

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN BELERANG DAN FOSFAT  
TERHADAP KUAT GESER DAN KUAT TEKAN TANAH LEMPUNG LUNAK**



**OLEH:**

**ANDRI**

**4517041036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

**2022**



### LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A.183/FT/UNIBOS/II/2022 Tanggal 11 Februari 2022, Perihal Pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Kamis / 17 Februari 2022

Nama : **ANDRI**

No.Stambuk : **45 17 041 036**

Judul Tugas Akhir : **“ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN BELERANG DAN FOSFAT TERHADAP KUAT GESER DAN KUAT TEKAN TANAH LEMPUNG LUNAK ”**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim penguji ujian sarjana strata satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

#### TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : **Ir. Fauzy Lebang, ST. MT**

Sekretaris (Ex. Officio) : **Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST. MT**

Anggota : **Ir. Eka Yuniarto, ST. MT**

**Dr. Suryani Syahrir, ST. MT**

Makassar, Februari 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik  
Univ. Bosowa Makassar

**Dr. Ridwan, S.T., M.Si.**  
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil  
Univ. Bosowa Makassar

**Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.**  
NIDN.00-010565-02



**LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP**  
**TUGAS AKHIR**

Judul : **“ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN BELERANG  
DAN FOSFAT TERHADAP KUAT GESER DAN KUAT TEKAN  
TANAH LEMPUNG LUNAK “**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama : **ANDRI**

No.Stambuk : **45 17 041 036**

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

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : **Ir. Fauzy Lebang., S.T.M.T** (.....)

Pembimbing II : **Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus., S.T.M.T** (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

**Dr. Ridwan, S.T., M.Si.**  
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

**Dr. Ir. Andi Rumpang Yusuf., M.T.**  
NIDN.00-010565-012

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **ANDRI**

Nomor Stambuk : **45 17 041 036**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN BELERANG  
DAN FOSFAT TERHADAP KUAT GESER DAN KUAT TEKAN  
TANAH LEMPUNG LUNAK**

mengatakan dengan sebenarnya bahwa

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Februari 2022

Yang membuat pernyataan



**( ANDRI )**

**45 17 041 036**

# ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN BELERANG DAN FOSFAT TERHADAP KUAT GESER DAN KUAT TEKAN TANAH LEMPUNG LUNAK

Oleh : Andri <sup>1)</sup>, Fauzy Lebang <sup>2)</sup>, Ahmad Yauri Yunus <sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Email : [andrikamboja01@gmail.com](mailto:andrikamboja01@gmail.com)

## ABSTRAK

*Tanah merupakan bagian yang berarti dalam menunjang pembangunan infrastruktur. Dengan begitu tanah jadi pijakan serta dasar yang menerima seluruh beban yang ditimbulkan akibat dari bangunan konstruksi di atasnya. Pembangunan infrastruktur terus menjadi bertambah namun lahan yang tersedia menjadi kurang, oleh sebab itu pembangunan terpaksa dicoba di atas tanah yang kurangenuhi syarat salah satunya tanah lempung lunak, tanah yang kurang normal apabila terjadi guncangan. Cara untuk menangani hal tersebut yaitu dengan cara stabilisasi tanah agar daya dukungnya meningkat. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah belerang dan fosfat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan belerang dan fosfat terhadap nilai optimum kuat geser dan kuat tekan bebas. Presentase yang digunakan penelitian ini adalah belerang 6% (konstan) dan fosfat 4%, 6%, 8%, 10%.*

**Kata Kunci:** Lempung Lunak, Belerang, Fosfat, Kuat geser, Kuat Tekan, Stabilisasi Tanah

## ABSTRACT

*Land is a significant part of supporting infrastructure development. That way the land becomes the footing and basis that accepts all the burdens caused by the construction building on it. Infrastructure development continues to increase but the available land becomes less, therefore development has to be tried on land that does not meet the requirements, one of which is soft clay, soil that is not normal in the event of a shock. The way to deal with this is by stabilizing the soil so that its carrying capacity increases. The stabilizing agents used are sulfur and phosphate. This study aims to determine the effect of adding sulfur and phosphate to the optimum value of shear strength and free compressive strength. The percentages used in this study were sulfur 6% (constant) and phosphate 4%, 6%, 8%, 10%.*

**Keywords:** Soft Clay, Sulfur, Phosphate, Shear Strength, Compressive Strength, Soil Stabilization

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan susunan tugas akhir ini. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademis untuk mencapai derajat Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa, Makassar. Tugas akhir ini berjudul “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN BELERANG DAN FOSFAT TERHADAP KUAT GESER DAN KUAT TEKAN TANAH LEMPUNG LUNAK”.

Walaupun jauh dari kata sempurna penulis sepenuhnya sadar, akan keterbatasan penulisan ini, banyaknya hambatan dan kendala yang penulis hadapi, namun berkat tekad dan kerja keras serta dorongan dari beberapa pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan walaupun dalam bentuk yang sederhana. Untuk itu, melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan jalan yang terbaik dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Fauzy Lebang., S.T.M.T selaku pembimbing I, dan bapak Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus., S.T.M.T selaku pembimbing II, saya ucapkan terimakasih sebesar-besarnya karena sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga penyusunan tugas akhir ini selesai.

3. Bapak Dekan, Para Wakil Dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
4. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf., M.T sebagai Ketua Jurusan Sipil beserta staf dan dosen pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa.
5. Bapak Dr. Ir. H. Syahrul Sariman., M.T. selaku kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa.
6. Bapak Hasrullah, S.T. selaku instruktur laboratorium mekanika tanah Universitas Bosowa yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan selama penelitian di laboratorium.
7. Kedua orang tua saya, Bapak La Ode Tia dan Ibu Wa Wuna, terimakasih banyak karena sudah memberikan support, semangat, dukungan moral dan materi yang tak terhitung jumlahnya, serta saudara dan keluarga saya makasih atas semangatnya sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
8. Teman-teman Angkatan 2017 Teknik Sipil Universitas Bosowa terimakasih telah membagi suka dan duka dengan penulis selama perkuliahan.
9. Saya juga mengucapkan Terima Kasih kepada Arbi, Nevi, Ema, Pittos, Agung, Albert, Aldi, Syukur, Kikio, Dila, Dita, yang telah membantu dalam penelitian saya selama di laboratorium.

Sebagai manusia biasa yang tak pernah luput dari kesalahan dan kehilafan, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata

sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis jika tugas akhir ini bermanfaat untuk kita semua. Amin.

Makassar, Februari 2022

**ANDRI**





## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR NOTASI .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</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 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah .....	I-4
1.4.1 Pokok Bahasan.....	I-4
1.4.2 Batasan Masalah .....	I-4
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanah .....	II-1

2.1.1 Pengertian Tanah .....	II-1
2.1.2 Klasifikasi Tanah.....	II-6
2.1.3 Sifat-sifat Fisik Tanah .....	II-13
2.1.4. Sifat-Sifat Mekanik Tanah .....	II-20
2.2. Tanah Lempung.....	II-30
2.3. Karakteristik Tanah Lempung .....	II-33
2.4. Belerang.....	II-40
2.5. Fosfat.....	II-41
2.6. Stabilisasi Tanah.....	II-44
2.7. Penelitian Terdahulu.....	II-46

### **BAB III Metode Penelitian**

3.1 Alur Bagan Penelitian .....	III-1
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	III-2
3.3 Tahapan Penelitian .....	III-2
3.4 Jenis Pengujian Material .....	III-3
3.5 Variabel Penelitian .....	III-4
3.6 Notasi dan Jumlah Sampel .....	III-4
3.7 Metode Analisis .....	III-6

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakteristik Dasar Tanah Asli.....	IV-1
4.2 Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Tambah .....	IV-2
4.2.1 Berat Jenis.....	IV-2

4.2.2 Pengujian Batas-Batas Konsistensi.....	IV-2
4.3 Klasifikasi Tanah Asli.....	IV-5
4.3.1 AASHTO.....	IV-5
4.3.2 USCS.....	IV-5
4.4 Pengujian Kompaksi.....	IV-7
4.5 Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	IV-8
4.4.1 Pengujian Kuat Geser.....	IV-8
4.4.2 Pengujian Kuat Tekan Bebas.....	IV-12
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	
<b>LAMPIRAN.....</b>	

