimen (endapan) merupakan jenis tanah lempung yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan feldspatik yang berpindah dengan jarak yang jauh dari batuan induknya. Pelapukan ini terjadi karena disebabkan oleh tenaga eksogen yang menyebabkan butiran- butiran dari tanah liat ini menjadi lepas dan mengendap di daerah yang rendah, seperti sungai, rawa, ataupun tanah danau.

Secara umum, tanah lempung sekunder ini mempunyai ciri- ciri sebagai berikut:

1. Mempunyai warna yang muda, yakni krem, coklat, abu- abu, merah jambu, kuning, kuning muda, kuning kecoklatan, kemerah- merahan, hingga kehitam- hitaman. Hal ini karena tanah liat sekunder ini terbentuk dalam proses yang panjang dan bercampur dengan berbagai jenis tanah lainnya dan mengendap jadi satu, serta bercampur dengan bahan- bahan pengotor, maka menghasilkan tanah liat yang berwarna terang seperti ini.
2. Mempunyai sifat cenderung berbutir halus Tanah lempung sekunder ini memiliki bentuk butiran- butiran yang halus. Hal ini terjadi karena tanah liat sekunder ini terbentuk melalui proses yang panjang. Dan dalam proses yang panjang ini tanah lempung ini bercampur dengan tanah jenis lainnya.
3. Mempunyai sifat plastis Mempunyai sifat kurang murni bila dibandingkan dengan tanah lempung primer
4. Mempunyai daya susut yang tinggi Mempunyai sifat tahan api yang lebih rendah daripada tanah liat primer. Suhu bakar yang dimiliki oleh tanah lempung sekunder ini antar 1200 hingga 1300 derajat celsius, atau yang tertinggi mencapai 1400 derajat celsius. Atau jika suhu bakar rendah diantara 900 hingga 1180 derajat celsius, atau yang paling tinggi sebesar 1200 derajat celsius.

Itulah beberapa ciri atau karakteristik dari tanah lempung primer dan juga tanah lempung sekunder. Selanjutnya dimana dapat kita jumpai tanah liat ini ? Tanah liat ini dapat kita temui hampir di seluruh wilayah Indonesia. Kita dapat dengan menemukan tanah lempung ini di wilayah yang lembab dan banyak mengandung air, seperti sungai, danau, rawa, dan lain sebagainya.

Adapun Tanah lempung dapat dibagi berdasarkan tempat pengendapan dan asalnya yaitu :

a. Lempung Residual

Lempung residual adalah lempung yang terdapat pada tempat dimana lempung itu terjadi dan belum berpindah tempat sejak terbentuknya. Sifat lempung jenis ini adalah berbutir kasar dan masih bercampur dengan batuan asal yang belum mengalami pelapukan, tidak plastis. Semakin digali semakin banyak terdapat batuan asalnya yang masih kasar dan belum lapuk.

b. Lempung Illuvial

Lempung illuvial adalah lempung yang sudah terangkut dan mengendap pada suatu tempat yang tidak jauh dari tempat asalnya seperti di kaki bukit. Lempung ini memiliki sifat yang mirip dengan lempung residual, hanya saja lempung illuvial tidak ditemukan lagi batuan dasarnya.

c. Lempung Alluvial

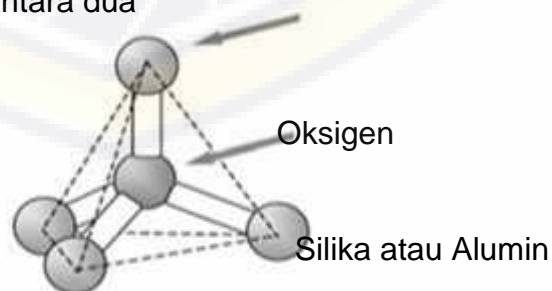
Lempung alluvial adalah lempung yang diendapkan oleh air sungai di sekitar atau di sepanjang sungai. Pasir akan mengendap di dekat sungai, sedangkan lempung akan mengendap jauh dari tempat asalnya.

d. Lempung Rawa

Lempung rawa adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa. Jenis lempung ini dicirikan oleh warnanya yang hitam. Apabila terdapat di dekat laut akan mengandung garam.

### 2.3. Pengertian Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$ . Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Breck, 1974; Chetam, 1992; Scot *et al.*, 2003). Umumnya, struktur zeolit adalah suatu polimer anorganik berbentuk tetrahedral unit  $\text{TO}_4$ , dimana T adalah ion  $\text{Si}^{4+}$  atau  $\text{Al}^{3+}$  dengan atom O berada diantara dua



**Gambar 2.2** atom T

Struktur zeolit memiliki rumus umum  $M_{x/n} [(AlO_2)_x(SiO_2)_y] \cdot wH_2O$ , dimana M adalah kation alkali atau alkali tanah, n adalah jumlah valensi kation, w adalah banyaknya molekul air per satuan unit sel, x dan y adalah angka total tetrahedral per satuan unit sel, dan nisbah  $y/x$  biasanya bernilai 1 sampai 5, meskipun ditemukan juga zeolit dengan nisbah  $y/x$  antara 10 sampai 100 (Bekkum *et al.*, 1991). Dewasa ini dikenal dua

### **2.3.1. Deskripsi Zeolit**

Selama 30 tahun terakhir ini, sifat-sifat zeolit telah banyak menarik perhatian para ahli kimia karena sifatnya yang sangat istimewa. Zeolit banyak dipakai dalam proses-proses kimia. Pada saat ini penggunaan zeolit semakin meningkat, terutam untuk keperluan sebagai adsorben, penukar ion dan katalis. Dasar pertimbangannya karena zeolit memiliki sifat yang mampu menyerap uap/gas maupun cairan, mampu menukar kation, sifat katalitiknya terhadap berbagai reaksi kimia yang sangat baik dan ramah lingkungan

### **2.3.2. Jenis Jenis Zeolit**

jenis zeolit, yakni zeolit alam dan zeolit sintetis, namun sekarang zeolit yang paling banyak digunakan adalah zeolit sintesis.

#### **1. Zeolit Alam**

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk mineral dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam nisbah Si/Al dan jenis

logam yang menjadi komponen minor, seperti diperlihatkan dalam

Tabel 1.

**Tabel 2.4** . Contoh zeolit alam yang umum ditemukan (Subagjo, 1993)

No.	Zeolit Alam	Komposisi
1	Analsim	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
2	Kabasit	$(\text{Na}_2, \text{Ca})_6(\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}) \cdot 40\text{H}_2\text{O}$
3	Klinoptilotit	$(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
4	Erionit	$(\text{Na}, \text{Ca}_5\text{K})(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$
5	Ferrierit	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
6	Heulandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
7	Laumonit	$\text{Ca}(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
8	Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
9	Filipsit	$(\text{Na}, \text{K})_{10}(\text{Al}_{10}\text{Si}_{22}\text{O}_{64}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
10	Natrolit	$\text{Na}_4(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
11	Wairakit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010).

Menurut proses terbentuknya, mineral zeolit dapat dibedakan menjadi tujuh kelompok, yaitu :

1. Mineral zeolit yang terbentuk di dalam endapan danau air laut
2. Mineral zeolit yang terbentuk karena proses *metamorphose* berderajat rendah akibat pengaruh timbunan
3. Mineral zeolit yang terbentuk dari pengendapan sediment laut dalam
4. Mineral zeolit yang terbentuk di daerah pengairan air terbuka
5. Mineral zeolit yang terbentuk dari proses hidrotermal
6. Mineral zeolit yang terbentuk karena pengaruh tekanan
7. Mineral zeolit yang terbentuk di dalam batuan beku

Indonesia memiliki potensi zeolit alam yang cukup besar dan dari beberapa lokasi tempat pengendapan zeolit, daerah Lampung merupakan salah satunya. Penambangan zeolit di daerah ini umumnya dapat dilakukan dengan tambang terbuka (*open cut*) Berikut adalah gambar zeolit yang langsung diambil dari sumbernya menggunakan excavator



**Gambar 2.3** . Pengambilan zeolit alam



## 2. Zeolit sintetik

Zeolit sintetik adalah zeolit yang dibuat secara rekayasa yang sedemikian rupa sehingga didapatkan karakter yang lebih baik dari zeolit alam. Prinsip dasar produksi zeolit sintetik adalah komponennya yang terdiri dari silika dan alumina, sehingga dapat disintesis dari berbagai bahan baku yang mengandung kedua komponen di atas. Komponen minor dalam zeolit juga dapat ditambahkan dengan mudah menggunakan senyawa murni, sehingga zeolit sintetik memiliki komposisi yang tetap dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Dengan perkembangan penelitian, dewasa ini telah dikenal beragam zeolit sintetik, dan beberapa diantaranya disajikan dalam Tabel.

**Tabel 2.5.** Rumus oksida beberapa jenis zeolit sintetik (Georgiev *et al.*, 2009)

<b>Zeolit</b>	<b>Rumus Oksida</b>
Zeolit A	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$
Zeolit N-A	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
Zeolit H	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Zeolit L	$(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Zeolit X	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Zeolit Y	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 8,9\text{H}_2\text{O}$
Zeolit P	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2-5\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Zeolit O	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
Zeolit	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$

Dewasa ini zeolit sintetik terus dikembangkan, dengan dua fokus utama yaitu bahan baku dan metode. Dari segi bahan baku utama, digunakan 2 jenis bahan baku yakni bahan baku sintetik dan bahan baku limbah

Berdasarkan sifatnya, zeolit dapat digunakan untuk proses pengeringan atau dehidrasi, daya serap (adsorpsi), penukar ion, dan sebagai katalis. Zeolit telah banyak digunakan dalam berbagai keperluan seperti bidang peternakan, pertanian, perikanan, industri, untuk keperluan rumah tangga dan juga pelestarian alam.

Pemakaian zeolit sebagai katalis telah banyak digunakan, di antaranya sebagai katalis dalam perengkahan minyak goreng, sebagai katalis dalam proses konversi senyawa ABE menjadi

hidrokarbon. Pengolahan zeolit alam menjadi katalis juga telah banyak dilakukan diantaranya sebagai katalis untuk pembuatan biodiesel.

Pada umumnya zeolit yang ditambang langsung dari alam masih mengandung pengotor- pengotor organik berwujud kristal maupun *amorf*. Untuk meningkatkan kualitas zeolit alam, terutama sebagai katalis pembuatan biodiesel, harus dilakukan aktivasi terhadap zeolit alam.

### 2.3.3. Manfaat Zeolit

Zeolit merupakan suatu bahan stabilisasi tanah sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material tanah jelek/di bawah standar. Penambahan zeolit ini akan meningkatkan kepadatan, meningkatkan ikatan antar partikel dalam tanah, daya dukung, kuat tekan serta kuat geser material tanah, sehingga memungkinkan pembangunan konstruksi di atasnya.

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul  $H_2O$ ) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut.

Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul  $H_2O$  seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai.

efektivitas adsorpsi yang tinggi. Berbagai macam ukuran pabrikan zeolit dari PT. Minatama Mineral Perdana, dibawah ini ialah gambar perbedaan ukuran hasil pabrikan zeolit.



**Gambar 2.4.** Perbedaan ukuran zeolit hasil pabrikasi

Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat-pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi. Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak.

Pada kebanyakan orang pemakaian zeolit biasanya di pergunakan untuk pertanaan dan perikanan, ini menjadi bukti bahwa zeolit tidak berbahaya.

bagi hewan mau pun tumbuhan yang ada di tanah yang akan di stabilisasi dengan zeolit, pada zaman sekarang ini zeolit juga banyak di manfaatkan di bidang konstruksi sebagai bahan *additive*, adapun keuntungan pemakaian zeolit sebagai bahan campuran stabilisasi tanah adalah.

1. Memperbaiki dan meningkatkan kualitas mineral yang ada dalam tanah
2. Meningkatkan ikatan antar partikel dalam tanah, sehingga dapat meningkatkan daya dukung dan kuat tekan tanah.

Meningkatkan tahanan tanah terhadap geser yang terjadi di lereng

Adapun mekanisme kerja zeolit secara kimiawi pada tanah lempung antara lain

1. Lempung terdiri dari partikel mikroskopik yang berbentuk plat yang mirip lempengan-lempengan kecil dengan susunan yang beraturan, mengandung ion (+) pada bagian muka/datar dan ion (-) pada bagian tepi platnya. Dalam kondisi kering, ikatan antara tepi plat cukup kuat menahan lempung dalam satu kesatuan, tetapi bagian tersebut sangat mudah menyerap air.
2. Karena komposisi mineraloginya, pada saat turun hujan, plat yang memiliki kelebihan ion negatif (anion) akan menarik ion positif (kation) air yang akan menyebabkan air tersebut menjadi

air pekat yang melekat dan juga sekaligus sebagai perekat antara partikel satu dengan partikel lainnya dan tak hilang meski tanah lempung dalam kondisi kering sekalipun. Ini merupakan sifat alamiah dari tanah lempung yang mudah mengembang dan menyusut. Hal ini menyebabkan tanah lempung sulit digunakan untuk konstruksi.

3. Dengan komposisi kimianya, zeolit memiliki kemampuan yang sangat besar untuk melakukan sebagai penukar kation (*cation exchangers*), dan pengikat air. Pada saat zeolit di jadikan bahan campuran tanah, zeolit akan dapat mengikat molekul  $H_2O$  sehingga sebagian besar molekul tersebut tidak bercampur dengan tanah, dan pada saat kondisi panas molekul  $H_2O$  akan dilepaskan oleh zeolit sehingga pada saat tanah menjadi kering molekul  $H_2O$  tidak tertahan di dalam tanah.

Berbagai ukuran yang di produksi oleh PT. Minatama Mineral Perdana. Akan tetapi peneliti hanya menggunakan satu ukuran dari berbagai jenis ukuran yang diproduksi. Pada penelitian ini, zeolit yang digunakan berukuran kecil yaitu lolos saringan No. 200. Dibawah ini adalah gambar zeolit yang digunakan sebagai bahan *additive* yang dicampur dengan sampel tanah.



**Gambar 2.5** . Zeolit yang digunakan sebagai bahan campuran tanah

#### 2.3.4. Komposisi Kimia Zeolit

Mineral zeolit merupakan sekelompok mineral yang terdiri dari beberapa jenis (spesies) mineral. Secara umum mineral zeolit mempunyai rumus kimia sebagai berikut:  $M_x/n(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Berdasarkan hasil analisa kimia total, kandungan unsur-unsur zeolit dinyatakan sebagai oksida  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Akan tetapi di alam tergantung pada komponen bahan induk dan keadaan lingkungannya, maka perbandingan Si/Al dapat bervariasi, dan juga unsur Na, Al, Si, sebagian dapat disubstitusikan oleh unsur lain. (Dana, D. James, 1951).

Parameter kimia yang penting dari zeolit adalah perbandingan Si/Al, yang menunjukkan persentase Si yang mengisi di dalam tetrahedral, jumlah kation monovalen dan divalen, serta molekul air yang terdapat didalam saluran kristal. Perbedaan kandungan atau perbandingan Si/Al akan berpengaruh terhadap ketahanan zeolit terhadap asam

atau pemanasan. Ikatan ion Al-Si-O adalah pembentuk struktur kristal sedangkan logam alkali adalah kation yang mudah bertukar ("exchangeable cation"). Jumlah molekul air menunjukkan jumlah pori-pori atau volume ruang kosong yang terbentuk bila unit sel kristal tersebut dipanaskan. (Sastiano,A.1991).

Hingga kini sudah 40 jenis (spesies) mineral zeolit yang telah diketahui. Dari jumlah tersebut, hanya 20 jenis saja yang diketahui terdapat dalam bentuk sedimen, terutama dalam bentuk piroklastik. Nama dan rumus kimia mineral zeolit yang terdapat dalam piroklastik (tufa) tercantum dalam Tabel

**Tabel 2.6** Nama mineral zeolit dan rumus kimia.

No	Komposisi kimia	Persentase (%)
1	SiO <sub>2</sub>	55,39-58,15
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,39-24,84
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,68-2,80
4	Na <sub>2</sub> O	0,17-0,39
5	K <sub>2</sub> O	0,45-1,26

Sumber : Universitas Gajah Mada, 2006

Zeolit memenuhi persyaratan untuk dianggap lingkungan aman dan jika ditangani sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh produsen serta tidak akan menimbulkan bahaya apapun untuk kesehatan atau lingkungan.



## 2.4. Definisi Kuat Geser

Suatu beban yang dikerjakan pada suatu masa tanah akan selalu menghasilkan tegangan dengan intensitas yang berbeda – berbeda di dalam zona berbentuk bola lampu di bawah beban tersebut (Bowles,1993).

Kuat geser tanah sebagai perlawanan internal tanah terhadap persatuan luas terhadap keruntuhan atau pengerasan sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das,1994).

### 2.4.1. Teori Kuat Geser Tanah

Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanyakombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = f(\sigma) \quad (1)$$

dimana :

= Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan

= Tegangan normal pada saat kondisi tersebut

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hary Cristady, 2002).

Coulomb (1776) mendefinisikan  $f(\sigma)$  seperti

pada persamaan sebagai berikut :

$$f = C + \sigma \tan \phi \quad (3)$$

Syahreza Nurdian, Setyanto, Lusmeilia Afriani.

Dimana :

$f$  = Kuat geser tanah ( kN/m<sup>2</sup> )

$C$  = Kohesi tanah ( kN/m<sup>2</sup> )

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

$\sigma$  = Tegangan normal pada bidang runtuh ( kN/m<sup>2</sup> )

Parameter kuat geser tanah ditentukan dari uji–uji laboratorium pada benda uji yang diambil dari lapangan yaitu dari hasil pengeboran tanah yang dianggap mewakili. Tanah yang diambil dari lapangan harus diusahakan tidak berubah kondisinya, terutama pada contoh asli (*undisturbed*), di mana masalahnya adalah harus menjaga kadar air dan susunan tanah di lapangannya supaya tidak berubah. Pengaruh kerusakan contoh benda uji berakibat fatal terutama pada pengujian tanah lempung. Umumnya, contoh benda uji diperoleh baik

dengan kondisi terganggu atau tidak asli (*disturbed-simple*) maupun di dalam tabung contoh (*undisturbed-simple*). Pada pengambilan tanah benda uji dengan tabung, biasanya kerusakan contoh tanah relative lebih kecil.