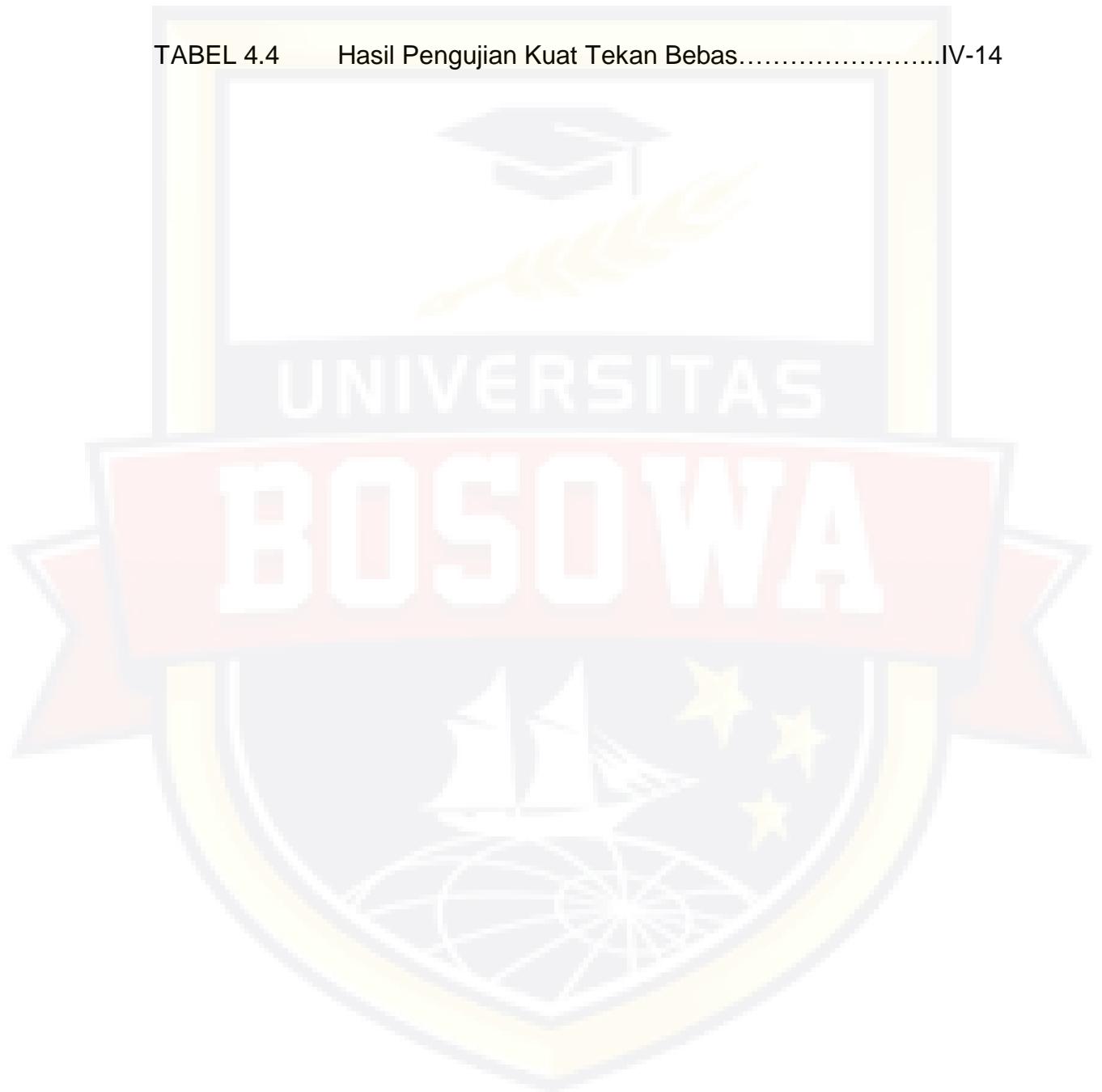
## DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	Sistem Klasifikasi Tanah <i>AASHTO</i> .....	II-7
TABEL 2.2	Simbol-simbol dalam Sistem <i>USCS</i> .....	II-9
TABEL 2.3	Bagan Klasifikasi Tanah Unified .....	II-10
TABEL 2.4	Berat Jenis (GS) berbagai jenis tanah .....	II-14
TABEL 2.5	Nilai Indeks Plastisitas dan Ragam Tanah .....	II-19
TABEL 2.6	Perbedaan antara Pemadatan Standar dan Pemadatan Modified Proctor .....	II-24
TABEL 2.7	Hubungan kuat tekan ( $q_u$ ) tanah lempung dengan konsistensinya.....	II-28
TABEL 2.8	Definisi Kuat Geser Lempung Lunak .....	II-34
TABEL 2.9	Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase.....	II-34
TABEL 2.10	Potensi Pengembangan.....	II-35
TABEL 2.11	Aktivitas Tanah Lempung.....	II-37
TABEL 3.4.1	Pengujian Karakteristik Tanah .....	III-3
TABEL 3.6.1	Variasi Benda Uji .....	III-4
TABEL 3.6.2	Notasi Sampel.....	III-5
TABEL 4.1	Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Lempung Lunak Tanpa Bahan Stabilisasi.....	IV-1

TABEL 4.2 Hasil Pengujian Kuat Geser.....IV-8

TABEL 4.3 Hasil Pengujian  $q_u$  rata-rata Kuat Tekan Bebas.....IV-12

TABEL 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas.....IV-14



## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1	Diagram Fase Tanah .....	II-3
GAMBAR 2.2	Batas Cair dan Batas Indeks Plastisitas untuk Tanah Lanau-Lempung .....	II-8
GAMBAR 2.3	Prinsip Pemadatan .....	II-21
GAMBAR 2.4	Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air .....	II-23
GAMBAR 2.5	Grafik Hubungan Tegangan Normal dengan Tegangan Geser.....	II-27
GAMBAR 2.6	Skema Uji Tekan Bebas.....	II-28
GAMBAR 2.7	Belerang.....	II-40
GAMBAR 2.8	Fosfat.....	II-44
GAMBAR 4.1	Kurva Aliran Untuk Penentuan Batas Cair.....	IV-2
GAMBAR 4.2	Grafik Analisa Saringan.....	IV-3
GAMBAR 4.3	Grafik Pembagian Butir Analisa Hidrometer.....	IV-4
GAMBAR 4.4	Plot Grafik Klasifikasi USCS.....	IV-6
GAMBAR 4.5	Grafik Pengujian Kompaksi.....	IV-7
GAMBAR 4.6	Grafik Hubungan Kohesi dengan Variasi Belerang dan Fosfat.....	IV-9

GAMABR 4.7 Grafik Hubungan Sudut Geser dengan Variasi Belerang dan Fosfat.....IV-10

GAMBAR 4.8 Grafik Hubungan Kuat Geser dengan Variasi Belerang dan Fosfat.....IV-11

GAMBAR 4.9 Nilai  $q_u$  rata-rata Optimum pada varia.....IV-13

GAMBAR 4.10 Gabungan Hasil Kuat Tekan Bebas.....IV-14



## DAFTAR NOTASI

<i>AASHTO</i>	: <i>American Association of State Highway and Transportation</i>
<i>ASTM</i>	: <i>American Society for Testing and Material</i>
<i>V</i>	: Volume
<i>W</i>	: Berat total
<i>W<sub>s</sub></i>	: Berat butiran padat
<i>W<sub>w</sub></i>	: Berat air
<i>V<sub>s</sub></i>	: Volume butiran padat
<i>V<sub>w</sub></i>	: Volume air
<i>V<sub>α</sub></i>	: Volume udara
<i>V<sub>v</sub></i>	: Volume rongga
<i>γ<sub>s</sub></i>	: Berat volume butiran padat
<i>γ<sub>w</sub></i>	: Berat volume air
<i>G<sub>s</sub></i>	: Berat jenis
<i>LL</i>	: Batas cair
<i>N</i>	: Jumlah pukulan
<i>W<sub>n</sub></i>	: Kadar air
<i>PL</i>	: Plastic Limit
<i>SL</i>	: Batas susut
<i>IP</i>	: Indeks plastisitas
<i>R</i>	: Berat volume basah
<i>γ<sub>d</sub></i>	: Berat volume kering



N	:	Beban
A	:	Luas bidang geser
$\sigma$	:	Tegangan geser
P	:	Beban maksimum
Qu	:	Kuat tekan bebas
Clay	:	Lempung
Silt	:	Lanau
$\varepsilon$	:	Regangan axial
P	:	Beban
Ao	:	Luas
USCS	:	<i>Unified Soil Classification System</i>
Cu	:	Koefisien keseragaman
Cc	:	Koefisien gradasi
GI	:	Indeks kelompok
F	:	Presentase lolos saringan no.200
SO <sub>2</sub>	:	Sulfur dioksida
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	:	Asam sulfat
Fly ash	:	Abu terbang
Grouting	:	Injeksi semen
Roller	:	Mesin gilas
Additive	:	Bahan campuran

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan bagian yang berarti dalam menunjang pembangunan infrastruktur. Dengan begitu tanah jadi pijakan serta dasar yang menerima seluruh beban yang ditimbulkan akibat dari bangunan konstruksi di atasnya. Pembangunan infrastruktur terus menjadi bertambah namun lahan yang tersedia terus menjadi kurang, oleh sebab itu pembangunan terpaksa dicoba di atas tanah yang kurangenuhi syarat salah satunya tanah lempung lunak, tanah yang kurang normal apabila terjalin guncangan.

Lempung yaitu tanah berbutir halus yang tersusun dari mineral-mineral lempung dan partikel-partikel mikroskopis dan submikroskopis berbentuk lempengan pipih yang halus (*Das, 1995:9*). *Bowles, 1993:151* menyimpulkan bahwa kandungan mineral lempung dalam tanah merupakan penyebab sifat plastisitas dan kembang susut yang besar dan mempunyai kekuatan yang lemah bila dipengaruhi air. Beberapa jenis tanah yang ada, tanah lempung memiliki masalah tersendiri dalam pekerjaan konstruksi, dikarenakan daya dukungnya rendah, untuk menambah kekuatan dan memperbaiki daya dukungnya perlu dilakukan upaya stabilisasi (*Candra et al.2018*).

Menurut **Bowles, 1991** tindakan yang harus dilakukan untuk menstabilisasikan tanah yaitu sebagai berikut : meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan kimiawi atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah, dan mengganti tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah merupakan cara untuk memperbaiki sifat teknis tanah. Proses stabilisasi meliputi pencampuran tanah dengan bahan lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan. Stabilisasi perlu dilakukan bila tanah di lokasi proyek tidak memenuhi syarat yang ditentukan. Dalam penelitian kali ini bahan stabilisasi yang digunakan adalah belerang dan fosfat sebagai bahan stabilisasi tambahan.

Belerang atau sulfur merupakan suatu unsur kimia dengan nomor atom 16 yang berbentuk non-logam, tidak berasa, tidak berbau, dan merupakan senyawa multivalent. Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yaitu salah satu gas hasil turunan dari belerang yang didapat pada gunung berapi. Apabila sulfur dioksida direaksikan dengan air akan terbentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Uap dan kabut asam sulfur atau pun asam sulfat bersifat korosif (**Dyah Pranani, 2008**).

Fosfat adalah senyawa anorganik dengan formula kimia  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Senyawa tersebut merupakan sebuah padatan putih, butiran atau kristal, sangat larut dalam air, yang menghasilkan sebuah larutan alkali.

Bertolak titik pada kondisi ril yang terjadi, maka peneliti tertarik untuk melakukan studi dengan judul

***“ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN  
BELERANG DAN FOSFAT TERHADAP KUAT GESER DAN  
KUAT TEKAN TANAH LEMPUNG LUNAK”***

**1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara menentukan tanah lempung lunak?
2. Bagaimana pengaruh penambahan Belerang dan Fosfat pada tanah Lempung Lunak terhadap kuat geser langsung?
3. Bagaimana pengaruh penambahan Belerang dan Fosfat pada tanah Lempung Lunak terhadap kuat tekan bebas?

**1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

**1.3.1. Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menguji cara menentukan tanah lempung lunak.
2. Untuk mendapatkan pengaruh penambahan belerang dan fosfat pada tanah lempung lunak terhadap kuat geser langsung.
3. Untuk mendapatkan pengaruh penambahan belerang dan fosfat pada tanah lempung lunak terhadap kuat tekan bebas.

**1.3.2. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dalam penambahan belerang dan fosfat pada tanah dapat meningkatkan kuat geser dan kuat tekan tanah lempung lunak.
2. Sebagai kontribusi pengetahuan dalam bidang perbaikan tanah.
3. Agar memberikan alternative lain pada penggunaan bahan tambah untuk tanah lempung lunak dengan belerang dan fosfat.