Kuat geser tanah dari benda uji yang diperiksa di laboratorium biasanya dilakukan dengan besar beban yang ditentukan lebih dulu dan dikerjakan dengan menggunakan tipe peralatan khusus. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kuat geser tanah yang diuji di laboratorium, adalah :

- a. Uji geser langsung ( *direct shear test* )
- b. Uji traksial ( *traxial test* )
- c. Uji tekan bebas ( *unconfined compression test* )
- d. Uji geser kipas ( *vane shear test* )

bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

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

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis – analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Untuk mempelajari kuat geser tanah, istilah – istilah berikut ini sering dipakai, yaitu :

- a. Kelebihan tekanan pori ( *excess pore pressure* ), adalah kelebihan tekanan air pori akibat dari tambahan tekanan yang mendadak.
- b. Tekanan *overburden efektif* adalah tekanan akibat beban tanah dan air di atasnya, dikurangi tekanan air ( pori ).
- c. Tanah *normally consolidated* ( terkonsolidasi normal ) adalah tanah di mana tegangan efektif yang pernah membebaninya pada waktu lampau, lebih kecil daripada tegangan efektif yang bekerja pada waktu sekarang.
- d. Tanah *overconsolidated* ( terkonsolidasi berlebihan ) adalah tanah di mana tegangan efektif yang pernah membebaninya pada waktu lampau, lebih besar daripada tegangan efektif yang bekerja waktu sekarang.
- e. Tekanan prakonsolidasi ( *preconsolidation pressure* ) adalah nilai tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah tersebut.
- f. Nilai perbandingan *overconsolidation* (*overconsolidation ratio* = *OCR* ) adalah nilai banding antara tekanan prakonsolidasi dengan tekanan *overburden efektif* yang ada sekarang. Jadi, bila  $OCR = 1$  tanah dalam kondisi *normally consolidated*, dan bila  $OCR > 1$ , tanah dalam kondisi *overconsolidated*.

#### **2.4.2. Kuat Geser pada Tanah Lempung**

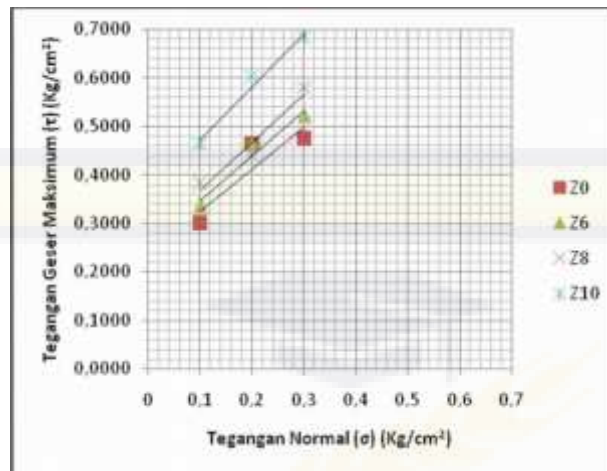
Dalam kondisi pengujian dengan drainase terbuka, perubahan volume yang berupa kompresi ataupun pelonggaran tidak hanya tergantung pada sejarah tegangan. Demikian pula pada pembebanan

kondisi tak terdrainase ( undrained) ,nilai tekanan air pori sangat tergantung dari jenis lempung , apakah lempung tersebut normally consolidated ataukah overconsolidated.

Biasanya bekerjanya beban bangunan dilapangan lebih cepat daripada kecepatan air untuk lolos dari pori pori tanah lempung akibat pembebanan keadaan ini menimbulkan kelebihan air pori ( excess pore pressure ) dalam tanah . jika pembebanan sedemikian rupa sehingga tak terjadi keruntuhan tanah , maka yang terjadi kemudian adalah air pori menghambur keluar dan perubahan volume yang terjadi pada pasir dan lempung berbeda , karena kecepatan perubahan volume pada tanah akan sangat tergantung pada permeabilitas tanah , karena tanah lempung berpermeabilitas sangat rendah , sedangkan tanah pasir tinggi ,kecepatan berkurangnya tekanan air pori akan lebih cepat terjadi pada tanah pasir . Jadi , untuk tanah pasir , perubahan volume akibat penghamburan tekanan air pori akan lebih cepat daripada tanah lempung.

#### **2.4.3. Analisa Kuat Geser pada Ziolith**

Nilai kuat geser langsung diperoleh dari hubungan nilai tegangan normal dan tegangan geser tanah, yang dilakukan dengan uji *Direct Shear*. Dari hasil pengujian *Direct Shear* ini juga akan didapatkan nilai kohesi tanah dan sudut geser tanah. Nilai kuat geser tanah, nilai kohesi dan sudut geser pada tanah tanpa campuran dapat dilihat pada gambar



**Gambar 2.6** Kuat Geser menggunakan Ziolith

Pada Gambar dapat dilihat kenaikan nilai kohesi pada pengujian kuat geser langsung tanah pada setiap penambahan campuran zeolit yang dilakukan pemeraman selama 14 hari, Hal ini disebabkan pencampuran tanah lempung dan zeolit tersebut membentuk suatu reaksi kimia yang mana dengan bertambahnya waktu tanah tersebut akan menjadi keras sehingga tahanan geser tanah tersebut akan menjadi lebih kuat.

### 2.5. Pengertian Pemeraman ( Curing)

Pemeraman adalah proses pencampuran tanah dengan air kemudian dibiarkan beberapa saat agar kadar air yang terkandung dalam tanah lebih merata. Proses pemeraman ini akan mempengaruhi kadar air yang terkandung dalam tanah dan berpengaruh pada karakteristik tanah, yang diharapkan mampu membantu menurunkan kadar air pada batas cair dan memperbaiki karakteristik tanah tersebut.

Ada pun Penelitian terdahulu (Kampus Politeknik Negeri Padang ) maupun tanah yang telah dicampur dengan kapur mempunyai perilaku yang sama yaitu,  $q_u$  akan mengalami peningkatan seiring semakin bertambahnya lama masa pemeraman. Hal ini kemungkinan disebabkan semakin lama masa pemeraman, menyebabkan makin berkurangnya kadar air. Dimana dengan terjadinya pengurangan kadar air, maka nilai  $q_u$  / kekuatan juga bertambah. Mengingat penambahan kadar kapur dan penambahan masa pemeraman hampir selalu diikuti oleh penambahan kekuatan, maka nilai  $q_u$  yang optimum bukanlah nilai  $q_u$  yang (tegasar(rnaksirnurn) ). Tapi adalah nilai  $q_u$  yang memberikan selisih kenaikan terbesar dari nilai  $q_u$  yang satu ke nilai  $q_u$  yang lainnya. Untuk setiap masa pemeraman, prosentase kaniakan harga  $q_u$  dihitung terhadap masa pemeraman 0 hari, untuk setiap penambahan kadar kdrpur yang sama. Dari grafik dan table diatas terlihat kalau perubahan nilai  $q_u$  dari masa pemeraman 14 menjadi 28 hari jauh lebih besar dari perubahan nilai  $q_u$  dari masa pemeraman Than menjadi

## **2.6. ABSTRAK PENELITIAN TERDAHULU**

### **A. KORELASI KUAT TEKAN BEBAS DENGAN KUAT GESER LANGSUNG PADA TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR DENGAN ZEOLIT.**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pencampuran antara zeolit dan tanah lempung terhadap kuat tekan dan kuat geser tanah. Hal ini dilakukan karena jika mendirikan struktur di atas tanah lempung akan menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain kecilnya nilai kuat tekan dan nilai kuat geser pada tanah tersebut. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pembangunan struktur diatas tanah tersebut, perlu dilakukan stabilisasi tanah. Pada penelitian ini dilakukan stabilisasi tanah dengan menggunakan campuran antara zeolit dan tanah lempung. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dilihat peningkatan nilai kuat tekan tanah lempung sebesar 94,5% yaitu dari 0,2975kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,5787kg/cm<sup>2</sup>, dan penigkatan nilai kohesi tanah sebesar 54,17% dari 0,24kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,36kg/cm<sup>2</sup>, serta peningkatan nilai kuat geser maksimum sebesar 43,89% dari 0,4754kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,6841kg/cm<sup>2</sup>, Setelah tanah dicampurkan dengan zeolit pada penambahan maksimal 10%. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan, kuat tekan serta kuat geser tanah semakin meningkat seiring ditambahkannya persentase campuran zeolit, meskipun peningkatan yang terjadi pada nilai kuat tekan bebas dan kuat geser langsungnya tidak sama besar. Kata kunci : Tanah Lempung, Zeolit, Kuat Tekan Tanah, Kuat Geser Tanah

### **B. PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP NILAI UJI KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN KAPUR PADA KONDISI OPTIMUM**



Pada penelitian ini digunakan bahan baku berupa tanah lanau dan lempung dengan campuran bahan tambahan kapur yang memiliki variasi kadar sebesar 5%, 10%, dan 15% serta dengan variasi waktu pemeraman selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah lanau dan lempung tersebut.

Sampel tanah yang diuji pada penelitian ini merupakan tanah lanau yang berasal dari Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro, sedangkan tanah lempung berasal dari Rawa Sragi, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur. Setelah dilakukan penelitian, dari ketiga kadar tersebut, nilai kuat tekan bebas maksimum tanah lanau dan lempung terdapat pada kadar 15% dengan waktu pemeraman selama 28 hari. Hal ini disebabkan semakin besar kadar kapur dan semakin lama waktu pemeraman, semakin besar pula nilai kuat tekan bebasnya. Kata Kunci : Tanah lanau, tanah lempung, kuat tekan bebas kapur.

### C. KAJIAN PENGARUH MASA PEMERAMAN ( CURING ) TERHADAP KEKUATAN TANAH LEMPUNG LUNAK DI PADANG YANG DISTABILISASI DENGAN BAHAN ADITIF KAPUR

Bangunan teknik sipil di Indonesia, lebih khusus lagi di Padang terletak pada tanah lunak. Dua besar Permasalahan bangunan pada tanah lunak adalah permukiman besar dan daya dukung rendah. Perbaikan tanah menggunakan kapur aditif dipelajari dalam penelitian. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, dengan menggunakan tanah yang tidak disengaja. Tanah Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah stabilisasi resesif dari tanah lempung lunak dipadang.fisik dan sifat mekanik seperti parameter kuat tekan tak terbatas.

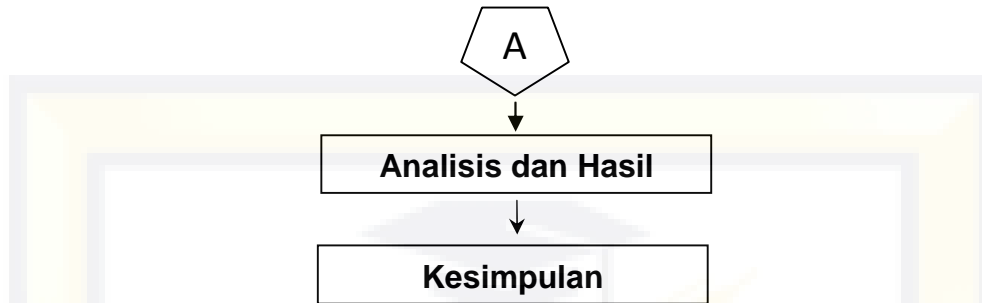
Tiga Variasi yang di gunakan , 5%, 10% dan 15% Setelah campur dengangan kapur sebagai bahan tambah, harus dilakukan masa pemaraman pada 0,3,7,14 dan 28 hari menambah isi additlve Pematatan tess pada tanah asli memberikan kepadatan kerapatan maksimum 4,79, setelah di campur dengan kapur Indeks plastisitas menurun dengan kadar air optimum 37,21% Setelah dicampur dengan kapur, sebaliknya, maksimal kering Kepadatan menurun dan kadar air optimum meningkat Kekuatan tekan yang tidak terbatas meningkat dari 0 sampai 10% konteiner kapur, dan menurun selama 15% kadar kapur, kecuali pada 14 dan 28 hari yang mengalami kenaikan kadar kapur 15%. Kekuatan tekan yang tidak terbatas bertambah dengan waktu curing yang lebih lama, yang bisa dikatakan bahwa pengobatan optimal adalah 28 hari

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Skema Penelitian





**Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian**

### **3.2. Jenis Pengujian Material**

	<b>Jenis Pengujian</b>	<b>Referensi</b>
	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
	Kadar air	SNI03-1968-1990
	Berat Jenis tanah	SNI 03-1964-2008
	Kompaksi	SNI 03-1742-1989
	Kuat Geser Langsung	SNI 03-3420-1994

### **3.3. Variabel Penelitian**

Sebagaimana judul penelitian ini adalah Analisis Kuat Geser Tanah Lempung Menggunakan Zeolith dengan Variasi Pemeraman. Maka tampak dengan jelas bahwa variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan terikat, yaitu Zeolith sebagai variabel bebas dan Analisis kuat geser dalam Tanah Lempung sebagai variabel terikat.

### 3.4. Notasi Sampel

**Tabel 3.1. Jumlah Sampel Dalam Setiap Pengujian**

Jenis Percobaan	Komposisi Campuran	Sampel	Jumlah Sampel	Total Sampel
Kompaksi (Standart proctor test)	Tanah Lempung	D0	5	5
	Tanah Lempung	DT0	3	
Kuat Geser (direct shear test)	Tanah L 97% + 3 % Zeolith	DT1	3	18
	Tanah L 94% + 6 % Zeolith	DT2	3	
	Tanah L 91% + 9 % Zeolith	DT3	3	
	Tanah L 88% + 12 % Zeolith	DT4	3	
	Tanah L 85% + 15 % Zeolith	DT5	3	

**Tabel 3.2. Kebutuhan Material Pengujian Kuat Geser**

No	Tanah Lempung		Ziolith		Berat Total Campuran (gr)
	Persentase (%)	Berat (gr)	Persentase (%)	Berat (gr) $C/100 \times 100$	(B+D)
	A	B	C	D	
1	100%	100	0%	0	1000
2	97%	970	3%	30	1000
3	94%	940	6%	60	1000
4	91%	910	9%	90	1000
5	88%	880	12%	120	1000
6	85%	850	15%	150	1000

### 3.5. Pengujian Sampel

Pengujian yang dilakukan di bagi menjadi 2 bagian pengujianya itu pengujian untuk tanah asli dan tanah yang di stabilisasi. Pengujian di lakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa mengikuti *Standart*, SNI sebagai berikut :

a) Tentukan indeks properties tanah. Sifat – sifat indeks ini di perlukan untuk mengklasifikasikan tanah dalam menentukan jenis bahan stabilisasi dengan serbuk pengikat yang sesuai dan menentukan perkiraan awal jumlah kadar bahan serbuk pengikat yang perlu ditambahkan kedalam tanah yang akan di stabilisasikan. Pengujian indeks ini adalah sebagai berikut :

- 1) Berat Jenis tanah sesuai dengan SNI 03-1964-2008
- 2) Kadar air sesuai dengan SNI03-1968-1990
- 3) Analisa saringan sesuai dengan SNI 03-1968-1990

b) Peyiapan benda uji;

Siapkan contoh tanah yang kering udara dengan cara di gemburkan. Apa bila contoh tanah dalam kondisi basah, pengeringan dapat di lakukan dengan mengangin-anginkan ( air-dry ) atau dengan cara sebagai berikut :

- 1) Alat pengeringan yang dapat membatasi temperature contoh tanah sampai 60°C;
- 2) Ambil contoh tanah yang lolos saringan N0. 4 ( 4,75 mm ) dan simpan dalam kantong pada temperature ruangan. Jika tanah tersebut mengandung agregat tertahan No. 4 ( 4,75 mm ) maka ambil material

tanah yang lolos saringan 19 mm tetapi mengandung bahan yang tertahan saringan NO. 4 ( 4,75 mm ) maksimum 35%. Berat contoh tanah di sesuaikan dengan kebutuhan untuk masing – masing standar pengujian yang akan di terapkan;

- 3) Ambil contoh tanah secukupnya untuk pengujian kadar air awal ( SNI 03-1965-1990 ).
- c) Lakukan uji pemadatan ringan atau pemadatan berat, jika diperlukan, untuk mendapatkan kadar air optimum ( Optimum Moisture content ) dan kepadatan kering maksimum ( Maximum Dry Density /MDD ) yang sesuai dengan SNI 03-1742-1989 atau SNI 03-1743-1989.
- d) Lakukan uji kekuatan tanah dengan uji gesernya sesuai dengan SNI 03-3638-1994.

### **3.6. Metode Analisis**

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

1. Analisis distribusi butiran terhadap tanah yaitu melakukan analisis hasil pengujian tanah di laboratorium dan klasifikasinya menurut klasifikasi tanah serta menggolongkannya menurut jenis mineral tanah.
2. Analisis kadar air dan berat jenis tanah granuler terhadap penggunaan lapisan tanah dasar.
3. Analisis hasil pemadatan ( Uji Proctor )

Analisis hasil pemadatan tanah lempung dan variasi campuran Zeolith dilakukan guna mengetahui nilai kadar air optimum terhadap peningkatan kepadatan tanah.

4. Analisis hasil kuat geser ( Direct Shear ) tanah lempung dan variasi campuran Zeolith terhadap peningkatan nilai kohesi ( C ) dan kuat geser (  $\tau$  ). Analisis ini digunakan untuk mencari hubungan penambahan Zeolith terhadap nilai kohesi dan sudut yang dituangkan dalam grafik serta analisa mengenai tanah yang memiliki kohesi dan sudut geser yang rendah setelah di beri bahan stabilisasi Zeolith dapat dijadikan sebagai tanah dasar( *subgrade* ). Gaya geser (  $\tau$  ) diperoleh dengan mengalikan pembacaan arloji geser dengan angka kalibrasi cincin penguji ( proofing ring ). Gaya geser maksimum di bagi luas bidang geser menghasilkan tegangan geser maksimum. Grafik hubungan antara tekanan normal dan tegangan geser maksimum dibuat untuk memperoleh persamaan hubungan antara keduanya. Dari persamaan tersebut di hitung sudut geser tanah (  $\phi$  ) dan kohesi ( C ).

### 3.7. Tahapan penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah untuk menguji.

- a. Uji karakteristik dan klasifikasi tanah.
  - Kadar Air.
  - Berat Jenis.
  - Analisa Saringan.
  - Kompaksi.



- b. Kuat geser tanah dengan menggunakan alat direct shear test.

### **3.8. Tempat dan Waktu Penelitian**

#### **3.8.1 Tempat**

- Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tanah Lempung yang didatangkan dari Kab. Maros. Kec, Pate'ne
- Tempat peneltian dilakukan yaitu di Laboratarium Teknik Sipil, Universitas Bosowa.

#### **3.8.2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan selama tiga bulan terhitung mulai dari bulan

9 Desember 2017 - 9 Maret 2018

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakteristik Dasar Tanah Asli

##### 4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah Tanpa Bahan

Tambah

**Tabel 4.1** Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli

No	Parameter	Satuan	Tanah Asli
1	Pemeriksaan Kadar Air	%	33.34
2	Analisa Saringan		
	#4 (4.75 mm)	%	100.00
	#10 ( 2.00 mm)	%	98.31
	#18(0.85 mm)	%	94.91
	#40 ( 0.43 mm)	%	92.96
	#60 (0.25 mm)	%	91.39
	#80 (0.18 mm)	%	88.98
	#100 (0.15 mm)	%	86.66
	#200 (0.075 mm)	%	79.4
3	Pengujian Berat Jenis Berat Jenis Tanah	g/cm <sup>3</sup>	2.683
2	Batas-batas Atterberg :		
	liquid Limit (LL)	%	60.54
	Plactic Limit (PL)	%	43.03
	Shinkage Limit (SL)	%	25.27
	Placticity Index (PI)	%	17.51
	Aktiviti (A)		0.92
4	Pengujian Analisis Hidrometer		
	Pasir	%	21,56
	Lanau	%	36.8
	Lempung	%	41.64
4	Pemeriksaan Kompaksi		
	gdry	%	1.16
	Wopt	kg/cm <sup>3</sup>	27.01

Sumber :Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

## 4.2. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Asli

### 4.2.1. Berat Jenis (Gs)

Dari hasil pemeriksaan berat jenis spesifik diperoleh nilai berat jenis 2,683. Dari nilai berat jenis tersebut, tanah tersebut masuk kategori **lempung anorganik** yang mempunyai nilai berat jenis antara 2,68 – 2,75.