#### **1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah**

##### **1.4.1. Pokok Bahasan**

1. Melakukan pengujian terhadap tanah yang diuji untuk mengetahui bahwa tanah tersebut termasuk tanah lempung lunak.
2. Mencampur tanah lempung lunak dengan belerang dan fosfat.
3. Melakukan pengujian sifat-sifat mekanik tanah lempung lunak yang telah ditambahkan belerang dan fosfat.
4. Mengetahui perbandingan kuat tekan dan kuat geser tanah lempung lunak tanpa bahan tambah belerang dan fosfat dengan yang ditambahkan belerang dan fosfat.

##### **1.4.2. Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Pengujian terbatas pada sifat-sifat fisik dan mekanik pada tanah lempung lunak.

2. Hanya melihat pengaruh kuat tekan dan kuat geser tanah lempung lunak dengan variasi belerang dan fosfat.
3. Ikatan reaksi kimia belerang dan fosfat dengan tanah tidak diteliti.

#### **1.5. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut :

##### **I. BAB I PENDAHULUAN**

Menguraikan tentang latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup dan Batasan masalah, gambaran umum penulisan serta sistematika penulisan.

##### **II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menyajikan teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk menganalisis dan membahas permasalahan penelitian.

##### **III. BAB III METODE PENELITIAN**

Menjelaskan mengenai langkah-langkah atas prosedur pengujian dan pengolahan data hasil penelitian.

##### **IV. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Menyajikan data-data hasil penelitian di laboratorium, analisis data, hasil analisis data dan pembahasannya.

##### **V. BAB V PENUTUP**

Menyajikan kesimpulan dan saran

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanah

##### 2.1.1. Pengertian Tanah

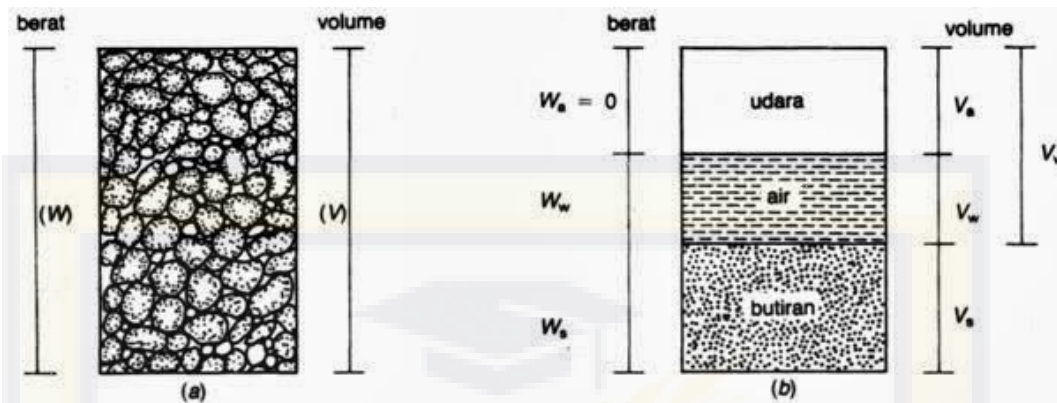
Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya (*Hardiyatmo, H. C. 2002*). Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi didekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia lain. Jika tanah masih berada ditempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (residual soil) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (transported soil).

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm (**Hardiyatmo, H. C. 2002**).

Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, hanya akan terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat (butiran), pori-pori udara, dan air pori (**Hardiyatmo, H. C. 2002**). Bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti ditunjukkan **Gambar2.1**.

**Gambar 2.1a** memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume  $V$  dan berat total  $W$ , sedang **Gambar2.1b** memperlihatkan hubungan berat dengan volumennya.





**Gambar 2.1** Diagram fase tanah (Hardiyatmo, H. C. 2002)

Dari memperhatikan gambar tersebut dapat dibentuk persamaan:

$$W = W_s + W_w \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dan

$$V = V_s + V_w + V_a \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

$$V_v = V_w + V_a \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan:

$W_s$  = berat butiran padat

$W_w$  = berat air

$V_s$  = volume butiran padat

$V_w$  = volume air

$V_a$  = volume udara

Ada berbagai macam jenis-jenis tanah untuk klasifikasi tanah di lapangan antara lain :

1. Pasir dan kerikil

Pasir dan kerikil yaitu agregat tak berkoheisi yang tersusun dari regmin-regmin sub anguler atau granular. Partikel berukuran sampai 1/8 inchi dinamakan pasir sedangkan partikel yang berukuran 1/8 inchi sampai 6/8 inchi disebut kerikil. Fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inchi disebut boulders (bongkah).

2. Hardpan

Hardpan merupakan tanah yang tahanan terhadap penetrasi alat pemboran besar sekali. Cirinya sebagian besar dijumpai dalam keadaan bergradasi baik, luar biasa padat, dan merupakan agregat partikel mineral yang kohesif.

3. Lanau anorganik (inorganic silt)

Lanau anorganik merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau sama sekali tidak ada. Jenis yang plastisitasnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimensi, yang kadang-kadang disebut tepung 6 batuan (rockflour), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis.

4. Lanau organik (organic silt)

Lanau organik merupakan tanah agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara

halus. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap, di samping itu mungkin mengandung H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, serta berbagai gas lain hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas kepada tanah. Permeabilitas lanau organik sangat rendah sedangkan kompresibilitasnya sangat tinggi.

#### 5. 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 luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah.

#### 6. Lempung organik

Tanah lempung organik merupakan lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Warnanya abu-abu tua atau hitam, dan berbau.

#### 7. Gambut (peat)

Tanah gambut merupakan agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan. Warnanya coklat terang dan hitam bersifat kompresibel, sehingga tidak mungkin menopang pondasi.

### 2.1.2. Klasifikasi Tanah

- **Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*)**

Klasifikasi tanah dengan cara AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), mempunyai tujuan agar kita dapat dengan mudah memilih material tanah untuk konstruksi subgrade. Pemilihan tanah tersebut, tentunya didasarkan atas hasil uji tanah dan apabila kita telah mempunyai pengalaman lapangan dalam pembuatan konstruksi subgrade maka pemilihan tanah sangat mudah dilakukan (***Dr. Ir. H. Darwis, 2018***).

Sistem klasifikasi tanah sistem AASHTO pada mulanya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok, A-1 sampai A-7. Setelah diadakan beberapa kali perbaikan, sistem ini dipakai oleh *The American Association of State Highway Officials* (AASHTO) dalam tahun 1945.

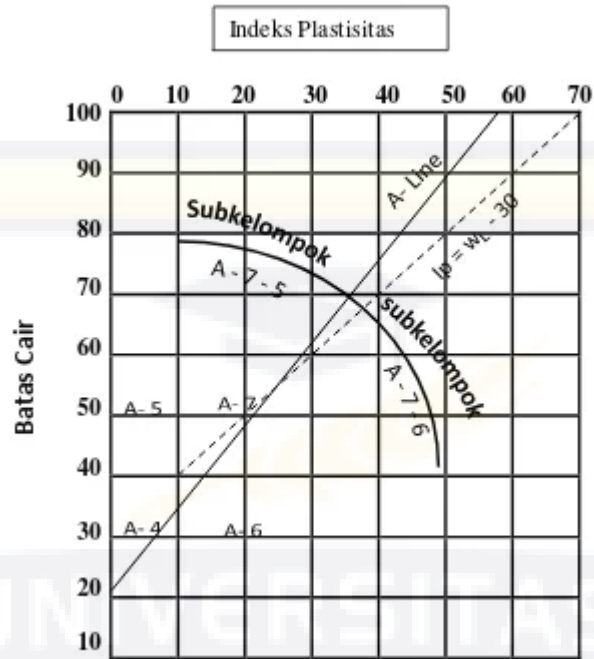
**Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi tanah AASHTO (Bowles, 1986)**

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No.200)							Bahan-bahan lanau-lempung (Lebih dari 35% melalui No.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5; A-7-6
Analisis saringan: Persen melalui: No. 10 No. 40 No. 200	50 maks. 30 maks. 15 maks.	50 maks. 25 maks.	51 maks. 10 maks.	35 maks. 35 maks.	35 maks. 35 maks.	35 maks. 35 maks.	35 maks.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Karakteristik fraksi melalui No. 40 Batas cair: Indeks plastisitas	6 maks.		N.P.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 11 min.
Indeks kelompok	0	0	0	4 maks.			8 maks.	12 maks.	16 maks.	20 maks.	
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batuan, kerikil, dan pasir		pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Tingkatan umum sebagai tanah	Sangat baik sampai baik							sedang sampai buruk			

(Bowles, 1986) Secara umum sistem klasifikasi ini menganggap tanah sebagai:

1. Berdasarkan tabel 2, tanah yang dikelompokkan berada di kanan lebih buruk untuk dipakai dalam pembangunan jalan, seperti tanah A-6 lebih kurang memuaskan dibandingkan dengan tanah A-5
2. Apabila indeks kelompok bertambah untuk sub kelompok tertentu kemungkinan lebih buruk untuk dipakai dalam pembangunan jalan, seperti tanah A-6 (3) adalah lebih tidak memuaskan dari pada tanah A-6 (1)

Kelompok tanah dapat dilihat berdasarkan hubungan indeks plastisitas dan batas cair seperti pada Gambar 2.2 Di bawah ini :



**Gambar 2.2** Batas cair dan batas indeks plastisitas untuk tanah lanau-lemung (A-4 sampai A-7) (Bowles, 1986)

Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan:

$$GI = [(F - 35)(0,2 + 0,005(LL - 40)) + 0,01(F - 15)(PI - 10)] \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- GI = indeks kelompok (*group index*)
- F = persentase butiran lolos saringan no.200
- LL = batas cair (*liquid limit*)
- PI = indeks plastisitas

(Dr. Ir. H. Darwis, 2018) Apabila nilai indeks kelompok semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam pemilihan penggunaan

tanah tersebut (gradasi jelek). tanah granuler diklasifikasikan dalam A1 sampai A3. Sedangkan tanah berbutir halus diklasifikasikan dalam A4 sampai A7 (*Dr. Ir. H. Darwis, 2018*).

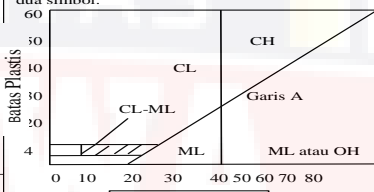
- **Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)**

Sistem klasifikasi Unified mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk dipergunakan dalam pekerjaan pembuatan lapangan terbang oleh The Army Corps of engineers selama perang dunia II. Pada masa kini, sistem klasifikasi Unified digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Pada Sistem Unified, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (Kerikil dan Pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200 (*Septayani & Owens, 2016*).