### 4.2.2. Pengujian Batas-batas Konsistensi

#### a. Batas Batas Atterberg

##### 1) Batas Cair ( Liquid Limit, LL )

Dari grafik hubungan jumlah ketukan dengan kadar air diperoleh Nilai batas cair (LL) = 60,54 % maka tanah tersebut masuk kategori tanah lempung lunak dengan plastisitas yang tinggi (LL > 40%)

##### 2) Batas Plastis (Plastic Limit, PL)

Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh nilai batas plastis (PL) = 43,03%

##### 3) Indeks Plastisitas (Indeks Plasticity, IP)

Berdasarkan rumus  $PI = LL - PL$  diperoleh nilai indeks plastisitas (PI) = 17,51 % . Tanah yang mempunyai nilai  $PI > 17$  masuk kategori lempung dengan sifat plastisitas tinggi.

#### 4) Batas Susut ( Shrinkage Limit )

Dari hasil pengujian batas susut diperoleh nilai batas susut = 25,09% .

##### **b. Analisa Gradasi Butiran**

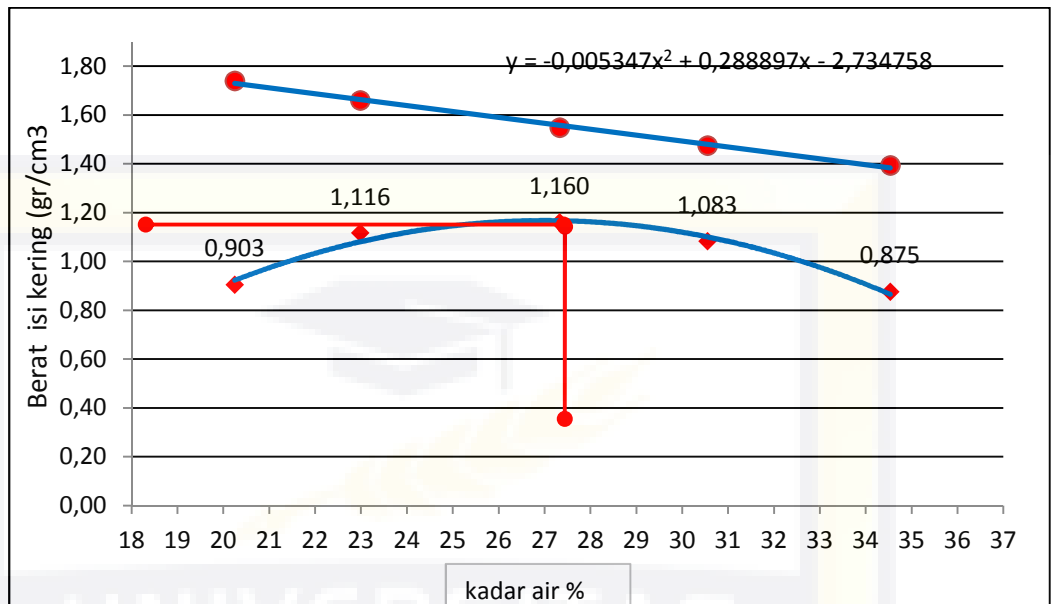
Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa saringan basah diperoleh hasil, tanah tersebut lebih dari 79,40% lolos saringan No.200. Sehingga didapat fraksi pasir sebesar 20,6%. Berdasarkan persen lolos saringan no.200 tanah tersebut masuk dalam golongan tanah lempung dengan kadar tinggi.

Dari hasil pengujian hydrometer berdasarkan kurva lengkungnya diperoleh hasil sebagian besar ukuran butir tanah adalah fraksi lanau yaitu sebanyak 58,8% . sedangkan fraksi lempung sebesar 20,6%.

Peninjauan klasifikasi tanah yang mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 0,075 mm, tidak berdasarkan secara langsung pada gradasinya, sehingga penentuan klasifikasinya lebih didasarkan pada batas batas atterbergnya.

##### **c. Pengujian Kompaksi ( Pemadatan )**

Dari pengujian pemadatan Standar( Proctor test ) diperoleh kadar air optimum  $w_{opt} = 27,01\%$  dan berat isi kering  $\gamma_{maks} = 1,16 \text{ kg/cm}^3$ .



**Gambar 4. 1** Grafik Pengujian Kompaksi

### 4.3. Klasifikasi Tanah

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

Berdasarkan analisa basah, presentase bagian tanah yang lolos saringan no.200 adalah lebih besar dari 50 % (> 30% ).Sehingga tanah diklasifikasi kedalam kelompok : ( A-4,A-5 ; A-6,A-7).

Batas cair (LL) = 60,54% .Untuk tanah yang batas cairnya lebih besar dari 41% maka tanah tersebut masuk dalam kelompok A-7 ( A-7-5,A-7-6).

Indeks Plastisitas (PI) = 17,15%.Untuk kelompok A-7 nilai PI

Minimumnya sebesar 11% maka tanah dikelompokkan kedalam kelompok A-7( A-7-5,A-7-6).

Sedangkan nilai Batas Plastis (PL) = 43,03% ,untuk kelompok A-7-6

nilai PL < 30%,sehingga tanah dikelompokkan kedalam kelompok A-7-6. Tanah yang masuk kategori A-7-6 termasuk klasifikasi tanah lempung.

#### 4.3.2 USCS (*Unified Soil Classification System*)

Dari analisis saringan basah didapatkan tanah lolos saringan no.200 lebih besar dari 50% sehingga masuk kedalam klasifikasi tanah berbutir halus.

Batas cair (LL) = 60,54% dan indeks plastisitas (PI) = 17,15%.Dari bagian plastisitas,klasifikasi tanah masuk dalam range CH (diatas garis A,( 0,73 - 20) ,dimana :

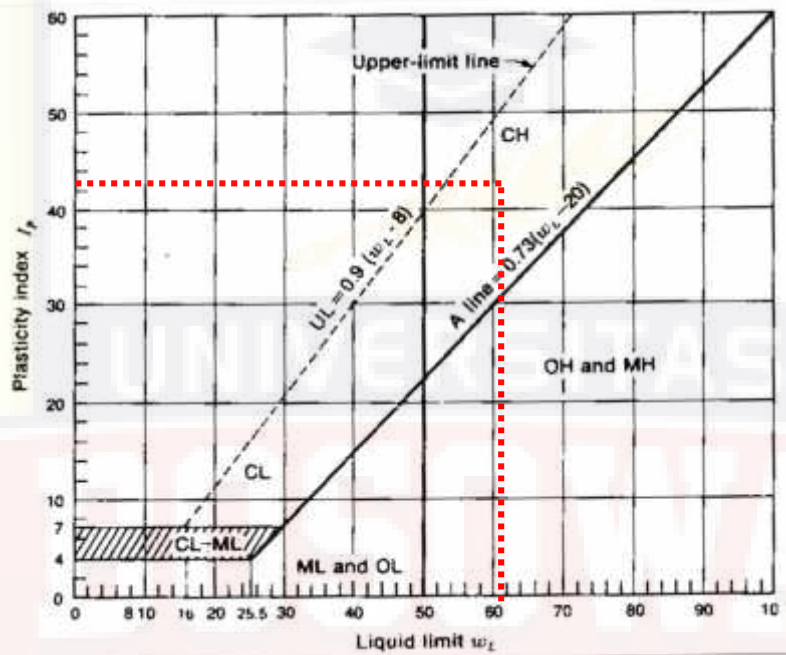
**Tabel 4.2** Batasan Mengenai PI, Sifat, Macam Tanah Dan Cohesi

PI (%)	Sifat	Macam tanah	Cohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Cohesi
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Cohesi sebagian
7 - 17	Plastisitas Sedang	Lempung berlanau	Cohesi
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Cohesi

Sumber : Hardiyatmo, H.C, 1992,Mekanik a Tanah 1, Hal 34)

CH adalah symbol lempung tak organic dengan plastisitas tinggi ,lempung gemuk (fat clays).

Dari karakteristik material diatas( yaitu plastisitas dan distribusi ukuran partikel ) dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut adalah : Tanah Lempung (Clay) dengan Sifat Plastisitas tinggi



Sumber : ( Braja.M.Das, 1998. Jilid 1, hal.71

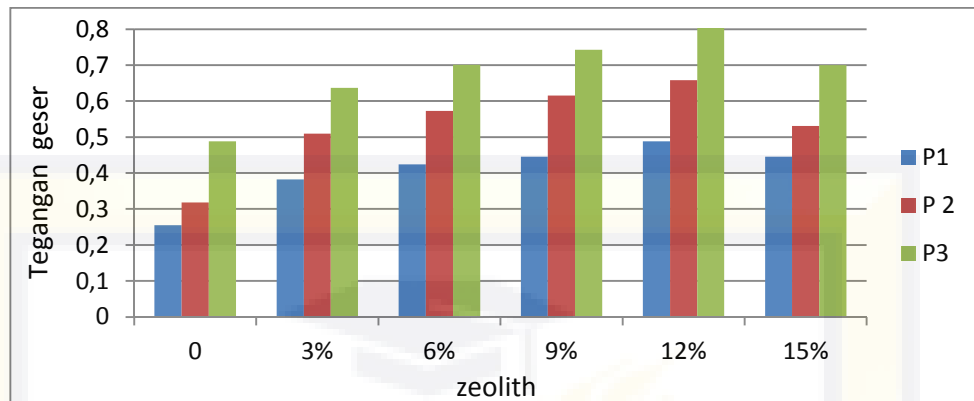
**Gambar 4.3** Sistem Klasifikasi Tanah Unified

#### 4.4 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung dengan Variasi Zeolith

**Tabel 4.3** TeganganGeser (3 hari)

Beban	TeganganGeser					
	DT0 0%	DT1 3%	DT2 6%	DT3 9%	DT4 12%	DT5 15%
p1 10kg	0.25472	0.38208	0.42453	0.44575	0.48821	0.44575
p2 20kg	0.31840	0.50943	0.57311	0.61557	0.65802	0.53066
p3 30kg	0.48821	0.63679	0.70047	0.74292	0.80660	0.70010

Sumber :Hasil pengujian laboratoriumUniversitas Bosowa, 2017



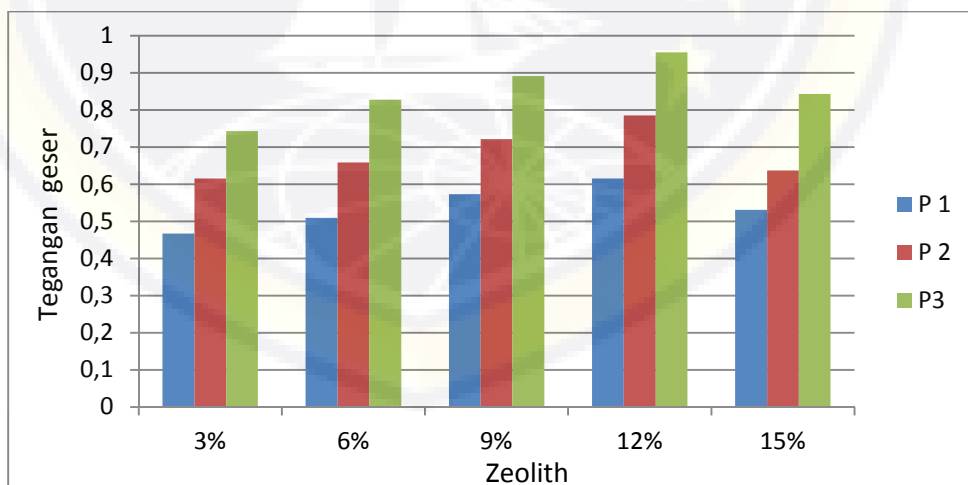
Sumber :Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

**Gambar4.2** Grafik Tegangan Geser (3 hari)

**Tabel 4.4** TeganganGeser (14 hari)

Nama Sampel	TeganganGeser				
	DT1 3%	DT2 6%	DT3 9%	DT4 12%	DT5 15%
p1 10kg	0.4670	0.5094	0.5731	0.6156	0.5307
p2 20kg	0.6156	0.6580	0.7217	0.7854	0.6368
p3 30kg	0.7429	0.8278	0.8915	0.9552	0.8431

Sumber :Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017



Sumber :Hasil pengujian laboratoriumUniversitas Bosowa, 2017

**Gambar4.3** Grafik Tegangan Geser (14 hari)



Hasil pengujian kuat geser langsung pada tanah lempung yang menggunakan zeolith sebagai bahan stabilisasi variasi pemeraman dengan komposisi campuran dan waktu pemeraman yang berbeda ,dapat dilihat pada tabel 4.4

**Tabel 4.5.** Hasil pengujian kuat geser Langsung dengan variasi Zeolith pemeraman 3 hari

Sampel	koheisi (c)	Sudut geser dalam ( $\varphi$ )	Kuat geser geser ( $\tau$ )
Tanah Asli	0.1203	21.17	0.4705
Tanah lempung + Zeolith 3%	0.2547	22.90	0.6368
Tanah lempung + Zeolith 6%	0.2901	24.59	0.7040
Tanah lempung + Zeolith 9%	0.3042	26.23	0.7500
Tanah lempung + Zeolith 12%	0.3325	27.83	0.8101
Tanah lempung + Zeolith 15%	0.2762	24.56	0.6895

*Sumber :Hasil pengujian laboratoriumUniversitas Bosowa, 2017*

Berdasarkan tabel 4.2 variasi pemeraman 3 hari menunjukkan bahwa nilai koheisi terendah pada komposisi tanah lempung + Zeolith 3% yaitu (c) 0,2547 kg/cm<sup>2</sup>.Sedangkan tertinggi pada komposisi tanah lempung lunak+Zeolith 12% yaitu (c) 0,3325 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian kuatgeser langsung dengan variasi Zeolith pemeranan 14 hari

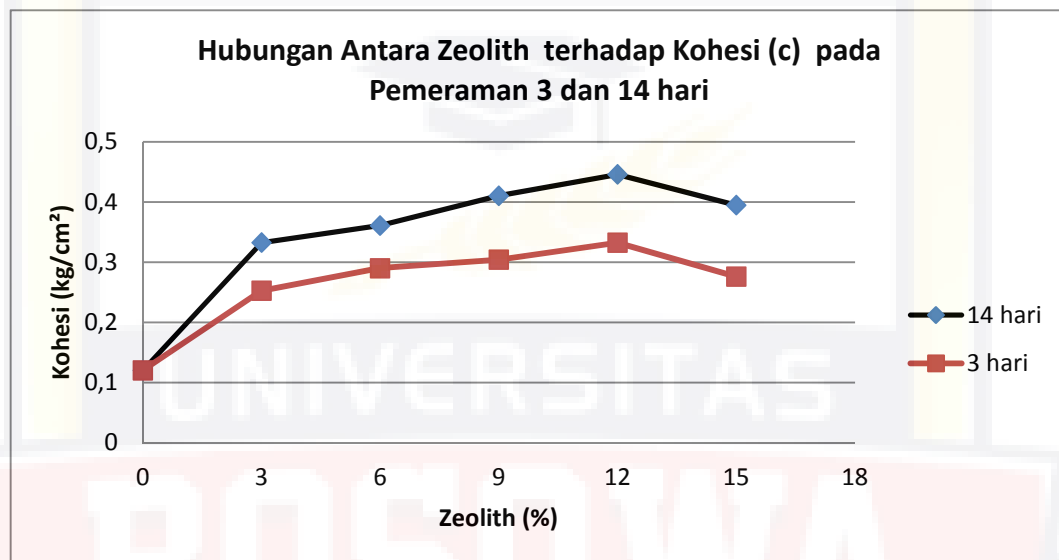
Sampel	kohesi (c)	Sudut geser dalam ( $\phi$ )	Kuat geser geser ( $\tau$ )
Tanah Asli	0.1203	21.17	0.4705
Tanah lempung + Zeolith 3% (14)	0.3325	24.59	0.7465
Tanah lempung+ Zeolith 6% (14)	0.3608	26.23	0.8066
Tanah lempung + Zeolith 9% (14)	0.4104	27.83	0.8880
Tanah lempung + Zeolith 12%(14)	0.4458	29.39	0.9552
Tanah lempung + Zeolith 15% (14)	0.3984	27.39	0.8671

*Sumber :Hasil pengujian laboratoriumUniversitas Bosowa, 2017*

Berdasarkan table 4.5 menunjukkan bahwa variasi pemeraman 14 hari nilai kohesi terendah pada komposisi tanah lempung+Zeolith 3% yaitu (c) 0,3325kg/cm<sup>2</sup>.Sedangkan tertinggi pada komposisi tanah lempung +Zeolith 12% yaitu (c) 0,4458 kg/cm<sup>2</sup>.

Perbandingan nilai kohesi (c) pada pengujian kuat geser langsung dengan campuran Zeolith pada pemeraman 3 dan 14 hari dapat dilihat pada gambar di bawa ini yang di mana pemeraman 3 dan 14 hari mengalami peningkatan, untuk 3 hari dari kohesi 0.2547 dengan presentase Zeolith 3% meningkat menjadi 0.3325 di presentase zeolit 12% dan 15% mengalami penurunan 0.2762. dan untuk 14 hari dari kohesi 0.3325 presentase zeolit 3% meningkat menjadi 0.4458 di presentase zeolit 12% dan 15% mengalami penurunan 0.3984.

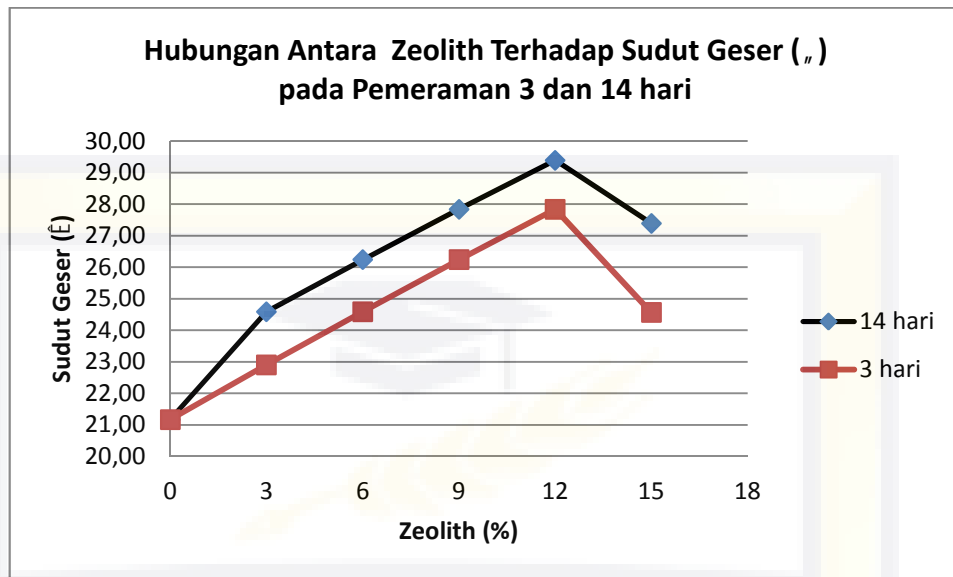
ini di sebabkan komposisi dari bahan tamba (zeolith) melebihi titik maksimum sehingga kadar air pada tanah tersebut mengalami penurunan hal ini di sebabkan tanah tersebut mengalami patahan



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

**Gambar 4.4** Grafik hubungan variasi Zeolith dengan Kohesi pemeraman 3 hari dan 14 hari.

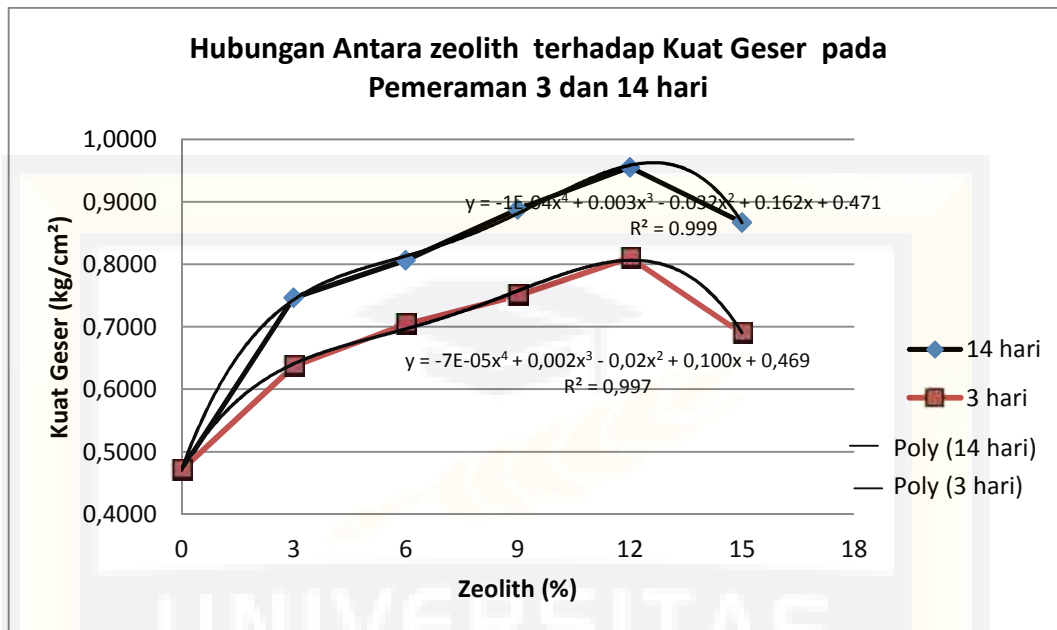
Perbandingan nilai Sudut Geser ( $\theta$ ) pada pengujian kuat geser langsung dengan campuran Zeolith pada pemeraman 3 dan 14 hari dapat dilihat pada gambar di bawa ini yang di mana pemeraman 3 dan 14 hari mengalami peningkatan, untuk 3 hari dari sudut geser 22.90 dengan presentase Zeolith 3% meningkat menjadi 27.83 di presentase zeolit 12% dan 15% mengalami penurunan 24.56. dan untuk 14 hari dari sudut geser 24.59 presentase zeolit 3% meningkat menjadi 29.39 di presentase zeolit 12% dan 15% mengalami penurunan 27,39.



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

**Gambar 4.5** Grafik hubungan variasi Zeolith dengan Sudut geser pemeraman 3 hari dan 14 hari.

Perbandingan nilai Kuat geser pada pengujian kuat geser langsung dengan campuran Zeolith pada pemeraman 3 dan 14 hari dapat dilihat pada gambar di bawa ini yang di mana pemeraman 3 dan 14 hari mengalami peningkatan, untuk 3 hari dari kuat geser 0.6368 dengan presentase Zeolith 3% meningkat menjadi 0.8101 di presentase zeolit 12% dan 15% mengalami penurunan 0.6895. dan untuk 14 hari dari geser 0,7465 presentase zeolit 3% meningkat menjadi 0.9552 di presentase zeolit 12% dan 15% mengalami penurunan 0.5671.



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

**Gambar 4.6** Grafik hubungan variasi Zeolith dengan Kuat geser pemeraman 3 hari dan 14 hari.

Pada diatas penambahan lamanya pemeraman pada ziolith dapat meningkatkan kohesi, sudut geser, kuat geser tanah dimana nilai maksimum terjadi pada penambahan zeolith 12% pada pemeraman 14 hari, nilai kohesi tanah asli 0.1203 saat di pemeraman 3 hari meningkat menjadi 0.3325 .ketika di tamba pemaraman 14 hari peningkatan nilai kohesi menjai 0.4488. sudut geser dalam tanah asli 21.17 meningkat menjadi 27.83 pemeraman 3 hari, ketika ditamba lamanya pemeraman 14 hari meningkat menjadi 29.39. dan nilai kuat geser tanah asli 0.4705 meningkat menjadi 0.8101 pada pemeraman 3 hari, ketika di tamba lamanya pemeraman 14hari meningkat menjadi 0.9552

Peningkatan nilai kohesi, sudut geser dan kuat geser pada variasi 3% 6% 9% 12% di karenakan ziolith yang sebagai bahan tambah memiliki sifat ( melepaskan molekul H<sub>2</sub>O ) yang di mana ziolith sebagai Adsorben yang berfungsi yang menyerap partikel air dalam suatu proses yang di namakan Adsorpsi

Dan saat 15 % mengalami penurunan itu disebabkan bnyak nya bahan tamba (ziolit) ,sehingga kadar air pada tanah semakin berkurang dan tanah itu mengalami kekeringan sehingga mengalami patahan.

Lama nya pemeraman menjadi faktor utama sehingga nilai pamaran 14 hari lebih besar dari pada nilai 3 hari

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil Pengujian karakteristik tanah lempung diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus dengan sifat palstisitas tinggi dimana ukuran butiran dominan adalah fraksi lanau sebesar 49%,fraksi pasir 26% dan fraksi lempung sebesar 25 %.
2. Dari hasil pengujian kuat geser langsung untuk pemeraman 3 hari diperoleh nilai kuat geser maksimum terjadi pada penambahan Zeolith 12 % dengan nilai kuat geser  $\tau = 0,8101 \text{ kg/cm}^2$  pada kondisi ini nilai ,kohesi  $(c) = 0,3325 \text{ kg/cm}^2$  ,dan sudut geser dalam  $(\phi) = 27,83$
3. dari hasil pengujian kuat geser langsung untuk pemeraman 14 hari di peroleh nilai kuat geser maksimum terjadi pada penambahan Zeolith 12% dengan nilai kuat geser  $\tau = 0,9552 \text{ kg/cm}^2$  ,pada kondisi ini nilai kohesi  $(c) = 0,4458 \text{ kg/cm}^2$  ,dan sudut geser dalam  $(\phi) = 29,39$

## 5.2 SARAN

1. Bagi Para Peneliti yang ingin melakukan penelitian lanjutan kuat geser langsung dapat menggunakan jenis tanah yang berbeda dan variasi yang berbeda.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan apabila ingin mengembangkan penelitian ini.

UNIVERSITAS

**BOSOWA**





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir  
Nama : Reidalady A.Ratumurun  
Stambuk : 45 12 041 121  
Judul : Analisis kuat geser tanah lempung menggunakan zeolith dengan variasi pemeraman"

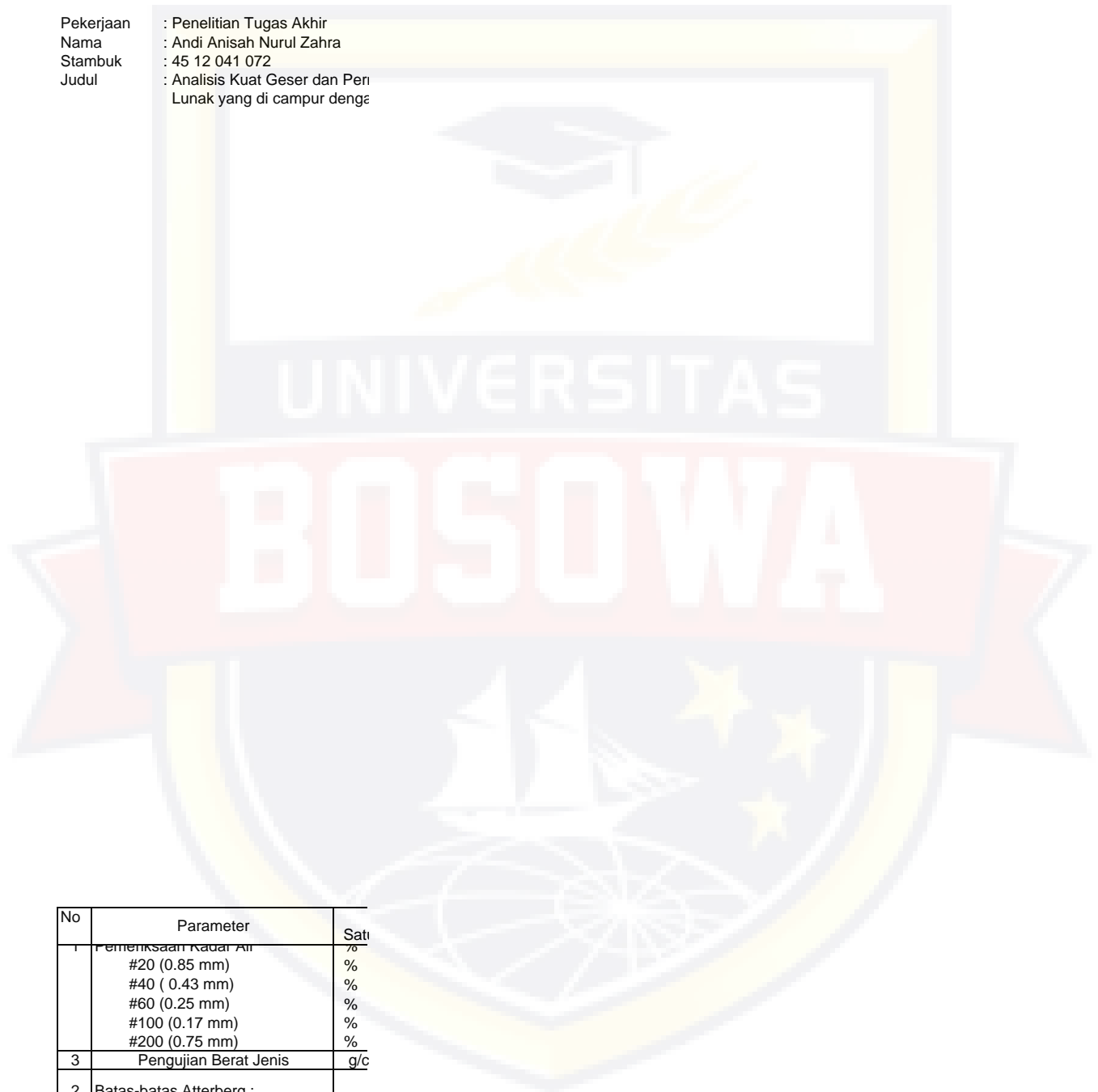
#### RESUME PENGUJIAN

No	Parameter	Satuan	Tanah Asli	Variasi				
				T.A 97% + B. 3%	T.A 94% + B. 6%	T.A 91% + B. 9%	T.A 88% + B. 12%	T.A 85% + B. 15%
1	Pemeriksaan Kadar Air	%	33,34	-	-	-	-	-
2	Analisa Saringan							
	#4 (4.75 mm)	%	100,00	-	-	-	-	-
	#10 ( 2.00 mm)	%	98,31	-	-	-	-	-
	#18(0.85 mm)	%	94,91	-	-	-	-	-
	#40 ( 0.43 mm)	%	92,96	-	-	-	-	-
	#60 (0.25 mm)	%	91,39	-	-	-	-	-
	#80 (0.18 mm)	%	88,98	-	-	-	-	-
	#100 (0.15 mm)	%	86,66	-	-	-	-	-
#200 (0.075 mm)	%	79,4	-	-	-	-	-	
3	Pengujian Berat Jenis							
	Berat Jenis Tanah	g/cm <sup>3</sup>	2,683	-	-	-	-	-
2	Batas-batas Atterberg :							
	liquat Limit (LL)	%	60,54	-	-	-	-	-
	Plactic Limit (PL)	%	43,03	-	-	-	-	-
	Shinkage Limit (SL)	%	25,27	-	-	-	-	-
	Placticity Index (PI)	%	17,51	-	-	-	-	-
Aktiviti (A)	%	0,92	-	-	-	-	-	
4	Pengujian Analisis Hidrometer							
	Lanau	%	38,8					
	Pasir	%	21,56					
	Lempung	%	41,64					
4	Pemeriksaan Kompaksi							
	gdry	%	1,16	-	-	-	-	-
	Wopt	kg/cm <sup>3</sup>	27,01	-	-	-	-	-
5	Kuat geser : 14 hari							
	Kohesi, (c)	Kg/cm <sup>2</sup>	0,1203	0,3325	0,3608	0,4104	0,4458	0,3984
	Sudut geser dalam, (f)	°	21,17	24,59	26,23	27,83	29,39	27,39
	Kuat geser, (t)	Kg/cm <sup>2</sup>	0,4705	0,7465	0,8243	0,888	0,9552	0,867
5	Kuat geser : 3 hari							
	Kohesi, (c)	Kg/cm <sup>2</sup>		0,2547	0,2901	0,3042	0,3325	0,2762
	Sudut geser dalam, (f)	°		22,90	24,59	26,23	27,83	24,56
	Kuat geser, (t)	Kg/cm <sup>2</sup>		0,6367	0,7040	0,75	0,8101	0,686

Makassar, 26 Januari 2019  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah  
Universitas Bosowa

Ir. H. Syahrul Sariman, MT

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir  
 Nama : Andi Anisah Nurul Zahra  
 Stambuk : 45 12 041 072  
 Judul : Analisis Kuat Geser dan Perilaku Lunak yang di campur dengan



No	Parameter	Satuan
1	Pemeriksaan Kadar Air	%
	#20 (0.85 mm)	%
	#40 ( 0.43 mm)	%
	#60 (0.25 mm)	%
	#100 (0.17 mm)	%
	#200 (0.75 mm)	%
3	Pengujian Berat Jenis	g/c
2	Batas-batas Atterberg :	
	LL	%
	PL	%
	SL	%
	PI	%
	A	
3	Distribusi ukuran butir :	
	Pasir	%
	Lanau	%
	Lempung	%
4	Pemeriksaan Kompaksi	
	gdry	%
	Wopt	kg/t
5	Kuat geser :	
	Kohesi, c	Kg/t
	Sudut geser dalam, f	°

	Kuat geser, t	Kg/c
6	Permeabilitas :	
	Koefisien permeabilitas :	cm/m



meabilitas tanah lempung  
 an Fly Ash dan Abu Sekam Padi

RESUME PENGUJIAN

uan	Tanah Asli	Variasi ( ABU SEKAM PADI )			
		ASP 3%	ASP 6%	ASP 9%	ASP
	90.80	-	-	-	-
	89.20	-	-	-	-
	87.60	-	-	-	-
	82.40	-	-	-	-
	74.40	-	-	-	-
m <sup>3</sup>	2.684	-	-	-	-
	56.44	-	-	-	-
	29.72	-	-	-	-
	22.19	-	-	-	-
	26.72	-	-	-	-
	1.49	-	-	-	-
	26,00	-	-	-	-
	49,00	-	-	-	-
	25,00	-	-	-	-
m <sup>3</sup>	1.335	-	-	-	-
	22.97	-	-	-	-
cm <sup>2</sup>	0.1202	0.2052	0.2901	0.3892	0.2335
	21.17	17.58	26.23	30.90	22.90

m <sup>2</sup>	0.4705	0.4705	0.7358	0.9304	0.6156
penit	0.0084	0.0126	0.0145	0.0161	0.0195

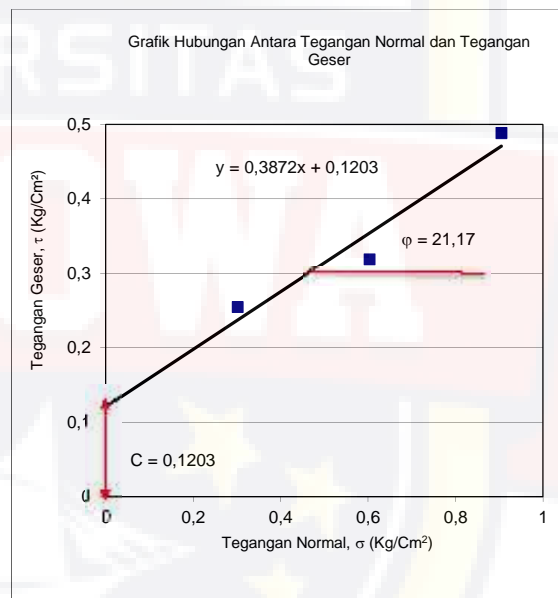
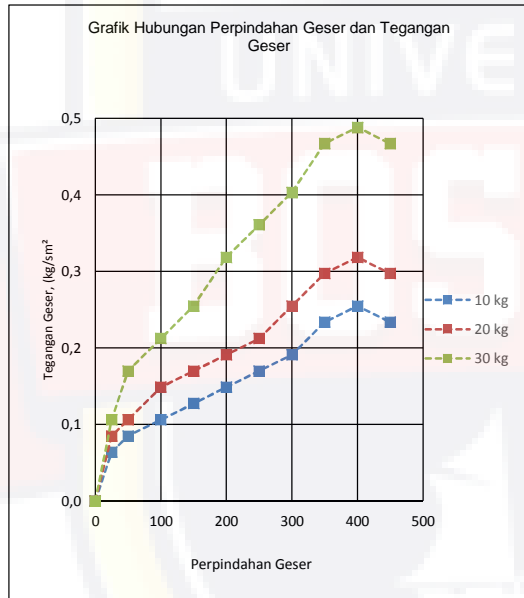