**Tabel 2.2** Simbol-simbol dalam sistem USCS (*Bowles, 1986*)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub kelompok	Sufiks
		Gradasi baik	W
Kerikil	G	Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL<50 persen	L
Organis	O	wL>50 persen	H
Gambut	Pt		

**Tabel 2.3 Bagan klasifikasi tanah Unified (Bowles, 1986)**

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

(Septayani & Owens, 2016) Untuk klasifikasi yang benar, perlu diperhatikan faktor-faktor berikut :

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



Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub-kelompok. Digunakan simbol-simbol dalam sistem USCS sebagai berikut :

G = gravel (kerikil)

S = sand (pasir)

C = anorganic clay (lempung)

M = anorganic silt (lanau)

O = lanau atau lempung organic

Pt = peat (tanah gambut atau tanah organic tinggi)

W = well-graded (gradasi baik)

P = poorly-graded (gradasi buruk)

H = high-plasticity (plastisitas tinggi)

L = low-plasticity (plastisitas rendah).

Prosedur penentuan klasifikasi tanah dengan Sistem Unified sebagai berikut :

1. Tentukan tanah apakah berbutir “halus” atau “kasar” (secara visual atau saringan No. 200).
2. Untuk tanah berbutir kasar, maka lakukan ;
  - a. Saringan tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
  - b. Hitung persen lolos saringan No.4 ; bila persentase lolos < 50% klasifikasikan tanah sebagai “kerikil” ; bila persentase lolos > 50% klasifikasikan tanah sebagai “pasir”.

c. Hitung persen lolos saringan No.200 ; bila persentase lolos  $< 5\%$  maka hitung  $C_u$  dan  $C_c$  ; bila termasuk bergradasi baik, klasifikasikan sebagai GW (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SW (bila pasir) ; bila termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SP (bila pasir).

d. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No.200 diantara  $5\%$  sampai  $12\%$ , maka tanah akan memiliki symbol ganda dan mempunyai sifat plastisitas (GW-GM atau SW-SM, dan lain-lain).

e. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No.200  $> 12\%$ , maka harus dilakukan uji batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal pada saringan No.40. Kemudian dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC atau SM-SC).

3. Untuk tanah berbutir halus, maka :

a. Lakukan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran yang tinggal di atas saringan No.40. Bila batas cari (LL)  $> 50$ , klasifikasikan tanah tersebut sebagai H (plastisitas tinggi) ; bila LL  $< 50$  klasifikasikan tanah sebagai L (plastisitas rendah)

b. Untuk tanah H, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A, tentukanlah apakah masuk kategori OH (organic) atau MH (anorganik). Dan bila plottingnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai tanah CH (organic plastisitas tinggi).

c. Untuk tanah L, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukanlah apakah masuk kategori OL (organic) atau ML (anorganik) berdasarkan warna, bau atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.

d. bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada pada area yang diarsir, dekat dengan garis A, atau nilai LL sekitar 50, maka gunakan symbol ganda.

### 2.1.3. Sifat-Sifat Fisik Tanah

- **Berat Jenis (*Specific Gravity*)**

Berat jenis yaitu perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air pada temperatur 4°C (*Dr. Ir. H. Darwis, 2018*).

Rumus untuk menentukan berat jenis yaitu:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s/V_s}{W_w/V_w} = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \times k \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- Berat jenis ( $G_s$ )
- Berat Piknometer ( $W_1$ )
- Berat Piknometer + Tanah ( $W_2$ )
- Berat Piknometer + Tanah + Air ( $W_3$ )

- Berat Piknometer + Air ( $W_4$ )
- Faktor Korelasi terhadap suhu ( $k$ )

Nilai parameter  $G_s$  tidak berdimensi. Interval nilai  $G_s$  untuk berbagai jenis tanah, berkisar antara 2,58 sampai 2,75. Kecuali untuk jenis tanah humus dan gambut biasanya interval  $G_s$  antara 1,25 sampai 1,80. Nilai berat jenis untuk berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel

**Tabel 2.4** Berat Jenis ( $G_s$ ) berbagai jenis tanah

Jenis Tanah	Berat Jenis ( $G_s$ )
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Anorganik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : Darwis Dasar-Dasar Mekanika Tanah

- **Kadar Air (*Moisture Water Content*)**

Kadar air sangat mempengaruhi perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Lempung dengan kadar air rendah memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempung kadar air tinggi. Hal ini disebabkan karena lempung dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air lebih banyak.

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

w = Kadar air

W1 = Berat cawan kosong

W2 = Berat cawan + Tanah basah

W3 = Berat cawan + Tanah kering

- **Batas-Batas Atterberg (*Atterberg Limit*)**

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk. Bila tanah dalam kedudukan plastis, besarnya jaringan gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lain, dengan kohesi yang tetap dan terpelihara. Atterberg limits yang dimiliki suatu jenis tanah memberikan gambaran akan plastisitas tanah tersebut, dan sangat berhubungan dengan masalah kemampuan

pengembangan (swelling) dan penyusutan (shrinkage). Air yang berkaitan dengan fase-fase perubahan pada tanah lempung adalah batas-batas konsistensi (atterberg limits). Pengujian batas-batas konsistensi (atterberg limit) dilakukan pada tanah terganggu (disturbed). Adapun pengujian batas-batas konsistensi (atterberg limit) yang dilakukan adalah :

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dengan keadaan plastis tanah, atau nilai batas atas pada daerah plastis (**Dr. Ir. H. Darwis, 2018**). Pengujian batas cair dilakukan dengan Uji Casagrande (1948), yang mana contoh tanah dimasukkan ke dalam cawan Casagrande kemudian permukaannya diratakan, dan dialur (grooving) tepat ditengah. Selanjutnya dengan alat penggetar cawan tersebut diketuk-ketukan pada landasannya dengan tinggi jatuh 1 cm sebanyak 25 ketukan. Bila alur selebar 12,7 mm yang berada di tengah tertutup sampai batasan 25 ketukan, maka kadar air tanah pada saat itu merupakan "batas cair".

Batas Cair (Liquid Limit) oleh Waterways Experiment Station di Mississippi (1949), mengusulkan formula sebagai berikut:

$$LL = w_N \left( \frac{N}{25} \right) \tan \beta \dots\dots\dots(2.8)$$

Yang mana :

N = jumlah ketukan untuk menutup celah 0,5 inch (12,7 mm)

$w_N$  = kadar air

$\tan \beta = 0,121$  : beberapa tanah tertentu nilainya tidak sama dengan 0,121

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

Batas plastis didefinisikan sebagai nilai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dengan daerah semi padat (**Dr. Ir. H. Darwis, 2018**). Nilai batas plastis ini ditentukan dengan percobaan menggulung tanah hingga diameter 3,2 mm dan mulai mengalami retak-retak. Kadar air tanah yang digulung dalam kondisi tersebut merupakan nilai “batas plastis” tanah.

## 3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut adalah nilai kadar air pada kedudukan antara zone semi padat dengan zone padat. Pada kondisi ini pengurangan kadar air dalam tanah tidak akan mempengaruhi lagi pengurangan volume pada tanah. Percobaan untuk mengetahui batas susut dilakukan dengan mengisi tanah jenuh sempurna ke dalam cawan porselin berukuran diameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. Selanjutnya cawan dan tanah isinya dikeringkan dalam oven. Setelah tanah dalam cawan mengering, selanjutnya dikeluarkan dari cawan tersebut. Untuk mengetahui nilai batas susut, maka sampel yang telah kering dicelupkan ke dalam air raksa, dan nilai batas susutnya dihitung dengan persamaan berikut :

$$SL = \left[ \frac{m_1 - m_2}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2) \cdot \gamma_w}{m_2} \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Yang mana :

$m_1$  = berat tanah basah dalam cawan percobaan (gram)

$m_2$  = berat tanah kering oven (gram)

$v_1$  = volume tanah basah dalam cawan percobaan (cm<sup>3</sup>)

$v_2$  = volume tanah kering oven (cm<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = berat volume air (gram/cm<sup>3</sup>)

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

Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dengan batas plastis pada tanah.

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.10)$$

Indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah, jika nilai PI tinggi maka tanah mengandung banyak lempung, dan jika nilai PI rendah maka tanah mengandung banyak lanau. Ciri dan sifat dari tanah lanau adalah dengan kadar air yang berkurang sedikit saja tanah akan menjadi kering. Oleh Atterberg diberikan batasan nilai Indeks Plastisitas dengan sifat-sifat, ragam tanah dan kohesifitasnya, sebagai berikut:



**Tabel 2.5 Nilai Indeks Plastisitas dan Ragam Tanah (Dr. Ir. H. Darwis, 2018)**

PI	Sifat	Ragam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7– 17	Plastisitas sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

- **Analisa Saringan**

Tanah merupakan komponen/susunan dari hasil lapisan kerak bumi yang sifatnya ditentukan dari ukuran butirannya. Untuk membedakan dan menunjukkan sifat-sifat dari tanah ini sering digunakan cara AASTHO dan USCS. Suatu tanah bergradasi baik atau buruk dapat diketahui berdasarkan pendistribusian ukuran partikel tanah. Analisa ayakan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara kering dan cara basah. Cara kering dilakukan dengan menggetarkan saringan, baik itu digetarkan dengan cara manual atau dengan alat penggetar. Cara basah dilakukan dengan mencampur tanah dengan air sampai menjadi lumpur encer dan dibasuh seluruhnya melewati saringan. Analisa hidrometer adalah analisa yang digunakan untuk menentukan ukuran butiran dari tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar yang didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir dari dalam air.