Tabel

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah asli

PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg		
Tegangan Normal	1 = 0,3015	Kg/cm <sup>2</sup>		2 = 0,6030	Kg/cm <sup>2</sup>		3 = 0,90453	Kg/cm <sup>2</sup>	
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000
25	3	2,1120	0,0637	4	2,8160	0,0849	5	3,5200	0,1061
50	4	2,8160	0,0849	5	3,5200	0,1061	8	5,6320	0,1698
100	5	3,5200	0,1061	7	4,9280	0,1486	10	7,0400	0,2123
150	6	4,2240	0,1274	8	5,6320	0,1698	12	8,4480	0,2547
200	7	4,9280	0,1486	9	6,3360	0,1910	15	10,5600	0,3184
250	8	5,6320	0,1698	10	7,0400	0,2123	17	11,9680	0,3608
300	9	6,3360	0,1910	12	8,4480	0,2547	19	13,3760	0,4033
350	11	7,7440	0,2335	14	9,8560	0,2972	22	15,4880	0,4670
400	12	8,4480	0,2547	15	10,5600	0,3184	23	16,1920	0,4882
450	11	7,7440	0,2335	14	9,8560	0,2972	22	15,4880	0,4670
Tegangan Geser Maks			0,2547	0,3184			0,4882		

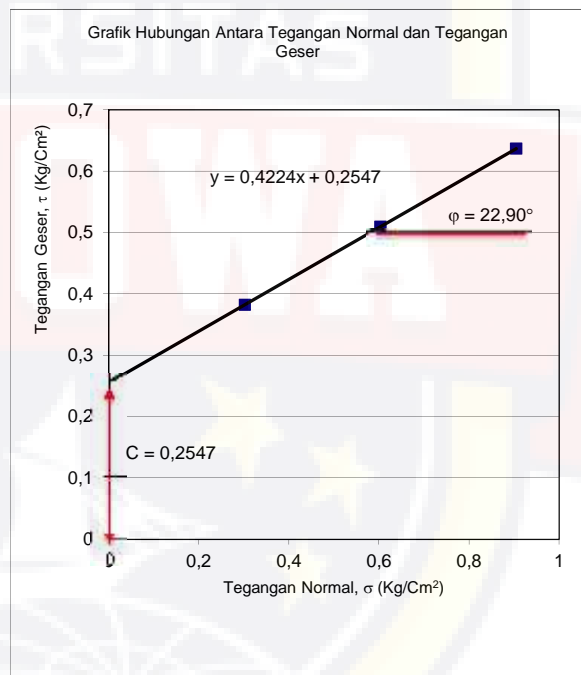
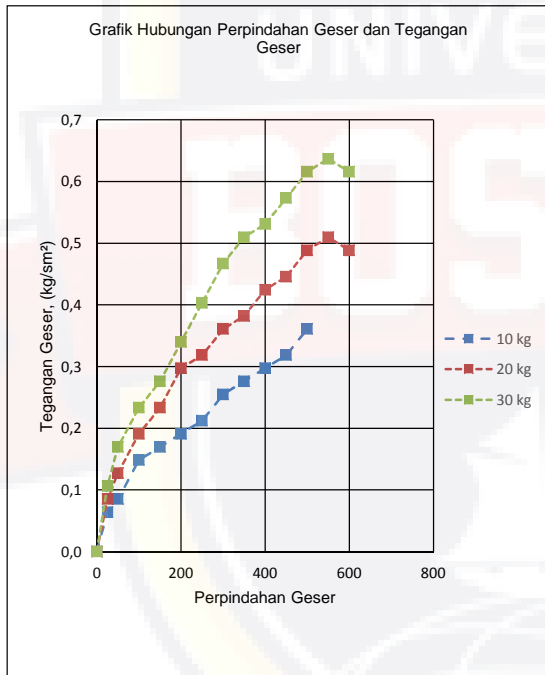


TABEL PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 3% (3 hari)

PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg			
Tegangan Normal	1 = 0,3015 Kg/cm <sup>2</sup>			2 = 0,6030 Kg/cm <sup>2</sup>			3 = 0,9045 Kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	
25	3	2,1120	0,0637	4	2,8160	0,0849	5	3,5200	0,1061	
50	4	2,8160	0,0849	6	4,2240	0,1274	8	5,6320	0,1698	
100	7	4,9280	0,1486	9	6,3360	0,1910	11	7,7440	0,2335	
150	8	5,6320	0,1698	11	7,7440	0,2335	13	9,1520	0,2759	
200	9	6,3360	0,1910	14	9,8560	0,2972	16	11,2640	0,3396	
250	10	7,0400	0,2123	15	10,5600	0,3184	19	13,3760	0,4033	
300	12	8,4480	0,2547	17	11,9680	0,3608	22	15,4880	0,4670	
350	13	9,1520	0,2759	18	12,6720	0,3821	24	16,8960	0,5094	
400	14	9,8560	0,2972	20	14,0800	0,4245	25	17,6000	0,5307	
450	15	10,5600	0,3184	21	14,7840	0,4458	27	19,0080	0,5731	
500	17	11,9680	0,3608	23	16,1920	0,4882	29	20,4160	0,6156	
550	18	12,6720	0,3821	24	16,8960	0,5094	30	21,1200	0,6368	
600	17	11,9680	0,3608	23	16,1920	0,4882	29	20,4160	0,6156	
Tegangan Geser Maks			0,3821				0,5094			

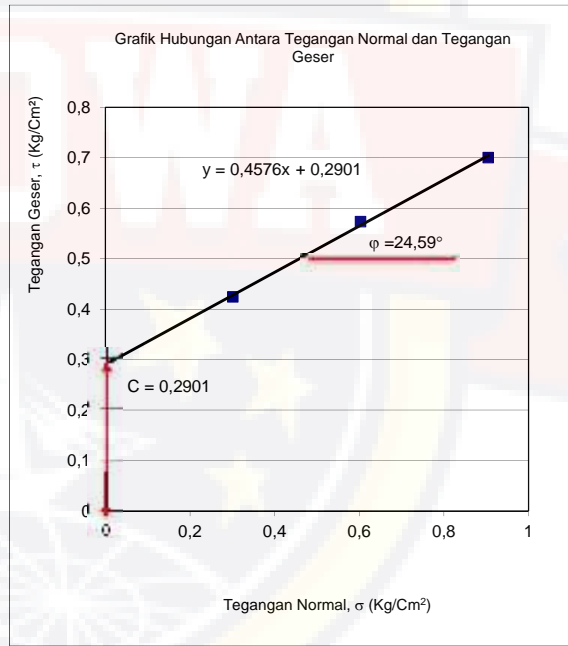
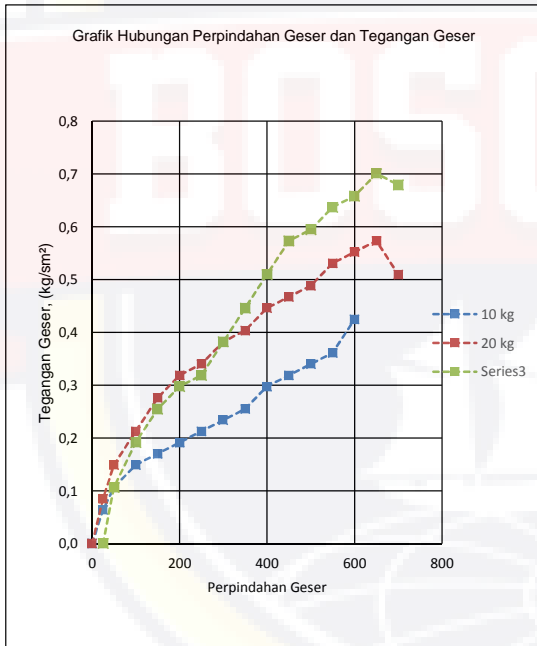


Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 6% (3 hari)

PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg	P2 = 20 Kg	P3 = 30 Kg						
Tegangan Normal	1 = 0,3015 Kg/cm <sup>2</sup>	2 = 0,6030 Kg/cm <sup>2</sup>	3 = 0,90453 Kg/cm <sup>2</sup>						
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000
25	3	2,1120	0,0637	4	2,8160	0,0849	5	3,5200	0,1061
50	5	3,5200	0,1061	7	4,9280	0,1486	9	6,3360	0,1910
100	7	4,9280	0,1486	10	7,0400	0,2123	12	8,4480	0,2547
150	8	5,6320	0,1698	13	9,1520	0,2759	14	9,8560	0,2972
200	9	6,3360	0,1910	15	10,5600	0,3184	15	10,5600	0,3184
250	10	7,0400	0,2123	16	11,2640	0,3396	18	12,6720	0,3821
300	11	7,7440	0,2335	18	12,6720	0,3821	21	14,7840	0,4458
350	12	8,4480	0,2547	19	13,3760	0,4033	24	16,8960	0,5094
400	14	9,8560	0,2972	21	14,7840	0,4458	27	19,0080	0,5731
450	15	10,5600	0,3184	22	15,4880	0,4670	28	19,7120	0,5943
500	16	11,2640	0,3396	23	16,1920	0,4882	30	21,1200	0,6368
550	17	11,9680	0,3608	25	17,6000	0,5307	31	21,8240	0,6580
600	20	14,0800	0,4245	26	18,3040	0,5519	33	23,2320	0,7005
650	19	13,3760	0,4033	27	19,0080	0,5731	32	22,5280	0,6792
700	17	11,9680	0,3608	24	16,8960	0,5094	31	21,8240	0,6580
Tegangan Geser Maks			0,4245				0,5731		



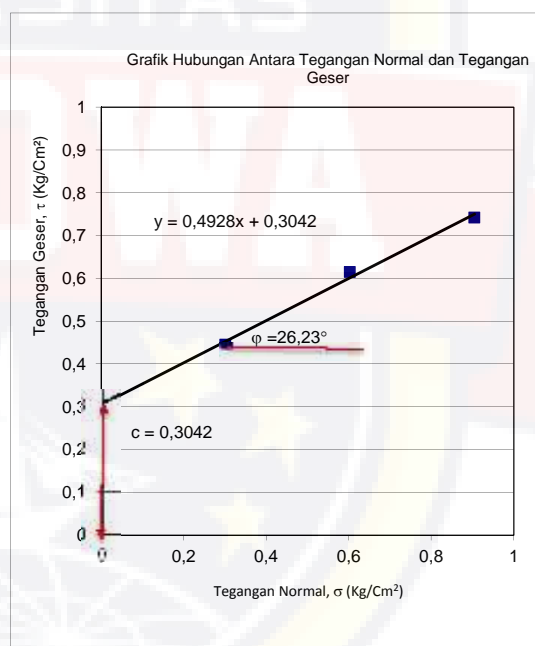
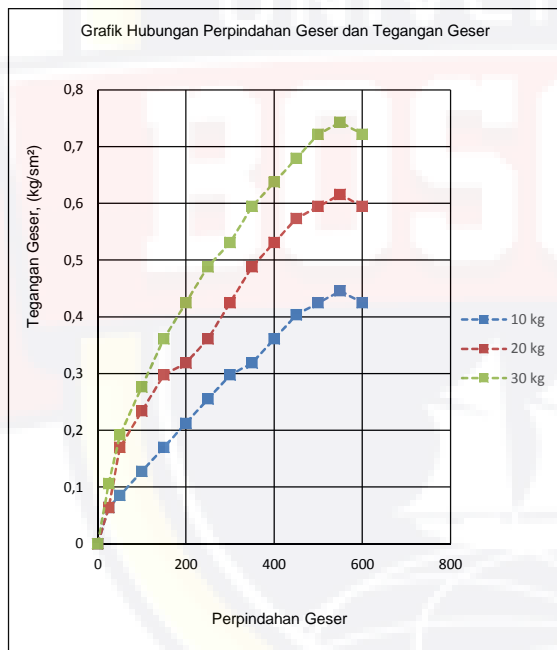


Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 9% (3 hari)

PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg			
Tegangan Normal	1 = 0,3015 Kg/cm <sup>2</sup>			2 = 0,6030 Kg/cm <sup>2</sup>			3 = 0,9045 Kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	
25	3	2,1120	0,0637	3	2,1120	0,0637	5	3,5200	0,1061	
50	4	2,8160	0,0849	8	5,6320	0,1698	9	6,3360	0,1910	
100	6	4,2240	0,1274	11	7,7440	0,2335	13	9,1520	0,2759	
150	8	5,6320	0,1698	14	9,8560	0,2972	17	11,9680	0,3608	
200	10	7,0400	0,2123	15	10,5600	0,3184	20	14,0800	0,4245	
250	12	8,4480	0,2547	17	11,9680	0,3608	23	16,1920	0,4882	
300	14	9,8560	0,2972	20	14,0800	0,4245	25	17,6000	0,5307	
350	15	10,5600	0,3184	23	16,1920	0,4882	28	19,7120	0,5943	
400	17	11,9680	0,3608	25	17,6000	0,5307	30	21,1200	0,6368	
450	19	13,3760	0,4033	27	19,0080	0,5731	32	22,5280	0,6792	
500	20	14,0800	0,4245	28	19,7120	0,5943	34	23,9360	0,7217	
550	21	14,7840	0,4458	29	20,4160	0,6156	35	24,6400	0,7429	
600	20	14,0800	0,4245	28	19,7120	0,5943	34	23,9360	0,7217	
Tegangan Geser Maks			0,4458				0,6156			



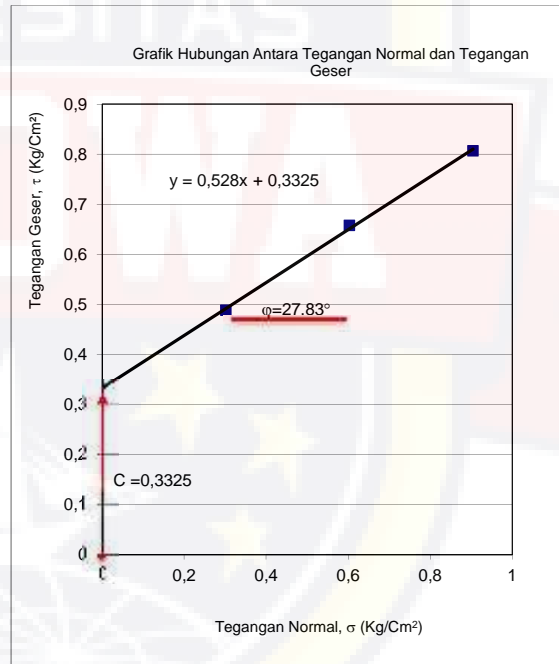
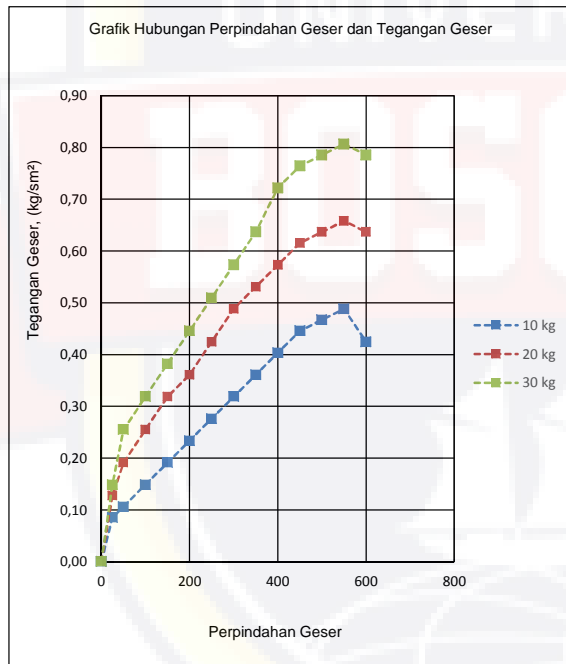
Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 12% (3 hari)

PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg			
Tegangan Normal	1 = 0,3015 Kg/cm <sup>2</sup>			2 = 0,6030 Kg/cm <sup>2</sup>			3 = 0,90453 Kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	
25	4	2,8160	0,0849	6	4,2240	0,1274	7	4,9280	0,1486	
50	5	3,5200	0,1061	9	6,3360	0,1910	12	8,4480	0,2547	
100	7	4,9280	0,1486	12	8,4480	0,2547	15	10,5600	0,3184	
150	9	6,3360	0,1910	15	10,5600	0,3184	18	12,6720	0,3821	
200	11	7,7440	0,2335	17	11,9680	0,3608	21	14,7840	0,4458	
250	13	9,1520	0,2759	20	14,0800	0,4245	24	16,8960	0,5094	
300	15	10,5600	0,3184	23	16,1920	0,4882	27	19,0080	0,5731	
350	17	11,9680	0,3608	25	17,6000	0,5307	30	21,1200	0,6368	
400	19	13,3760	0,4033	27	19,0080	0,5731	34	23,9360	0,7217	
450	21	14,7840	0,4458	29	20,4160	0,6156	36	25,3440	0,7642	
500	22	15,4880	0,4670	30	21,1200	0,6368	37	26,0480	0,7854	
550	23	16,1920	0,4882	31	21,8240	0,6580	38	26,7520	0,8066	
600	20	14,0800	0,4245	30	21,1200	0,6368	37	26,0480	0,7854	
Tegangan Geser Maks			0,4882				0,6580			

0,;

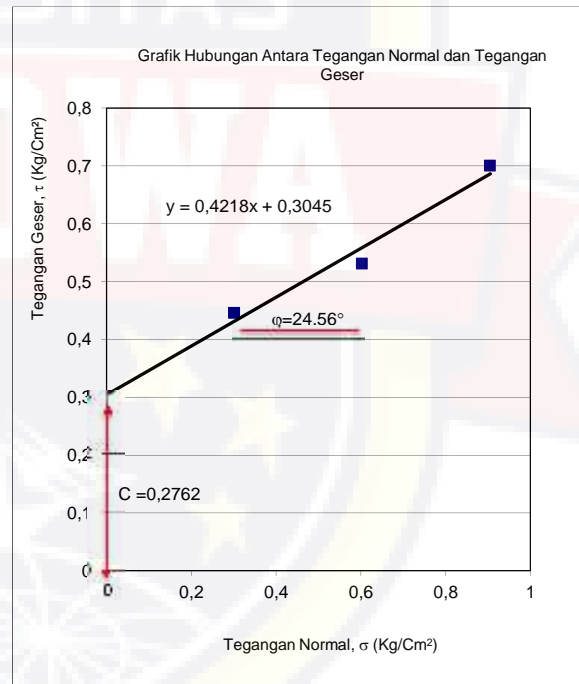
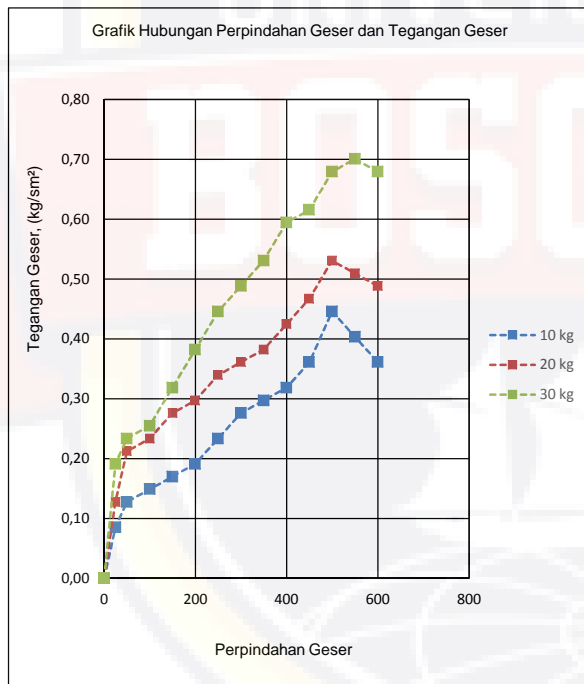


Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 15% (3 hari)

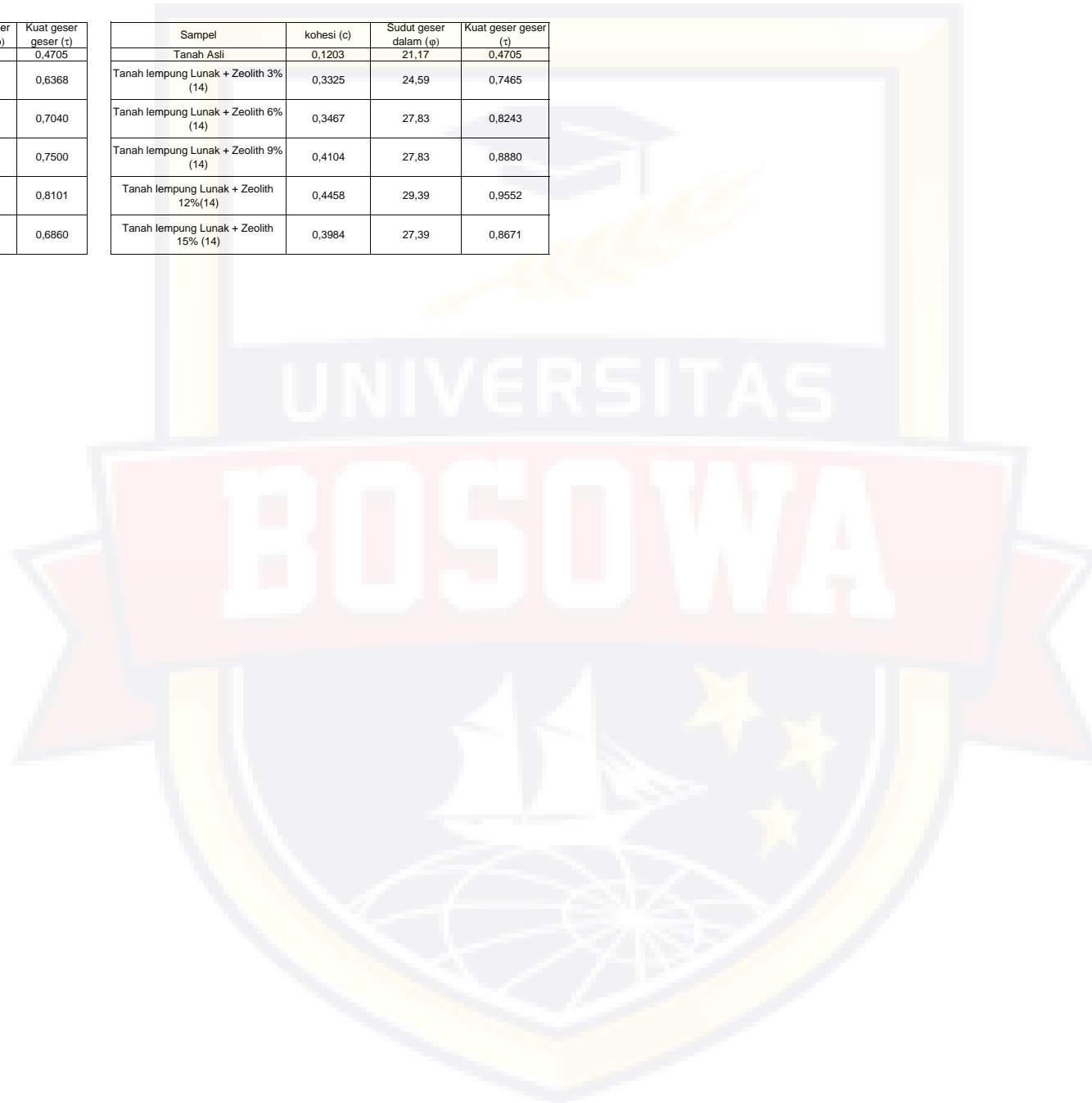
PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg		
Tegangan Normal	1 = 0,3015	Kg/cm <sup>2</sup>		2 = 0,6030	Kg/cm <sup>2</sup>		3 = 0,90453	Kg/cm <sup>2</sup>	
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000
25	4	2,8160	0,0849	6	4,2240	0,1274	9	6,3360	0,1910
50	6	4,2240	0,1274	10	7,0400	0,2123	11	7,7440	0,2335
100	7	4,9280	0,1486	11	7,7440	0,2335	12	8,4480	0,2547
150	8	5,6320	0,1698	13	9,1520	0,2759	15	10,5600	0,3184
200	9	6,3360	0,1910	14	9,8560	0,2972	18	12,6720	0,3821
250	11	7,7440	0,2335	16	11,2640	0,3396	21	14,7840	0,4458
300	13	9,1520	0,2759	17	11,9680	0,3608	23	16,1920	0,4882
350	14	9,8560	0,2972	18	12,6720	0,3821	25	17,6000	0,5307
400	15	10,5600	0,3184	20	14,0800	0,4245	28	19,7120	0,5943
450	17	11,9680	0,3608	22	15,4880	0,4670	29	20,4160	0,6156
500	21	14,7840	0,4458	25	17,6000	0,5307	32	22,5280	0,6792
550	19	13,3760	0,4033	24	16,8960	0,5094	33	23,2320	0,7005
600	17	11,9680	0,3608	23	16,1920	0,4882	32	22,5280	0,6792
Tegangan Geser Maks			0,4458				0,5307		



Sampel	kohesi (c)	Sudut geser dalam ( $\phi$ )	Kuat geser geser ( $\tau$ )
Tanah Asli	0,1203	21,17	0,4705
Tanah lempung Lunak + Zeolith 3%	0,2547	22,90	0,6368
Tanah lempung Lunak + Zeolith 6%	0,2901	24,59	0,7040
Tanah lempung Lunak + Zeolith 9%	0,3042	26,23	0,7500
Tanah lempung Lunak + Zeolith 12%	0,3325	27,83	0,8101
Tanah lempung Lunak + Zeolith 15%	0,3045	22,87	0,6860

Sampel	kohesi (c)	Sudut geser dalam ( $\phi$ )	Kuat geser geser ( $\tau$ )
Tanah Asli	0,1203	21,17	0,4705
Tanah lempung Lunak + Zeolith 3% (14)	0,3325	24,59	0,7465
Tanah lempung Lunak + Zeolith 6% (14)	0,3467	27,83	0,8243
Tanah lempung Lunak + Zeolith 9% (14)	0,4104	27,83	0,8880
Tanah lempung Lunak + Zeolith 12%(14)	0,4458	29,39	0,9552
Tanah lempung Lunak + Zeolith 15% (14)	0,3984	27,39	0,8671

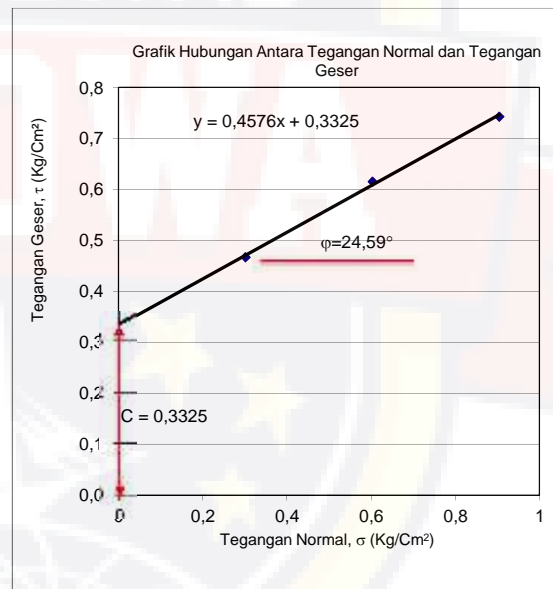
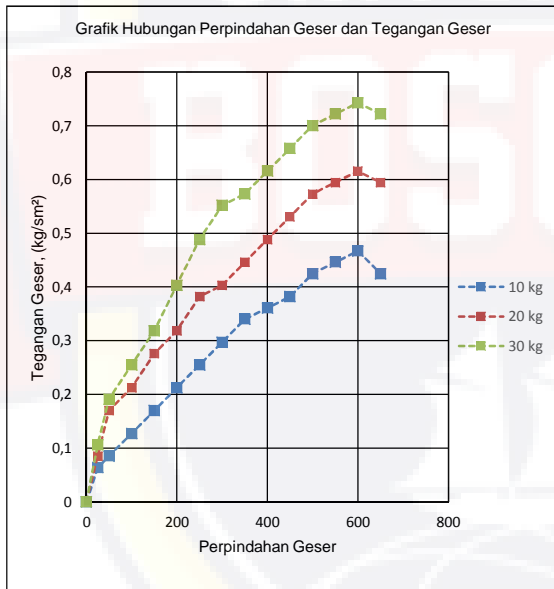


**Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG**

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 3% (14hari)

**PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236**

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg			
Tegangan Normal	1 = 0,3015 Kg/cm <sup>2</sup>			2 = 0,6030 Kg/cm <sup>2</sup>			3 = 0,9045 Kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0	0	0,0000	0	
25	3	2,1120	0,0637	4	2,8160	0,0849	5	3,5200	0,1061	
50	4	2,8160	0,0849	8	5,6320	0,1698	9	6,3360	0,1910	
100	6	4,2240	0,1274	10	7,0400	0,2123	12	8,4480	0,2547	
150	8	5,6320	0,1698	13	9,1520	0,2759	15	10,5600	0,3184	
200	10	7,0400	0,2123	15	10,5600	0,3184	19	13,3760	0,4033	
250	12	8,4480	0,2547	18	12,6720	0,3821	23	16,1920	0,4882	
300	14	9,8560	0,2972	19	13,3760	0,4033	26	18,3040	0,5519	
350	16	11,2640	0,3396	21	14,7840	0,4458	27	19,0080	0,5731	
400	17	11,9680	0,3608	23	16,1920	0,4882	29	20,4160	0,6156	
450	18	12,6720	0,3821	25	17,6000	0,5307	31	21,8240	0,6580	
500	20	14,0800	0,4245	27	19,0080	0,5731	33	23,2320	0,7005	
550	21	14,7840	0,4458	28	19,7120	0,5943	34	23,9360	0,7217	
600	22	15,4880	0,4670	29	20,4160	0,6156	35	24,6400	0,7429	
650	20	14,0800	0,4245	28	19,7120	0,5943	34	23,9360	0,7217	
Tegangan Geser Maks			0,4670				0,6156			



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
 Mahasiswa

Hasrullah, ST

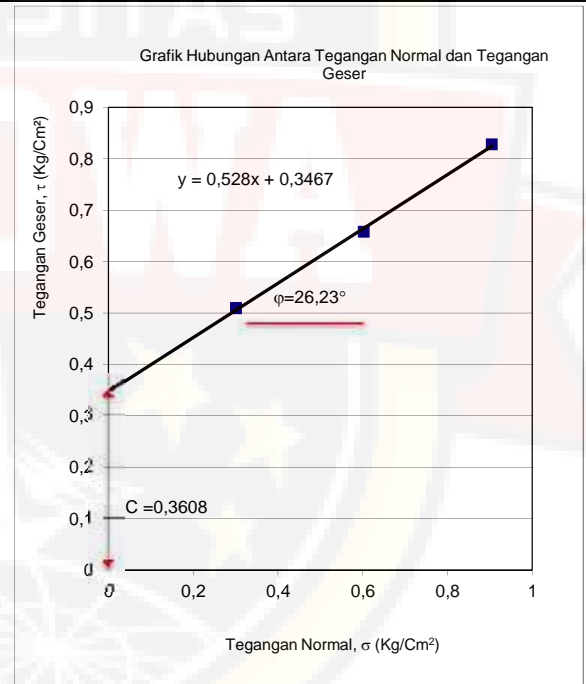
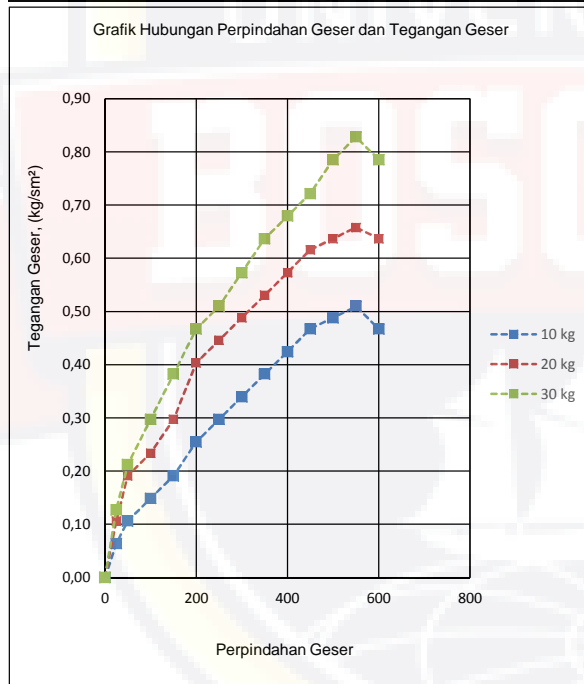
Harum Samboro Laaba

Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 6% (14 hari)

PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg		
Tegangan Normal	1 = 0,3015	Kg/cm <sup>2</sup>		2 = 0,6030	Kg/cm <sup>2</sup>		3 = 0,90453	Kg/cm <sup>2</sup>	
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000
25	3	2,1120	0,0637	5	3,5200	0,1061	6	4,2240	0,1274
50	5	3,5200	0,1061	9	6,3360	0,1910	10	7,0400	0,2123
100	7	4,9280	0,1486	11	7,7440	0,2335	14	9,8560	0,2972
150	9	6,3360	0,1910	14	9,8560	0,2972	18	12,6720	0,3821
200	12	8,4480	0,2547	19	13,3760	0,4033	22	15,4880	0,4670
250	14	9,8560	0,2972	21	14,7840	0,4458	24	16,8960	0,5094
300	16	11,2640	0,3396	23	16,1920	0,4882	27	19,0080	0,5731
350	18	12,6720	0,3821	25	17,6000	0,5307	30	21,1200	0,6368
400	20	14,0800	0,4245	27	19,0080	0,5731	32	22,5280	0,6792
450	22	15,4880	0,4670	29	20,4160	0,6156	34	23,9360	0,7217
500	23	16,1920	0,4882	30	21,1200	0,6368	37	26,0480	0,7854
550	24	16,8960	0,5094	31	21,8240	0,6580	39	27,4560	0,8278
600	22	15,4880	0,4670	30	21,1200	0,6368	37	26,0480	0,7854
Tegangan Geser Maks			0,5094				0,6580		



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
 Mahasiswa

Hasrullah, ST

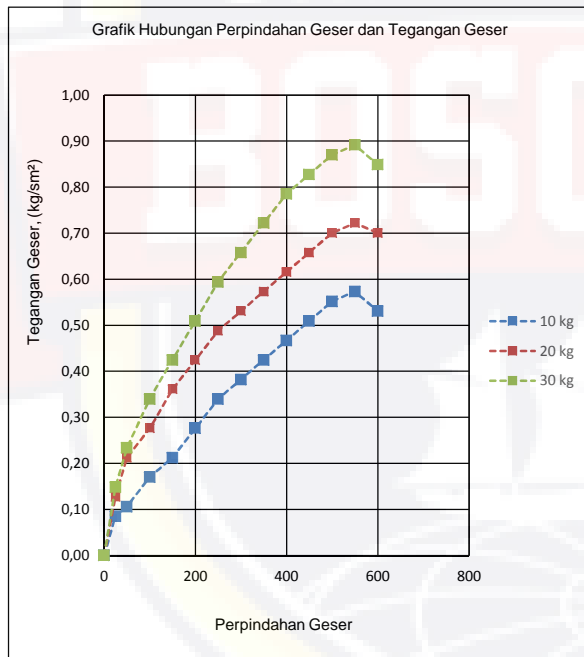
Harum Samboro Laaba

Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 9% (14 hari)

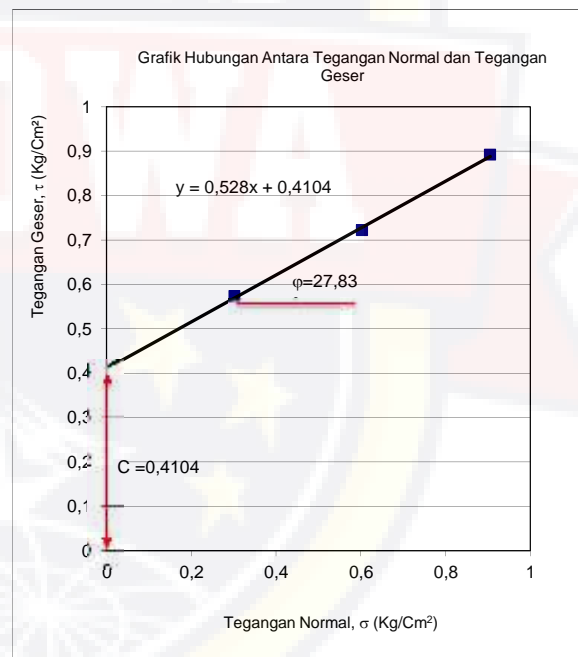
PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg		
Tegangan Normal	1 = 0,3015	Kg/cm <sup>2</sup>		2 = 0,6030	Kg/cm <sup>2</sup>		3 = 0,90453	Kg/cm <sup>2</sup>	
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000
25	4	2,8160	0,0849	6	4,2240	0,1274	7	4,9280	0,1486
50	5	3,5200	0,1061	10	7,0400	0,2123	11	7,7440	0,2335
100	8	5,6320	0,1698	13	9,1520	0,2759	16	11,2640	0,3396
150	10	7,0400	0,2123	17	11,9680	0,3608	20	14,0800	0,4245
200	13	9,1520	0,2759	20	14,0800	0,4245	24	16,8960	0,5094
250	16	11,2640	0,3396	23	16,1920	0,4882	28	19,7120	0,5943
300	18	12,6720	0,3821	25	17,6000	0,5307	31	21,8240	0,6580
350	20	14,0800	0,4245	27	19,0080	0,5731	34	23,9360	0,7217
400	22	15,4880	0,4670	29	20,4160	0,6156	37	26,0480	0,7854
450	24	16,8960	0,5094	31	21,8240	0,6580	39	27,4560	0,8278
500	26	18,3040	0,5519	33	23,2320	0,7005	41	28,8640	0,8703
550	27	19,0080	0,5731	34	23,9360	0,7217	42	29,5680	0,8915
600	25	17,6000	0,5307	33	23,2320	0,7005	40	28,1600	0,8491
Tegangan Geser Maks			0,5731				0,7217		



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Hasrullah, ST



Di Uji Oleh :  
 Mahasiswa

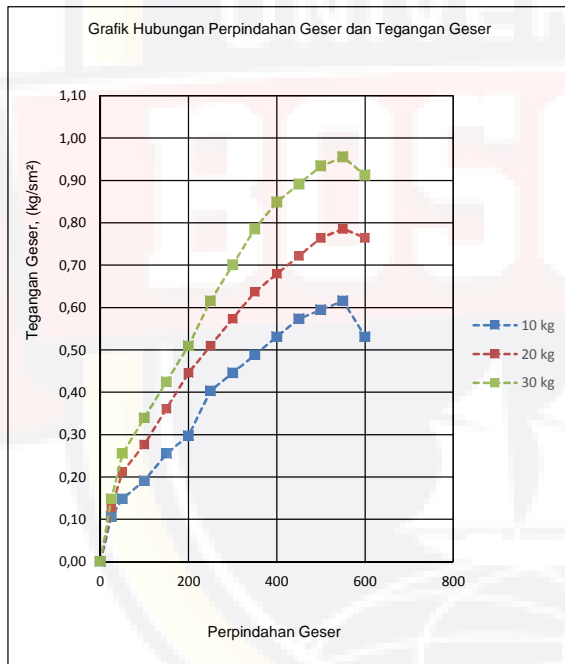
Harum Samboro Laaba

Tabel PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 12% (14 hari)

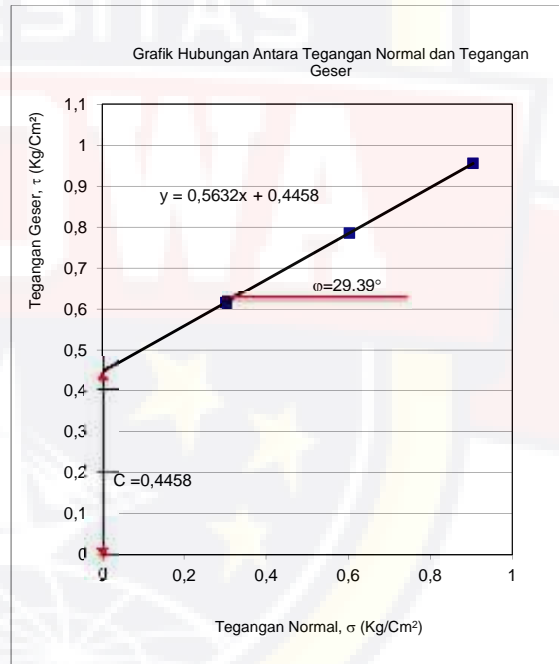
PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg			P2 = 20 Kg			P3 = 30 Kg			
Tegangan Normal	1 = 0,3015 Kg/cm <sup>2</sup>			2 = 0,6030 Kg/cm <sup>2</sup>			3 = 0,90453 Kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	
25	5	3,5200	0,1061	6	4,2240	0,1274	7	4,9280	0,1486	
50	7	4,9280	0,1486	10	7,0400	0,2123	12	8,4480	0,2547	
100	9	6,3360	0,1910	13	9,1520	0,2759	16	11,2640	0,3396	
150	12	8,4480	0,2547	17	11,9680	0,3608	20	14,0800	0,4245	
200	14	9,8560	0,2972	21	14,7840	0,4458	24	16,8960	0,5094	
250	19	13,3760	0,4033	24	16,8960	0,5094	29	20,4160	0,6156	
300	21	14,7840	0,4458	27	19,0080	0,5731	33	23,2320	0,7005	
350	23	16,1920	0,4882	30	21,1200	0,6368	37	26,0480	0,7854	
400	25	17,6000	0,5307	32	22,5280	0,6792	40	28,1600	0,8491	
450	27	19,0080	0,5731	34	23,9360	0,7217	42	29,5680	0,8915	
500	28	19,7120	0,5943	36	25,3440	0,7642	44	30,9760	0,9340	
550	29	20,4160	0,6156	37	26,0480	0,7854	45	31,6800	0,9552	
600	25	17,6000	0,5307	36	25,3440	0,7642	43	30,2720	0,9127	
Tegangan Geser Maks			0,6156				0,7854			



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Hasrullah, ST



Di Uji Oleh :  
 Mahasiswa

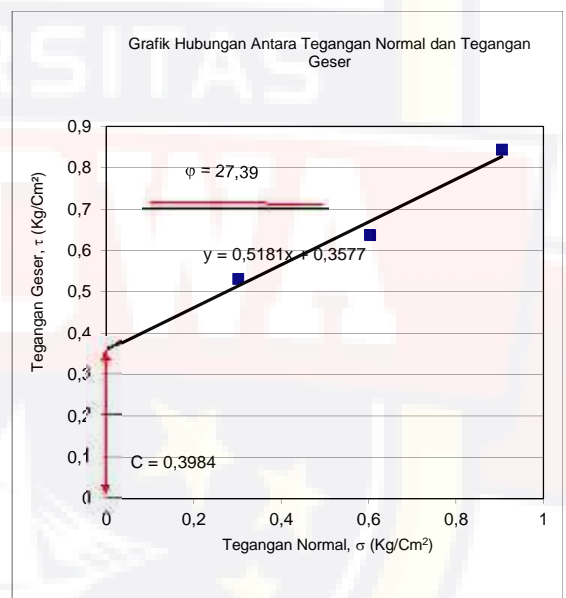
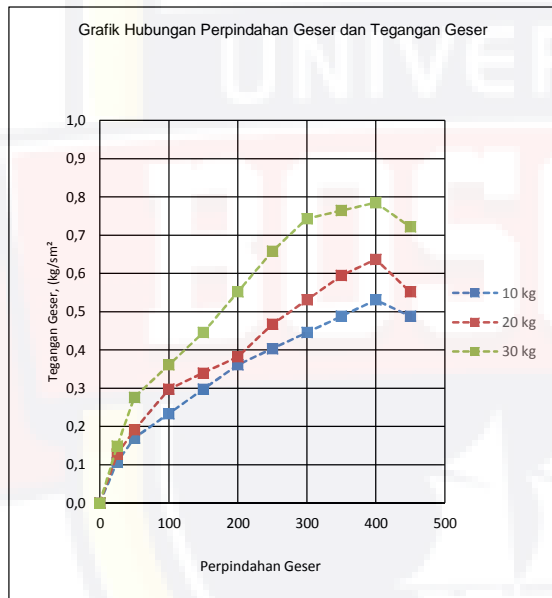
Harum Samboro Laaba



Tabel  
 Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Diuji Oleh : Reidaldy A Ratumurun  
 Sampel : Tanah Asli + Zeolith 15% (14 hari)

PEMERIKSAAN GESER LANGSUNG  
 ASTM D 3080, AASTHO T236

Gaya Normal	P1 = 10 Kg	P2 = 20 Kg	P3 = 30 Kg						
Tegangan Normal	1 = 0,3015 Kg/cm <sup>2</sup>	2 = 0,6030 Kg/cm <sup>2</sup>	3 = 0,90453 Kg/cm <sup>2</sup>						
Perpindahan Geser	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan (Div)	Gaya Geser (Kg)	Tegangan Geser (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000
25	5	3,5200	0,1061	6	4,2240	0,1274	7	4,9280	0,1486
50	8	5,6320	0,1698	9	6,3360	0,1910	13	9,1520	0,2759
100	11	7,7440	0,2335	14	9,8560	0,2972	17	11,9680	0,3608
150	14	9,8560	0,2972	16	11,2640	0,3396	21	14,7840	0,4458
200	17	11,9680	0,3608	18	12,6720	0,3821	26	18,3040	0,5519
250	19	13,3760	0,4033	22	15,4880	0,4670	31	21,8240	0,6580
300	21	14,7840	0,4458	25	17,6000	0,5307	35	24,6400	0,7429
350	23	16,1920	0,4882	28	19,7120	0,5943	36	25,3440	0,7642
400	25	17,6000	0,5307	30	21,1200	0,6368	37	26,0480	0,7854
450	23	16,1920	0,4882	26	18,3040	0,5519	34	23,9360	0,7217
Tegangan Geser Maks			0,5307	0,6368			0,8431		



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Hasrullah, ST

Di Uji Oleh :  
 Mahasiswa

Harum Samboro Laaba

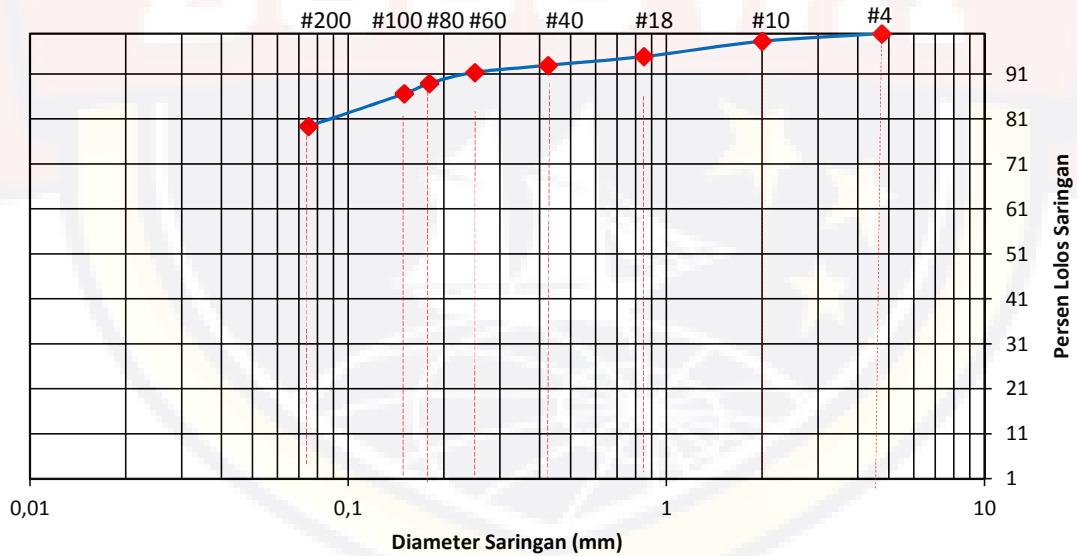
### ANALISA SARINGAN

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
 LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080 -72/SNI 03-1968-1990  
 NAMA : REIDALDY A RATUMURUN  
 TANGGAL :

	Berat (gram)
Berat tanah kering oven	500,00
Berat tanah kering tertahan sar. 200 sesudah dicuci	414,60
Berat tanah lolos saringan 200 setelah dicuci	85,40

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4,75	0	0	0	100
10	2,00	7	7	1,688	98,312
18	0,85	14,1	21,1	5,089	94,911
40	0,43	8,10	29,2	7,043	92,957
60	0,25	6,50	35,7	8,611	91,389
80	0,18	10,00	45,7	11,023	88,977
100	0,15	9,60	55,3	13,338	86,662
200	0,075	30,10	85,4	20,598	79,402
Pan	-	414,60	500,00	100	0

### GRAFIK ANALISA SARINGAN



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Diuji Oleh :  
 Mahasiswa

Hasrullah, ST

REIDALDY A RATUMURUN

**RESUME PENGUJIAN TANAH BERBUTIR KASAR**

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
NAMA : REIDALDY A RATUMURUN

## RESUME PENGUJIAN SIFAT FISIS TANAH

## PENGUJIAN SIFAT FISIS

NO	JENIS PENGUJIAN	HASIL UJI	SATUAN
1	ANALISA SARINGAN		
	#4 (4,75 mm)	100	%
	#10 (2,00 mm)	96,722	%
	#18 (0,85 mm)	94,069	%
	#40 (0,43 mm)	89,074	%
	#60 (0,25 mm)	80,489	%
	#80 (0,18 mm)	70,708	%
	#100 (0,15 mm)	53,954	%
	#200 (0,075 mm)	8,065	%
2	KOMPAKSI: $\omega$ optimum	11,52	%
	$\gamma_d$ maks	1,86	gr/cm <sup>3</sup>
3	BERAT JENIS	2,651	gr/cm <sup>3</sup>
4	KADAR AIR	1,00	%
5	PENGUJIAN BATAS-BATAS ATTERBERG	Non Plastis	
6	PERMEABILITAS	0,0018	cm/menit
7	KUAT GESER : KOHESI (C)	0,1382	
	GESER DALAM ( $\Phi$ )	20,25	



0,15  
0,075

12,86  
4,14

<b>BERAT JENIS</b>			
PROYEK	:	PENELITIAN TUGAS AKHIR	
LOKASI	:	LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA	
METODE PENGUJIAN	:	ASTM D 3080 -72/SNI 03-1964-2008	
NAMA	:	REIDALDY A RATUMURUN	
TANGGAL	:		

Sampel	-	I	II
Berat Piknometer, (W1)	gram	50,4	42,5
Berat Piknometer + Air, (W2)	gram	113,2	101,2
Berat Piknometer + Air + Tanah, (W3)	gram	<b>127,5</b>	<b>118</b>
Berat Tanah Kering, (Ws)	gram	25	25
Temperatur	°C	27	27
Faktor Koreksi, $\alpha = \gamma_T/\gamma_{20}$		0,99655	0,99655
Berat Jenis (Gs)		2,328	3,038
Berat Jenis rata-rata		2,683	

Berat Jenis yang diperoleh 2,651, dari tabel pembagian jenis tanah berdasarkan Berat Jenis : Pasir (2,65 - 2,68)

**Tabel Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Berat Jenis**

MACAM TANAH	BERAT JENIS (Gs)
KERIKIL	2,65 - 2,68
PASIR	<b>2,65 - 2,68</b>
LANAU ANORGANIK	2,62 - 2,68
LEMPUNG ORGANIK	2,58 - 2,65
<b>LEMPUNG ANORGANIK</b>	<b>2,68 - 2,75</b>
HUMUS	1,37
GAMBUT	1,25 - 1,8

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
Mahasiswa

Hasrullah, ST

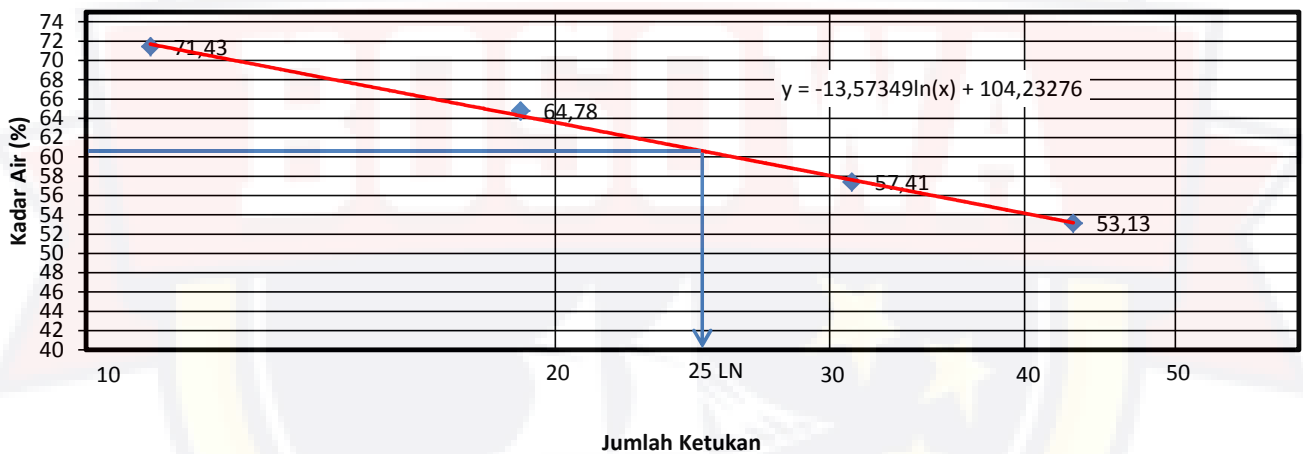
REIDALDY A RATUMURUN

**Tabel 05. BATAS CAIR (LIQUID LIMITS, LL)**

PROYEK	: PENELITIAN TUGAS AKHIR
LOKASI	: LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
METODE PENGUJIAN	: ASTM D 3080 -72/SNI 03-1964-2008
NAMA	: REIDALDY A RATUMURUN
TANGGAL	:

No. Test	-	1		2		3		4	
Jumlah Pukulan	-	43		31		19		11	
No. Cantainer	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
Berat Tanah Basah + Container (W1)	Gram	48,7	47,8	50,2	46,6	49,9	43,5	31,6	25,7
Berat Tanah Kering + Container (W2)	Gram	34,5	34,7	35,1	32,1	33,9	27,9	22,1	20,3
Berat Container (W3)	Gram	9	8,8	8,80	8,60	9,2	9,4	8,8	9,4
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	14,2	13,1	15,1	14,5	16	15,6	9,5	5,4
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	Gram	25,5	25,9	26,3	23,5	24,7	18,5	13,3	10,9
Kadar Air, (Ww/Wd x 100%)	%	55,69	50,58	57,41	61,70	64,78	84,32	71,43	49,54
Kadar Air Rata-rata	%	53,13		57,41		64,78		71,43	

**Kurva Aliran untuk Penentuan Batas Cair**



Batas Cair (LL) didapat pada ketukan 25

Jadi,  $LL = -13,57349 * \ln(25) + 104,23276 = 60,54 \% \quad \%$

**Tabel 06. BATAS PLASTIS (PLASTIS LIMIT)**

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080 -72/SNI 03-1964-2008  
NAMA : REIDALDY A RATUMURUN  
TANGGAL :

No Test	-	1	2
No. Container	-	A1	A2
Berat Tanah Basah + Container (W1)	Gram	22,1	20,3
Berat Tanah Kering + Container (W2)	Gram	18	16,9
Berat Container (W3)	Gram	8,7	8,8
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	4,1	3,4
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	Gram	9,3	8,1
Kadar Air, (Ww/Wd x 100%)	%	44,09	41,98
Kadar Air Rata-rata	%	43,03	

Indeks Plastisitas PI = LL - PL

$$= 60,54 - 43,03 = 17,51 \%$$

Activity

$$A = \frac{PI}{\% \text{ Clay Sizes} - 5}$$

$$= \frac{17,51}{24,05 - 5}$$

$$= \frac{17,51}{19,05}$$

$$= 0,92$$

**Tabel 07. BATAS SUSUT (SHIRINKAGE LIMIT)**

PROYEK : PRAKTIKUM LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV "45"  
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080 -72  
 NAMA/ KELOMPOK :  
 TANGGAL :

No. Test	-	1	2
Berat Mould (W1)	Gram	11,7	10,5
Berat Mould + Tanah Basah (W2)	Gram	35	34,7
Berat Mould + Tanah Kering (W3)	Gram	24,4	25
Berat Air Raksa yang dipakai untuk - mengisi mangkok shringkage, (W4)	Gram	233,1	230,8
Berat Air Raksa yang dipindahkan oleh tanah yang di test, (W5)	Gram	101	105
Berat Tanah Basah, $Ww=W2-W1$	Gram	23,3	24,2
Berat Tanah Kering, $Wd=W3-W1$	Gram	12,7	14,5
Berat Air, $Wa=W2-W3$	Gram	10,6	9,7
Berat Cawang Petri, (Wp)	Gram	38,4	38,4
Berat Jenis Air Raksa (r)	Gram	13,6	13,6
Volume tanah basah, $Vw=(W4-Wp)/r$	m <sup>3</sup>	14,32	14,15
Volume tanah kering, $Vd=(W5-Wp)/r$	m <sup>3</sup>	4,60	4,90
Kadar air = $Wa/Wd \times 100\%$	%	83,46	66,90
Batas susut : SL = Kadar air - $((Vw-Vd)/Wd) \times 100\%$	%	6,98	3,10
SL rata-rata	%	5,04	