Ukuran butir tanah :

- Kerikil Kasar = Lolos saringan 3” dan tertahan di 3/4”
- Kerikil Halus = Lolos saringan 3/4” dan tertahan di No.4
- Pasir Kasar = Lolos saringan No.4 dan tertahan di No. 10
- Pasir Sedang = Lolos saringan No.10 dan tertahan di No. 40
- Pasir Halus = Lolos saringan No.40 dan tertahan di No.200
- Lanau dan Lempung = Lolos saringan No.200

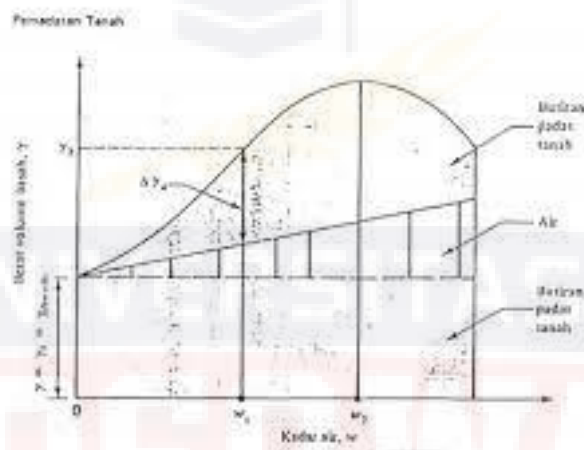
#### 2.1.4. Sifat-Sifat Mekanik Tanah

- **Pemadatan Tanah**

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan kepada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel - partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat (*Das, Endah, and Mochtar 1995*). Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat (lihat Gambar 2.3 ). Harap dicatat bahwa pada saat kadar air  $w = 0$ , berat volume basah dari tanah ( $r$ ) adalah sama dengan berat volume keringnya ( $Y_d$ ), atau

$$Y = Y_d(w=0) = Y_1 \dots\dots\dots(2.11)$$

Bila kadar airnya ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga meningkat secara bertahap pula. Misalnya, pada  $w = w_1$ , berat volume basah dari tanah sama dengan :



**Gambar 2.3 Prinsip Pemadatan (Braja Das, 1985)**

$$\gamma = \gamma_d \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

Setelah mencapai kadar air tertentu  $w = w_2$  (lihat Gambar 2.3), adanya penambahan kadar air justru cenderung menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut kemudian menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati oleh partikel-partikel padat dari tanah. Kadar air dimana harga berat volume kering maksimum tanah dicapai disebut kadar air optimum.

$$\bullet \quad \gamma_b = \frac{W}{V} \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$\gamma_b$  = Berat volume tanah basah (gram/cm<sup>3</sup>)

W = Berat tanah basah (gram)

V = Volume tanah basah (cm<sup>3</sup>)

Hubungan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dan kadar air (w) dinyatakan dalam persamaan

$$\bullet \gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$\gamma_d$  = Berat volume kering (gram/cm<sup>3</sup>)

$\gamma$  = Berat volume tanah basah (gram/cm<sup>3</sup>)

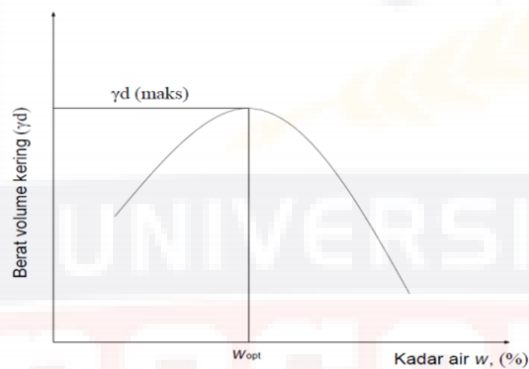
w = Kadar air (%)

$$\bullet \gamma_d ZAV = \frac{Gs}{1+(w \times Gs) / 100} \times 1 \dots\dots\dots(2.15)$$

Pemadatan tanah ini dilakukan pada asli dan campuran yang menggunakan metode Standart Compaction Test. Pengujian ini dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Pemadatan ini dilakukan dalam cetakan dengan memakai alat pemukul dengan tinggi jatuh tertentu (**Septayani & Owens, 2016**).

Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan dapat memberikan kuat geser tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya (**Septayani & Owens, 2016**). Dalam pemadatan tanah, ada empat faktor yang mempengaruhi pemadatan yaitu :

1. Usaha pemadatan (energi pemadatan)
2. Jenis tanah (gradasi kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan sebagainya).
3. Kadar air.
4. Berat isi kering (proctor menggunakan angka pori)



**Gambar 2.4** Hubungan berat volume kering dengan kadar air (**Septayani & Owens, 2016**)

(**Irawan, 2010**) Berdasarkan tenaga pemadatan yang diberikan, pengujian *proctor* dibedakan menjadi 2 macam:

1. *Standard Proctor* AASHTO T 99 (ASTM D 689) dan
2. *Modified Proctor* AASHTO T 180 (ASTM D 1557). Berikut tabulasi perbedaan pemadatan standar dan pemadatan berlebih

**Tabel 2.6** Perbedaan Antara Pemadatan Standar Dan Pemadatan Modified Proctor (**Bowles, 1986**)

	<b>Proctor Standar</b> (ASTM D-698)	<b>Proctor Modifikasi</b> (ASTM D-1557)
Berat palu	24,5 N (5,5 lb)	44,5 N (10 lb)
Tinggi jatuh palu	305 mm (12 in)	457 mm (18 in)
Jumlah lapisan	3	5
Jumlah tum- bukan/lapisan	25	25
Volume cetakan	1/30 ft <sup>3</sup>	
Tanah	saringan (-) No. 4	
Energi pemadatan	595 kJ/m <sup>3</sup>	2698 m <sup>3</sup>

- **Pengujian Kuat Geser Langsung**

Kuat geser tanah dipengaruhi oleh nilai sudut geser ( $\phi$ ) dan nilai ko-hesi (c). Di lapangan, kuat geser tanah sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti keadaan tanah, jenis tanah, orientasi beban, dan kadar air. Sementara di laboratorium kuat geser tanah sangat dipengaruhi oleh metode percobaan, kualitas sampel, tingkat regangan, dan kadar air. Untuk itu tanah diteliti terlebih dahulu sebelum digunakan pada konstruksi karena

kekuatan struktur secara langsung sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar. Kuat geser tanah merupakan salah satu sifat mekanis tanah yang erat hubungannya dengan kestabilan dan kemampuan geser tanah dalam mempertahankan struktur butirnya dari keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya luar.

**Bowles (1993: 448)** mengemukakan bahwa terdapat sejumlah literatur yang memberikan hubungan kuat geser atau parameter kuat geser dengan indeks plastisitas tanah. Salah satu hubungan yang paling awal didapat adalah antara sudut geser ( $\phi$ ) dan indeks plastisitas (IP). **Wibowo et. al (2009: 103)** menjelaskan bahwa kadar air lempung juga berhubungan erat dengan indeks plastisitas tanah, dimana batas cair menunjukkan keadaan tanah yang mulai bergerak. Oleh karena itu mineral lempung yang mengembang merupakan penyebab terpenting dalam gerakan plastisitas tanah.

**Wesley (1977: 87)** menyatakan bahwa keruntuhan geser (shear failure) dalam tanah adalah akibat gerak relatif antara butirnya, bukan karena butirnya sendiri yang hancur. Oleh karena itu kekuatan geser tanah tergantung kepada gaya-gaya yang bekerja antara butirnya. Dengan demikian kekuatan geser tanah dapat dianggap terdiri dari dua komponen, yaitu:

1. Bagian yang bersifat kohesif yang tergantung kepada jenis tanah dan kepadatan butirnya.

2. Bagian yang mempunyai sifat gesekan (frictional) yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

**Bowles (1993: 408)** menyatakan bahwa di laboratorium, kuat geser tanah sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, di antaranya:

1. Metode pengujian (terbentuknya tekanan pori yang berlebihan);
2. Gangguan terhadap contoh (mengurangi kekuatan);
3. Kadar air;
4. Tingkat regangan (biasanya menambah kekuatan).

**Menurut Bowles (1993:409)**, kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan Persamaan berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

keterangan:

$\tau$  = kuat geser tanah (kg/cm<sup>2</sup>);

$c$  = nilai kohesi tanah atau gaya tarik menarik partikel tanah (kg/cm<sup>2</sup>);

$\sigma$  = tegangan normal pada bidang yang ditinjau (kg/cm<sup>2</sup>); dan

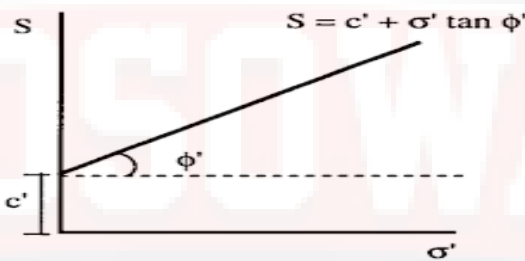
$\varphi$  = sudut geser (°).

**Dunn et. al (1980: 159)** mengatakan bahwa jika kekuatan tanah lebih besar dari pada tegangan yang bekerja pada tanah maka massa tanah aman terhadap keruntuhan pada bidang yang ditinjau, tetapi jika tegangan tersebut lebih besar daripada kekuatan tanah maka akan terjadi



keruntuhan. Jika hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser yang berupa sejumlah titik yang masing-masing dihubungkan, maka terbentuk garis lurus yang disebut garis kekuatan (strength line). Sudut yang dibentuk antara garis horizontal dengan garis kekuatan disebut sudut geser. Nilai kohesi adalah angka yang terbaca pada titik potong garis kekuatan dengan sumbu vertikal seperti yang diperlihatkan pada grafik dalam Gambar 2.5.

**Gambar 2.5.** Grafik Hubungan Tegangan Normal dengan Teg. Geser



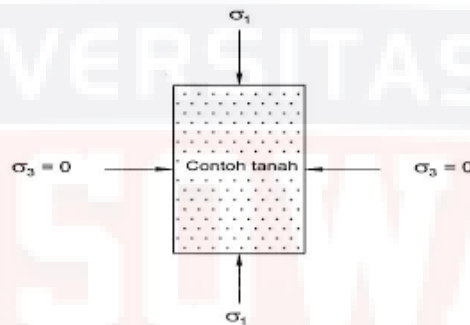
Pemberian tegangan normal yang bervariasi akan memberikan tegangan geser yang berbeda pula. Perlakuan ini bertujuan untuk mendapatkan dua nilai parameter yang tidak diketahui yaitu sudut geser ( $\phi$ ) dan nilai kohesi ( $c$ ).

- **Pengujian Kuat Tekan Bebas**

Kuat tekan bebas ( $q_u$ ) adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Percobaan *unconfined* terutama dilakukan pada tanah

lempung (*clay*) atau lanau (*silt*). Bila lempung mempunyai derajat kejenuhan 100%, maka kekuatan gesernya dapat ditentukan langsung dari nilai kekuatan *unconfined* (Manuel & Muslimah, 2019).

Jika tanah dibebani maka akan melibatkan tegangan. Apabila tegangan geser akan mencapai angka batas, maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh. Keruntuhan geser dalam tanah adalah akibat geser relatif antara butir-butir massa tanah.



**Gambar 2.6.** Skema uji tekan bebas

Hardiyatmo (2006), memberikan gambaran hubungan konsistensi dengan kuat tekan bebas tanah lempung.