## KOMPAKSI

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
 LOKASI PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 1560-77/AASHTO T99-70/SNI 03-1742-1989  
 NAMA : REIDALDY A RATUMURUN  
 TANGGAL PENGUJIAN :

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	11,82	11,82	11,82	11,82	11,82
Penambahan Air	%	100	150	200	250	300
Penambahan Air	ml	5	7,5	10	12,5	15
Kadar Air Akhir	ml	27,330	22,987	20,251	34,537	30,554

### BERAT ISI BASAH

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	1557	1620	2106	2065	1796
Berat Tanah Basah + Mould	gram	2956	2920	3135	3180	3135
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1399	1300	1029	1115	1339
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Volume Basah $\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,477	1,372	1,086	1,177	1,413

### KADAR AIR

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	67,8	69,4	77,8	74,9	72,7	73,3	67,1	65,8	68,3	67,8
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	52,8	59	64,8	62,7	61,8	62,7	52,2	51	54,7	53,7
Berat Air (Ww)	gram	15	10,4	13	12,2	10,9	10,6	14,9	14,8	13,6	14,1
Berat Cawan	gram	8,5	9	9,3	8,6	9,3	9	8,8	8,4	8,7	9
Berat Tanah Kering	gram	44,3	50	55,5	54,1	52,5	53,7	43,4	42,6	46	44,7
Kadar Air ( $\omega$ )	%	33,9	20,8	23,4	22,6	20,8	19,7	34,3	34,7	29,6	31,5
Kadar Air Rata-rata	%	27,330	22,987	20,251	34,537	30,554					

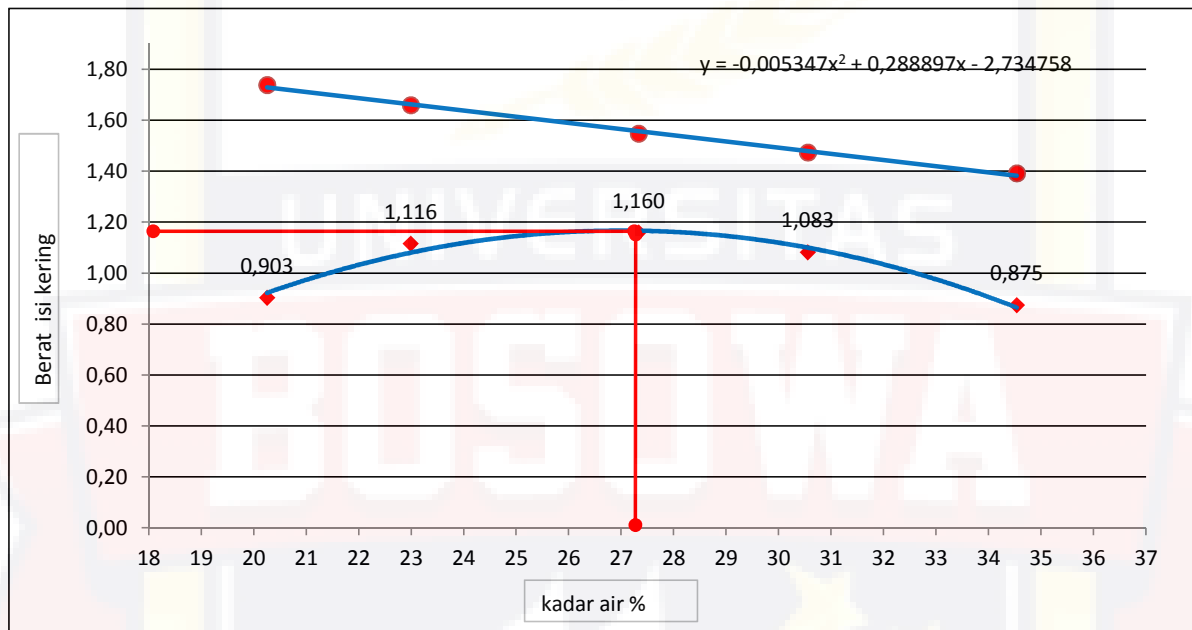
### BERAT ISI KERING

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1399	1300	1029	1115	1339
Kadar Air Rata-rata	%	27,330	22,987	20,251	34,537	30,554
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{\omega}{100}\right)}$	gram	1098,720	1057,021	855,713	828,770	1025,626
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,160	1,116	0,903	0,875	1,083
Berat Isi Basah $\gamma_{wet} = \frac{Gs}{1 + (\omega \times Gs)}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,548	1,660	1,739	1,393	1,474

Berat Jenis (Gs) = 2,683

TABEL KADAR AIR MULA-MULA

No. Cawang		1	2	3
Berat Cawang, W1	gram	8,8	8,6	8,7
Berat Cawang + Tanah Basah, W2	gram	40,2	35,2	38,6
Berat Cawang + Tanah Kering, W3	gram	36,7	32,4	35,6
Berat Tanah Kering, Ws=W3-W1	gram	27,9	23,8	26,9
Berat Air, Ww=W2-W3	gram	3,5	2,8	3,0
Kadar Air, $w=(Ww/Ws)*100$	%	12,5	11,8	11,2
Rata-rata	%	11,82		



$$\begin{aligned}
 -0,005347 x^2 & \quad 0,2889 x \quad 2,73476 & Y = & \quad -0,0053470 x^2 & + & \quad 0,28890 x & + & \quad 2,734758 \\
 & & = & \quad -0,010694 & + & \quad 0,28890 \\
 & & = & \quad \mathbf{27,01} & & \mathbf{Kadar Air Optimum} \\
 & & = & \quad \mathbf{1,16} & & \mathbf{yd maks.}
 \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
Mahasiswa

# PENGUJIAN KOMPAKSI

|

1,399977402

63	60,2
50,2	53
12,8	7,2
8,8	8,4
41,4	44,6
30,91787	16,1435

3,453	4,475	5,592	6,698	5,278
-------	-------	-------	-------	-------

0,774	0,830	0,869	0,696	0,737
-------	-------	-------	-------	-------

1,548	1,660	1,739	1,393	1,474
-------	-------	-------	-------	-------

0,74422

CBR

$$5.000 \left( 1 - \frac{100 + 11,82}{100 + 27,01} \right) = 598,13$$

KOMPAKSI

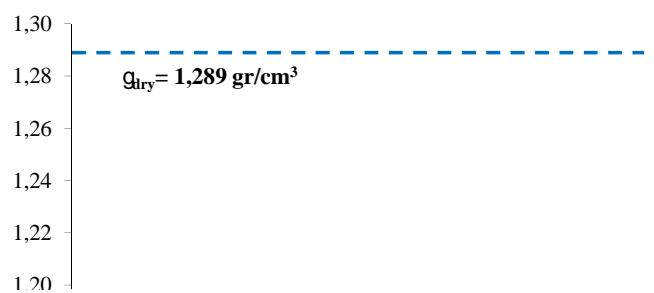
$$2.000 \left( 1 - \frac{100 + 11,82}{100 + 27,01} \right) = 239,25$$

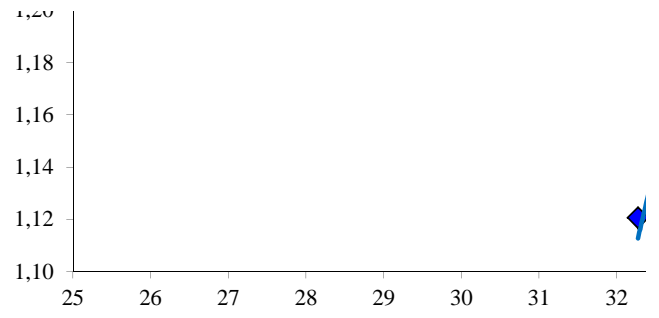
Kadar air %

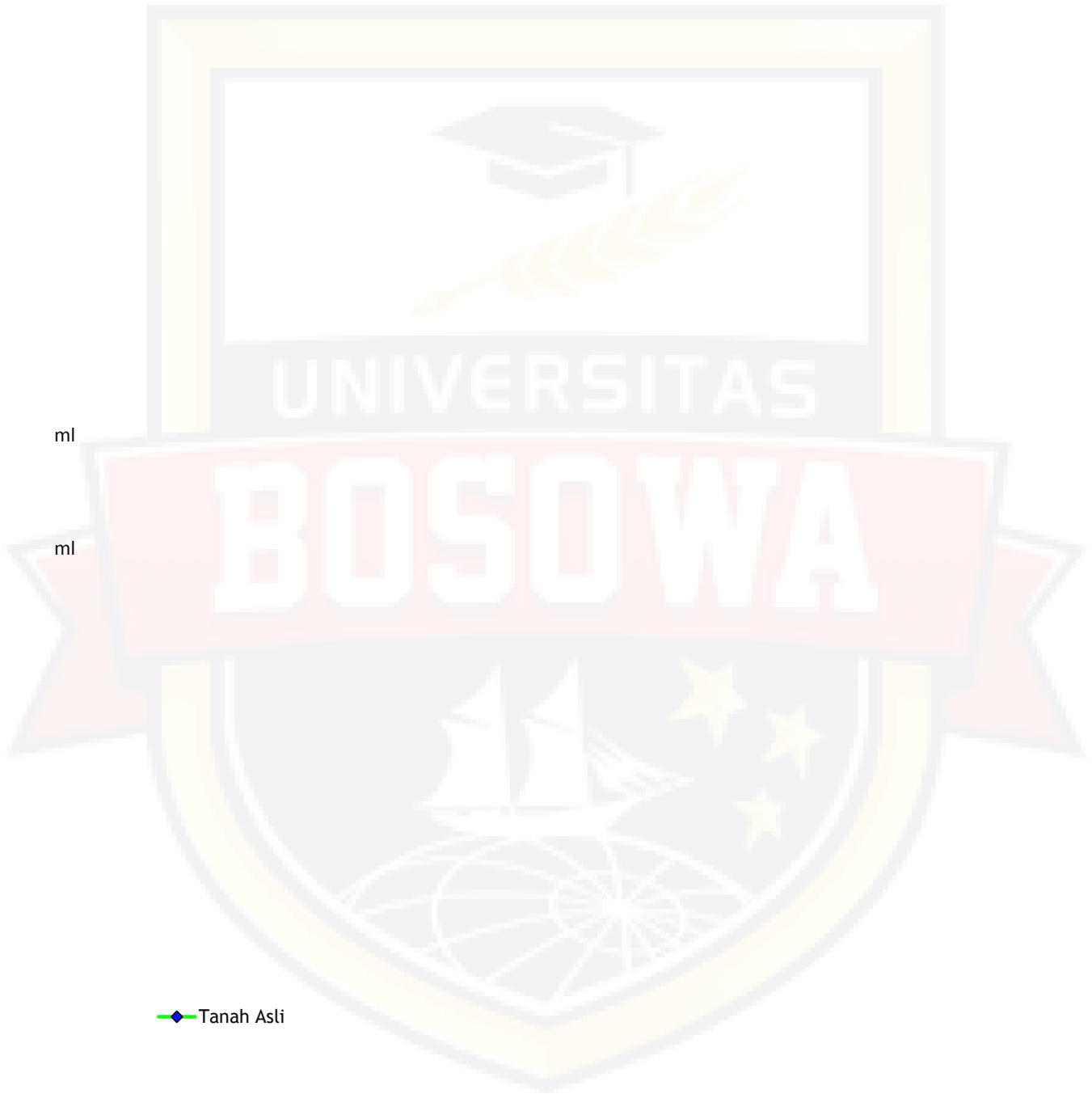
$$-0,006806 \quad 0,1695 \times 1,01997$$

Berat Isi Kering (gr/cm<sup>3</sup>)

Grafik kompaksi tanah asli



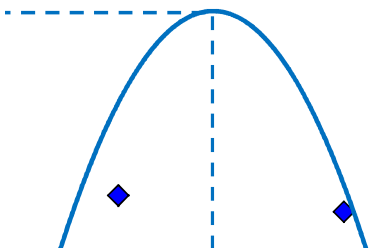


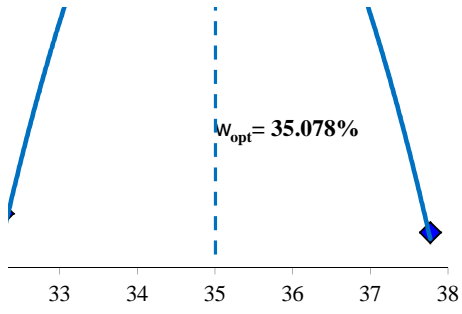


ml

ml

◆ Tanah Asli





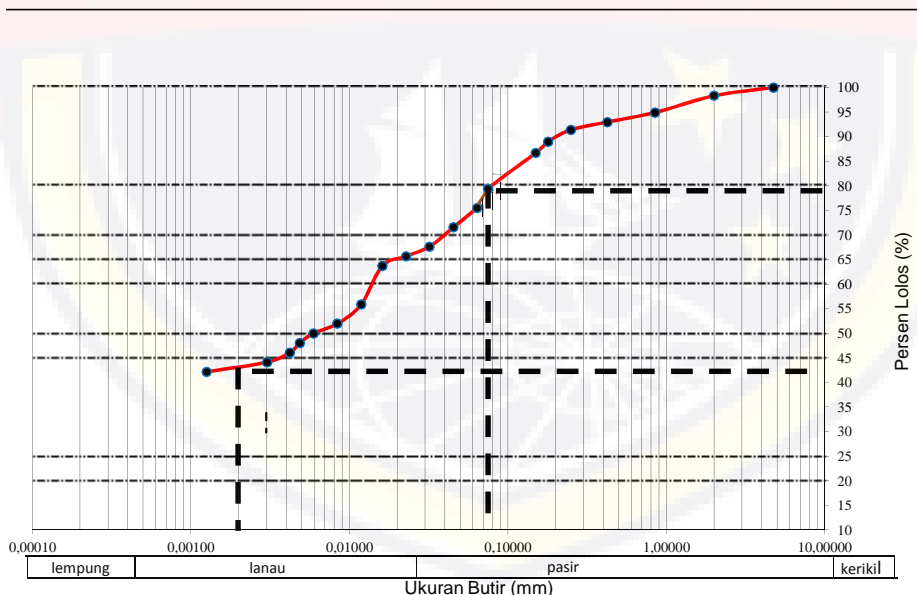
Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli  
 Dikerjakan Oleh : Reidaldy A Ratumurun

**PENGUJIAN ANALISIS HIDROMETER TANAH**  
 (SNI 3423:2008)

Berat Jenis : 2,68 gram/cm<sup>3</sup>  
 Zero Correction : 1  
 Meniscus Correctior : 1  
 Gs Correction : 0,980  
 {a = 1.65 Gs/[(Gs-1)xGs]}  
 Berat Tanah, W<sub>s</sub> : 50 gram

R<sub>cp</sub> = R + Temperatur Correction - Zero Correction  
 R<sub>cl</sub> = R + Meniscus Correction

Waktu (menit)	T (°C)	R	R <sub>cp</sub>	% Butiran Halus a.R <sub>cp</sub> /W <sub>s</sub> x 100 %	R <sub>cl</sub>	L (cm)	K	D=K (L/t) <sup>0,5</sup>
0,25	28	39	40,5	79,40	40	12,7	0,01244	0,08867
0,5	28	37	38,5	75,48	38	13,2	0,01244	0,06392
1	28	35	36,5	71,55	36	13,3	0,01244	0,04537
2	28	33	34,5	67,63	34	13,3	0,01244	0,03208
4	28	32	33,5	65,67	33	13,5	0,01244	0,02285
8	28	31	32,5	63,71	32	13,5	0,01244	0,01616
15	28	27	28,5	55,87	28	13,7	0,01244	0,01189
30	28	25	26,5	51,95	26	13,7	0,01244	0,00841
60	28	24	25,5	49,99	25	13,7	0,01244	0,00594
90	28	23	24,5	48,03	24	13,8	0,01244	0,00487
120	28	22	23,5	46,07	23	13,8	0,01244	0,00422
240	28	21	22,5	44,11	22	14,2	0,01244	0,00303
1440	28	20	21,5	42,15	21	14,7	0,01244	0,00126



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
 Mahasiswa

Hasrullah, ST

Reidaldy A Ratumurun



22	0,40
23	0,70
24	1,00
25	1,30
26	1,65
27	2,00
28	2,50
29	3,05
30	3,80

2,50	1,100
------	-------

0,01244

Table 2.10 - Hydrometer and Indentation Cylinders of Specified Size

Actual Hydrometer Reading	Hydrometer 152.1		Effective Depth (mm)
	Effective Depth (mm)	Actual Hydrometer Reading	
0	16,5	25	11,1
1	16,1	23	11,1
2	16,0	21	12,0
3	15,8	21	12,7
4	15,6	20	13,6
5	15,5	20	13,4
6	15,4	19	13,4
7	15,2	20	12,1
8	15,0	20	9,9
9	14,8	20	7,7
10	14,7	19	9,5
11	14,5	19	7,3
12	14,5	17	9,2
13	14,3	17	7,0
14	14,0	17	6,9
15	13,8	16	5,2
16	13,7	17	8,5
17	13,5	18	3,3
18	13,2	19	5,2
19	13,2	20	6,1
20	13,0	21	7,9
21	12,9	22	7,8
22	13,7	23	7,6
23	12,5	24	7,4
24	13,6	25	9,1
25	12,2	26	7,1
26	13,0	27	10,8
27	11,0	28	6,5
28	11,7	29	6,6
29	11,8	30	6,5
30	11,2		

sampel 1		sampel 2	
20		25	
19		25	
18		24,5	
17		24	
16		23	
15,5		22	
15		20	
14,5		19,5	
14		19	
13,5		18	
13		17	
12		16	
11,5		14,5	
11		13,5	
11		12	
10		12,5	
8		10,5	

pembacaan alat hidrometer

100,00	4,75
98,31	2
94,91	0,85
92,96	0,425
91,39	0,25
88,98	0,18
86,66	0,15
79,40	0,075
79,40	0,08867
75,48	0,06392
71,55	0,04537
67,63	0,03208
65,67	0,02285
63,71	0,01616
55,87	0,01189
51,95	0,00841
49,99	0,00594
48,03	0,00487
46,07	0,00422
44,11	0,00303
42,15	0,00126

FOTO PENGUJIAN



PENGUJIAN BERAT JENIS





PENGUIAN HIDROMETER



PENGUJIAN BATAS CAIR



PENGUJIAN BATAS SUSUT



PENGUJIAN BATAS PLASTIS



PENGUJIAN KOMPAKSI



PENGUJIAN KUAT GESER