**Tabel 2.7.** Hubungan kuat tekan ( $q_u$ ) tanah lempung dengan konsistensinya

Konsistensi	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
Lempung keras	> 400
Lempung sangat kaku	200 – 400
Lempung kaku	100 – 200
Lempung sedang	50 – 100
Lempung lunak	25 – 50
Lempung sangat lunak	< 25

Sumber : **Hardiyatmo, 2006**

Berikut rumus pengolahan data kuat tekan bebas (SNI 3638-2012) :

1. Regangan Axial (  $\varepsilon$  )

$$\text{Regangan Axial } (\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan aksial (%)

$\Delta L$  = Perubahan tinggi benda uji

$L_0$  = Tinggi awal benda uji

2. Tegangan (  $\sigma$  )

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Tegangan (kPa)

P = Beban Aksial (kN)

A = Luas Penampang

3. Beban (P)

$$P = \text{Pembacaan arloji (beban) x Faktor kalibrasi alat} \dots\dots\dots(2.19)$$

4. Luas(Ao)

$$\text{Luas} = \frac{1}{4} \times \pi d^2 \dots\dots\dots(2.20)$$

5. Luas Terkoreksi

$$\text{Luas terkoreksi} = \text{Luas x angka koreksi} \dots\dots\dots(2.21)$$

## 6. Tegangan

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{beban}}{\text{luas terkoreksi}} \dots\dots\dots(2.22)$$

### 2.2. Tanah Lempung

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

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

Tanah lempung terdiri dari butir-butir yang sanget kecil yang ukuranya kurang dari 0,002 mm serta menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi **Wesley (1977) dalam Sutrisno (2013)**. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas

adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

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

Menurut **Chen (1975)** mineral lempung terdiri dari 3 komponen utama yaitu montmorillonite, illite, dan kaolinite

*a. Kaolinite*

Umumnya tidak ekspansif karena adanya ikatan hidrogen yang pada kondisi tertentu partikel kaolinite mungkin terbentuk oleh lebih dari seratus tumpukan yang sukar dipisahkan, sehingga mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengannya (tidak terjadi pengembangan dan penyusutan pada sel satuannya (**Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012**)).

*b. Illite*

Memiliki formasi struktur satuan kristal yang hampir sama dengan montmorillonite (**Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012**). Satu satuan kristal

illite memiliki tebal dan komposisi yang sama dengan montmorillonite.

Perbedaannya adalah:

- Terdapat kurang lebih dua puluh persen pergantian silikon (Si) oleh aluminium (Al) pada lempeng tetrahedral.
- Antar satuan kristal terdapat kalium (K) yang berfungsi sebagai penyeimbang muatan dan pengikat antar satuan kristal.
- Struktur mineralnya tidak mengembang sebagaimana montmorillonite.

Illite merupakan kelompok Mica-like, termasuk illites dan vermiculites, bisa berperilaku ekspansif tetapi umumnya tidak menimbulkan persoalan yang berarti. Illite terdiri dari sebuah lembaran oktahedra yang terikat dua lembaran silika tetrahedra. Dalam lembaran oktahedra, terdapat substitusi parsial aluminium oleh magnesium dan besi serta di dalam lembaran tetrahedra terdapat pula substitusi silikon oleh aluminium yang menghasilkan muatan negatif. Muatan negatif ini mengikat ion kalium yang terdapat diantara lapisan-lapisan illite. Ikatan-ikatan tersebut lebih lemah dari pada ikatan hidrogen pada kristal kaolinite, tetapi lebih kuat dari ikatan ionik yang membentuk kristal montmorillonite.

### c. *Montmorillonite*

Merupakan tanah yang sangat ekspansif karena ikatan antar lapisannya disebabkan oleh gaya Vander Wall yang lebih lemah dari ikatan hidrogen atau ikatan ion lainnya. Montmorillonite mempunyai struktur yang sama dengan Illite, yaitu terdiri dari dua lembaran silika dan satu lembaran aluminium atau gibbsite. Pada montmorillonite terjadi substitusi isomorfis

antara atom-atom magnesium dan besi menggantikan sebagian atom-atom ion kalium seperti pada illite, dan sejumlah besar molekul tertarik pada ruangan antara lapisan-lapisan tersebut. Kristal montmorillonite sangat kecil tetapi mempunyai gaya tarik yang cukup terhadap air. Tanah yang mengandung mineral ini sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. Rumus kimia montmorillonite sebagai berikut

Jadi dapat dijelaskan besarnya swelling ditentukan oleh mineral yang ada dalam tanah lempung, dan tanah lempung yang banyak mengandung montmorillonite akan lebih besar pengembangannya daripada tanah yang banyak mengandung koalinite. Juga dapat disimpulkan bahwa besarnya swelling ditentukan oleh kimia tanahnya (banyaknya kation-kation dalam tanah). Kation terutama yang memiliki valensi yang tinggi berfungsi sebagai pengikat antara partikel-partikel lempung dan mengurangi pengembangan atau pembesaran jarak antar partikel. Jadi kembang susut tanah dapat dikurangi dengan cara menambah kation-kation dalam tanah, seperti  $\text{Na}^+$  ,  $\text{K}^+$  ,  $\text{Ca}^{++}$  ,  $\text{Mg}^{++}$  dll.

### 2.3. Karakteristik Tanah Lempung

- **Tanah Lempung Lunak**

Menurut *panduan Geoteknik 1, 2001*, penggunaan istilah “tanah lunak” berkaitan dengan tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara seksama dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir; tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi.

Adapun salah satu tipe tanah yang termasuk ke dalam jenis tanah lunak yaitu lempung lunak.

Tanah lempung lunak yaitu tanah yang mengandung mineral-mineral lempung dan memiliki kadar air yang tinggi sehingga menyebabkan kuat geser yang rendah. Dalam rekayasa geoteknik istilah 'lunak' dan 'sangat lunak' khusus didefinisikan untuk lempung dengan kuat geser seperti ditunjukkan pada Tabel di bawah ini.

**Tabel 2.8.** *Definisi Kuat Geser Lempung Lunak*

Konsistensi	Kuat Geser (kN/m <sup>2</sup> )
Lunak	12,5 – 25
Sangat Lunak	< 12,5

Sebagai indikasi dari kekuatan lempung tersebut prosedur indifikasi lapangan pada Tabel 2.8 memberikan beberapa petunjuk.

**Tabel 2.9.** *Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah Lempung Lunak*

Konsistensi	Indikator Lapangan
Lunak	Bisa dibentuk dengan mudah dengan jari tangan
Sangat Lunak	Keluar di antara jari tangan jika diremas dalam kepalan tangan



Lempung lunak atau dikenal juga lempung expansive yaitu jenis tanah lempung yang diklasifikasikan ke dalam jenis tanah yang memiliki nilai pengembangan dan nilai penyusutan yang besar, sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada struktur yang berada di atasnya. Hal tersebut dikarenakan besarnya nilai aktivitas (A) tanah lempung, besar kecilnya nilai aktivitas tanah lempung yang di pengaruhi oleh indeks plastisitas (PI) tanah, pada Tabel 9 dapat diketahui potensi pengembangan suatu jenis tanah berdasarkan nilai indeks plastisitasnya (PI), untuk tanah lempung yang dapat dikategorikan ke dalam tanah lempung expansive yaitu tanah yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi batasan nilai indeks plastisitasnya (PI) > 35%, selain itu nilai aktivitas tanah lempung juga dapat mempengaruhi oleh jenis mineral yang terkandung dalam tanah tersebut semakin plastis mineral lempung maka terjadi potensial untuk menyusut dan mengembang.

**Tabel 2.10. Potensi Pengembangan**

Potensi Pengembangan	Pengembangan (akibat tekanan 6,9 KPa) (%)	Persen Koloid (<0,001mm) (%)	Indek Plastisitas PI (%)	Batas Susut SL (%)	Batas Cair LL (%)
Sangat tinggi	>30	>28	>35	>11	>65
Tinggi	20-30	20-31	25-41	07-12	50-63
Sedang	10-20	13-23	15-28	10-16	39-50
Rendah	<10	<15	<18	<15	39

Sumber (*Usman, 2008 dalam Mirsa Susmarani 2012*)

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume atau mengalami pengembangan atau penyusutan ketika kadar air berubah, maka dari itu air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung.

- **Karakteristik Fisik Tanah Lempung Lunak**

Menurut **Bowles (1989)**, mineral-mineral pada tanah lempung umumnya memiliki sifat-sifat:

1. Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air yang disebut sebagai air teradsorpsi. Lapisan ini pada umumnya mempunyai tebal dua molekul karena itu disebut sebagai lapisan difusi ganda atau lapisan ganda. Lapisan difusi ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari 600 sampai 1000C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

2. Aktivitas

Hasil pengujian index properties dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif. **Hardiyatmo (2006) merujuk pada Skempton (1953)** mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (IP) dengan prosentase

butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang dinotasikan dengan huruf C, disederhanakan dalam persamaan:

$$\text{Aktifitas} = \frac{\text{Indeks Plastisitas}}{c} \dots\dots\dots(2.23)$$

Untuk nilai  $A > 1,25$  digolongkan aktif dan sifatnya ekspansif. Nilai  $1,25 < A < 0,75$  digolongkan normal sedangkan nilai  $A < 0,75$  digolongkan tidak aktif. Aktivitas juga berhubungan dengan kadar air potensial relatif. Nilai-nilai khas dari aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.11

**Tabel 2.11.** *Aktivitas tanah lempung*

Minerologi tanah lempung	Nilai Aktivitas
Kaolinite	0,4 – 0,5
Lilite	0,5 – 1,0
Montmorillonite	1,0 – 7,0

Sumber : **(Skempton, 1953)**

### 3. Flokulasi dan Dispersi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkrystal maka daya negatif netto, ion- ion  $H^+$  dari air gaya Vander Waals dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flok (flock) yang berorientasi secara acak atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari

larutan itu dengan cepatnya membentuk sedimen yang lepas. Flokulasi adalah peristiwa penggumpalan partikel lempung di dalam larutan air akibat mineral lempung umumnya mempunyai  $pH > 7$ . Flokulasi larutan dapat dinetralkan dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion  $H^+$ ), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Untuk menghindari flokulasi larutan air dapat ditambahkan zat asam.

#### 4. Pengaruh Zat cair

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 yang 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 ( $CCl_4$ ) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

#### 5. Sifat kembang susut (swelling potensial)

Plastisitas yang tinggi terjadi akibat adanya perubahan sistem tanah dengan air yang mengakibatkan terganggunya

keseimbangan gaya-gaya didalam struktur tanah. Gaya tarik yang bekerja pada partikel yang berdekatan yang terdiri dari gaya elektrostatik yang bergantung pada komposisi mineral, serta gaya vander Waals yang bergantung pada jarak antar permukaan partikel. Partikel lempung pada umumnya berbentuk pelat pipih dengan permukaan bermuatan listrik negatif dan ujung-ujungnya bermuatan positif. Muatan negatif ini diseimbangkan oleh kation air tanah yang terikat pada permukaan pelat oleh suatu gaya listrik. Sistem gaya internal kimia-listrik ini harus dalam keadaan seimbang antara gaya luar dan hisapan matrik. Apabila susunan kimia air tanah berubah sebagai akibat adanya perubahan komposisi maupun keluar masuknya air tanah, keseimbangan gaya-gaya dan jarak antar partikel akan membentuk keseimbangan baru. Perubahan jarak antar partikel ini disebut sebagai proses 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:

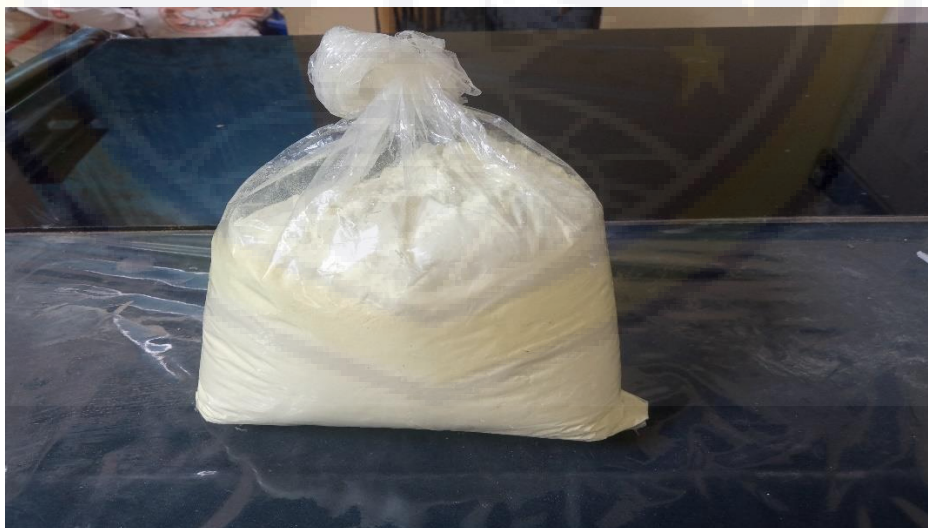
1. Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
2. Kadar air.
3. Susunan tanah.
4. Konsentrasi garam dalam air pori.

5. Sementasi.

6. Adanya bahan organik, dll.

#### 2.4. Belerang

Belserang atau sulfur adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang S dan nomor atom 16 . Belserang merupakan unsur non-logam yang tidak berasa. Belserang, dalam bentuk aslinya, adalah sebuah zat padat kristalin kuning. Di alam, belserang dapat ditemukan sebagai unsur murni atau sebagai mineral-mineral sulfide dan sulfat. Belserang atau sulfur adalah suatu unsur kimia dengan nomor atom 16 yang berbentuk non-logam, tidak berasa, tidak berbau, dan merupakan senyawa multivalent. Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) merupakan salah satu gas hasil turunan dari belserang yang terdapat pada gunung berapi. Apabila sulfur dioksida direaksikan dengan air akan terbentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Uap dan kabut asam sulfat atau pun asam sulfat bersifat korosif (*Dyah Pranani, 2008*).



**Gambar 2.7.** Belserang

Sifat-sifat dari Belerang:

- Belerang berwarna kuning pucat yang solid.
- Lembut dan tidak berbau.
- Tidak larut dalam air
- Ketika dibakar dan mencapai suhu  $119^{\circ}$  belerang akan melebur memancarkan api berwarna biru dan meleleh ke dalam cairan berwarna merah cair, pada saat itu partikelnya terpisah dan berubah wujud menjadi gas yang bergabung dengan oksigen untuk membentuk gas beracun yang disebut sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ).
- Dapat mengeras dengan cepat dan mudah.
- Mudah dikerjakan.
- Mempunyai ikatan yang bagus dengan batu atau bata.
- Mengurangi sifat mengembang dari tanah.

## 2.5 Fosfat

Asam fosfat teknis adalah cairan kental jernih tidak berwarna sampai hitam keruh, yang bagian terbesar terdiri dari  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan digunakan untuk industri. Asam fosfat diproduksi dengan cara melebur fosfat anhidrat kedalam air. Fosfat anorganik maupun organik terdapat dalam tanah. Bentuk anorganiknya adalah senyawa Ca, Fe, Al, dan F. Fosfat organik mengandung senyawa yang berasal dari tanaman dan mikroorganisme dan tersusun dari asam nukleat, fosfolipid, dan fitin (**Rao, 1994**). Bentuk fosfat anorganik tanah lebih sedikit dan sukar larut, sehingga dengan demikian P yang tersedia dalam tanah relatif rendah. Fosfat tersedia didalam tanah

dapat diartikan sebagai P- tanah yang dapat diekstraksikan atau larut dalam air dan asam sitrat. P- organik dengan proses dekomposisi akan menjadi bentuk anorganik. Stabilisasi tanah lempung diperlukan untuk memperbaiki karakteristik tanah tersebut. Penambahan aditif berupa asam fosfat menyebabkan terjadinya reaksi kimia di dalam tanah. Asam fosfat akan bereaksi dengan kation dari mineral tanah membentuk senyawa baru yang akan mengikat struktur mineral yang ada di dalam tanah hingga menjadi suatu lapisan yang keras dan tidak dapat larut di dalam air.

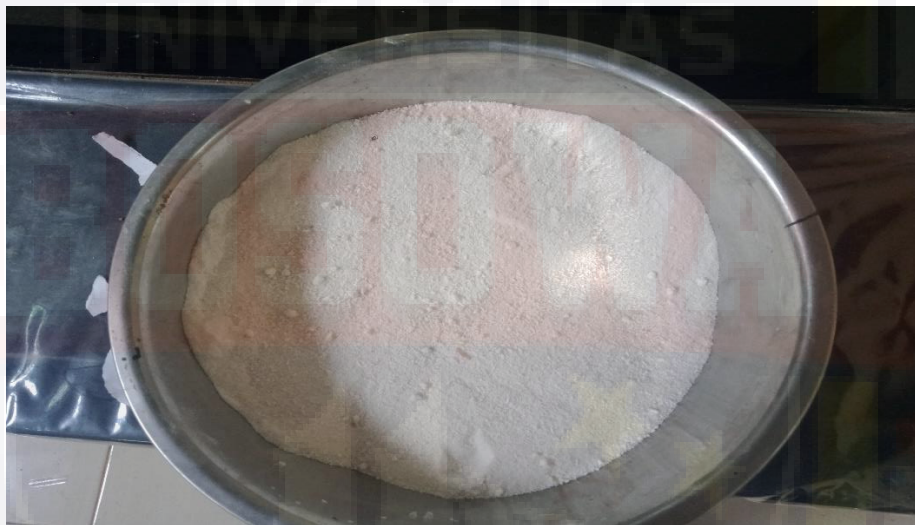
### **Reaksi Fosfat Pada Tanah**

Berbagai bahan kimia dapat menyebabkan flokulasi atau disperse partikel- partikel tanah. Bahan kimia yang menyebabkan flokulasi berupa kation seperti ammonium halide. Bahan kimia yang menyebabkan disperse berupa anion yang memperlemah ikatan tanah seperti natrium hidroksida, natrium alkyl (aryl) sulfat atau suphonates. Penambahan bahan kimia tersebut akan mempengaruhi berat jenis. maksimum tanah. Penambahan asam fosfat atau senyawa fosfat lainnya ke dalam tanah mampu meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah terhadap air. Jika asam fosfat ditambahkan kedalam mineral tanah akan terjadi reaksi antara asam fosfat dengan kation yang ada di dalam tanah yang menghasilkan senyawa alumunium atau senyawa besi terutama senyawa alumunium atau senyawa besi terutama senyawa alumunium metafosfat. Pada tanah lempung, pori-pori tanah bisa dikeluarkan dengan memberikan dispersing agent. Asam fosfat berfungsi sebagai “dispersing agent” yang melepaskan ion



aluminium yang ada pada molekul tanah dengan menghancurkan struktur mineral tanah. Kation aluminium tersebut kemudian bereaksi struktur mineral tanah. Kation aluminium tersebut kemudian bereaksi dengan asam fosfat membentuk gel aluminium metafosfat dan berfungsi sebagai “coagulator” yang akan membekukan tanah. Aluminium metafosfat yang terbentuk tersebut mengikat struktur mineral yang ada didalam tanah hingga menjadi suatu lapisan yang keras dan tidak dapat larut di dalam air. Dengan demikian stabilisasi tanah (perbaikan karakteristik tanah) bisa dicapai. Tingkat yang terjadi bergantung pada konsentrasi senyawa yang terlibat dalam reaksi. Didalam tanah, kation untuk reaksi tersebut diperoleh dari struktur mineral lempung, ion aluminium yang mudah bereaksi (“exchangeable cations”) dan Aluminium oksida yang berada dalam keadaan bebas. Kation tanah juga bisa ditambahkan dengan pemberian bahan tambahan berupa garam-garam kalsium, aluminium, magnesium atau besi. Pemberian bahan aditif tambahan berupa garam-garam tersebut bertujuan untuk mengantisipasi kurangnya jumlah kation yang ada di dalam tanah sehingga tidak semua asam fosfat yang ditambahkan kedalam tanah akan bereaksi. Kelebihan jumlah asam fosfat didalam tanah akan menyebabkan penurunan kekuatan tanah itu sendiri. Hal ini disebabkan karena asam fosfat yang tidak bereaksi akan “melumasi” partikel-partikel tanah. Jumlah asam fosfat yang optimum dan peningkatan kekuatan yang maksimum dari tanah yang distabilisasi tergantung pada jumlah dari ukuran butiran yang ada pada tanah. Semakin tinggi kandungan tanah lempung yang ada pada

tanah, semakin besar prosentase optimum asam fosfat yang dibutuhkan dan semakin rendah kekuatan yang terjadi. Penurunan kekuatan maksimum tersebut disebabkan oleh sedikitnya fraksi butiran kasar yang ada pada tanah yang memberikan kontribusi gesekan internal untuk melawan “pelumasan” asam fosfat yang tidak beraksi, karena pembentukan gel didalam tanah harus terjadi didalam larutan, maka curing dari spesi tanah sangat penting. Peningkatan kekuatan tanah sangat dipengaruhi oleh jumlah asam fosfat yang ditambahkan pada curing.



**Gambar 2.8.** Fosfat

## **2.6. Stabilisasi Tanah**

Apabila suatu tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila ia mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, mempunyai permeabilitas yang terlalu tinggi, atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu pekerjaan pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan (**Bowles, 1986**).

Proses stabilisasi tanah meliputi pencampuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambahan buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik. Guna mengubah sifat-sifat teknis dari tanah, seperti: daya dukung, kompresibilitas, permeabilitas, workability, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air, maka dapat dilakukan dengan cara penanganan dari yang paling mudah, seperti pemadatan sampai teknik yang lebih mahal, seperti: mencampur tanah dengan renolith, semen, kapur, abu terbang (fly ash), injeksi semen (grouting) dan lain-lain (**Maulana & Hamdhan, 2016**).

(**Bowles, 1986**) Stabilisasi dapat terdiri dari tindakan-tindakan berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan geser yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah.
5. Mengganti tanah yang buruk.

(**Bowles, 1986**) Usaha stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan salah satu cara atau kombinasi dari pekerjaan pekerjaan berikut :

1. Mekanis adalah pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan,

ledakan tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan, dan sebagainya.

2. Bahan pencampur (*addtiver*) adalah penambahan bahan lain pada tanah. Bahan *additive* yang digunakan dapat berupa bahan kimiawi, seperti semen, abu batubara, aspal, sodium, kalsium klorida, atau limbah pabrik kertas dan lain-lain sedangkan bahan nonkimia yang biasa digunakan antara lain gamping atau kerikil.

## 2.7. Penelitian Terdahulu

1. Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang Dan Arang Tempurung Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif : oleh Brigita Aranza Tulung, Alva N. Sarajar, Joseph E. R. Sumampouw, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi, TEKNO-Volume 19 Nomor 77- April 2021.

Dari hasil pengujian di laboratorium dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pemeriksaan Indeks Plastisitas Tanah, sampel tanah memiliki  $IP = 30,37\%$  dan memenuhi syarat untuk tanah lempung ekspansif  $IP > 30$  dan berdasarkan klasifikasi tanah ASTM 2487 versi USCS, sampel tanah termasuk jenis CH (Clay-high plasticity) lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.
2. Pada pengujian kuat tekan bebas, untuk tanah asli didapatkan nilai  $qu$  sebesar  $1.3474 \text{ kg/cm}^2$ . Seiring dengan bertambahnya persentase bahan stabilisasi terlihat meningkatnya nilai tegangan runtuh

( $q_u$ ) pada setiap sampel dimana nilai  $q_u$  terbesar pada penelitian ini terdapat pada tanah campuran 6% belerang + 10% arang tempurung yaitu sebesar 2.7372 kg/cm<sup>2</sup>. Pada pengujian kuat tekan bebas, untuk tanah asli didapatkan nilai kohesi undrained ( $C_u$ ) sebesar 0.6737 kg/cm<sup>2</sup>. Seiring penambahan bahan stabilisasi pada tanah mengakibatkan kohesi undrained ( $C_u$ ) mengalami peningkatan. Nilai kohesi undrained ( $C_u$ ) terbaik pada penelitian ini didapat pada tanah campuran 6% belerang + 10% arang tempurung yaitu sebesar 1.3686 kg/cm<sup>2</sup>.

3. Hasil uji pemadatan tanah dengan menggunakan Standard Proctor pada tanah asli dan tanah campuran variasi bahan stabilisasi, berat isi kering mengalami peningkatan dengan nilai berat volume kering terbesar ada pada campuran variasi 6% belerang + 10% arang tempurung. Sedangkan untuk kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) tanah asli mengalami sedikit kenaikan saat ditambah bahan stabilisasi, kemudian seiring bertambahnya persentasi variasi bahan stabilisasi terjadi penurunan kadar air optimum.

4. Pada penelitian saya kali ini, kuat geser yang terbaik didapat pada variasi 6% belerang + 10% arang tempurung. Pengaruh penambahan variasi bahan stabilisasi ini didapatkan grafik hubungan berat volume kering dengan variasi campuran yang cenderung naik, juga grafik hubungan nilai tegangan runtuh ( $q_u$ ) dengan variasi campuran dan grafik hubungan nilai kohesi ( $C_u$ ) dengan variasi campuran

meningkat.

2. Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Kimia Asam Fosfat Sebagai Lapisan Fondasi Jalan : oleh Ibrahim, Arfan Hasan, Yuniar, Teknik Sipil, Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Vol. 8 No. 1 (2013): PILAR 08032012.

Dari hasil pengujian di laboratorium dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari pengujian tanah asli didapat nilai berat isi kering maksimum =  $1,477 \text{ gr/cm}^3$  ; Kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) = 22,85% ; LL = 70,42% ; PL = 31,02% ; SL = 16,06% ; IP = 39,49% , mengandung fraksi halus 90,16%, dengan Specific Gravity = 2,611. Menurut Unified Soil Classification System (USCS) tanah tersebut termasuk dalam kelompok OH, sedangkan menurut American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5.
2. Hasil uji batas konsistensi (Atterberg Limits) campuran tanah dengan penambahan additive dibandingkan tanah asli menunjukkan bahwa batas cair (LL) dan batas plastis (PL) mengalami penurunan, maka Indeks Plastisitasnya (IP) cenderung menurun. Penambahan additive pada tanah asli menyebabkan perubahan gradasi butirannya itu persentase fraksi halus berkurang dan fraksi kasar meningkat.

3. Penambahan additive untuk CBR perendaman (soaked) 4 hari (96 jam) pada tanah asli akan memperbaiki sifat mekanis tanah, yaitu menyelimuti butiran tanah dan bekerja efektif sehingga kekuatannya meningkat dan pengembangannya (swelling) menurun. Namun nilai CBR pada CBR perendaman (soaked) dan CBR tanpa perendaman (unsoaked) dengan penambahan additive cenderung meningkat, dan nilai CBR mencapai titik puncak peningkatan pada penambahan additive sebesar 7,5%, tetapi pada penambahan additive 10% dan 12,5% cenderung mengalami penurunan. Dari hasil pengujian dari penelitian di laboratorium, asam fosfat dapat dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah lempung dapat dilihat dari peningkatan nilai CBR.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Bagan Penelitian





### 3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Pemeriksaan, pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa. Adapun bahan-bahan untuk pembuatan benda uji adalah tanah lempung lunak, belerang, dan fosfat. Adapun waktu penelitian direncanakan selama 2 bulan.

### 3.3 Tahapan Penelitian

1. Kajian Pustaka
2. Persiapan alat dan bahan material.
  - a. Menyiapkan Material Bahan Uji  
Jenis tanah Lempung Lunak diambil dalam kondisi terganggu (disturbed ). Belerang dan Fosfat yang didapatkan di toko bahan kimia di kota Makassar, Sulawesi Selatan.
  - b. Penyiapan Alat  
Kegiatan Penyiapan alat dimaksudkan sebagai penunjang didalam penelitian untuk mendapatkan hasil-hasil dari sifat bahan, dan pengujian benda uji.
3. Pengujian Sampel
  - a. Kadar air sesuai dengan ASTM D 2216-(71)
  - b. Berat jenis tanah sesuai dengan SNI 03-1964-2008/ASTM D854-88(72)
  - c. Batas cair (*liquid limit, LL* ), sesuai dengan SNI 03-1967-1990
  - d. Batas Plastisis ( *plastisis limit, PL* ) dan indeks plastisitas ( *plasticity index, PI* ), sesuai dengan SNI 03-1966-2008

- e. Batas Susut sesuai dengan SNI 3422 2008
- f. Analisis saringan sesuai dengan SNI 03-1968-1990
- g. Analisis hydrometer sesuai dengan SNI 03-3423-1994
- h. Uji Kuat Geser (*Direct Shear Test*) sesuai dengan SNI 03-2813-1992
- i. Kuat Tekan (*Unconfined Compression Test*) sesuai dengan SNI 3638:2012

### 3.4 Jenis Pengujian Material

**Tabel 3.4.1** Pengujian karakteristik tanah

No	Jenis Pengujian	Referensi
1.	Kadar air	ASTM D 2216-(71)
2.	Berat Jenis tanah	SNI 03-1964-2008/ ASTM D854-88(72)
3.	Batas cair ( <i>liquid limit</i> , LL )	SNI 03-1967-1990
4.	Batas Plastis ( <i>plastic limit</i> , PL )	SNI 03-1966-1990
5	Batas Susut	SNI 3422 2008
5.	Indeks plastisitas ( <i>plasticity index</i> , PI )	SNI 03-1966-1990
6.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
7.	Analisis hydrometer	SNI 03-3423-1994

### 3.5 Variabel Penelitian

Sebagaimana judul penelitian ini adalah “Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang Dan Fosfat Terhadap Kuat Geser Dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak”. Maka variabel yang digunakan adalah

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi Belerang dan Fosfat.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat geser dan kuat tekan.

### 3.6 Notasi dan Jumlah Sampel

**Tabel 3.6.1** Variasi Benda Uji

NO	JENIS PERCOBAAN	MATERIAL DAN KOMPOSISI CAMPURAN	KODE SAMPEL	JUMLAH SAMPEL (BUAH)	TOTAL SAMPEL
1	Kuat Tekan (Unconfined Compression Test)	Tanah Lempung Lunak	KT	3	15
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 4% Fosfat	KT4	3	
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 6% Fosfat	KT6	3	
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 8% Fosfat	KT8	3	
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 10% Fosfat	KT10	3	
2	Kuat Geser	Tanah Lempung Lunak	KG	3	15
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 4% Fosfat	KG4	3	
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 6% Fosfat	KG6	3	
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 8% Fosfat	KG8	3	
		Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 10% Fosfat	KG10	3	

**Tabel 3.6.2** Notasi Sampel

No	Variasi	Tanah	Belerang	Fosfat	Notasi	Jumlah
1	Tanah Lempung Lunak	400 g	0	0	GS	
2	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 4% Fosfat	400 g	24 g	16 g	GS 4 A 4 B 4 C	1 1 1
3	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 6% Fosfat	400 g	24 g	24 g	GS 6 A 6 B 6 C	1 1 1
4	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 8% Fosfat	400 g	24 g	32 g	GS 8 A 8 B 8 C	1 1 1
5	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 10% Fosfat	400 g	24 g	40 g	GS 10 A 10 B 10 C	1 1 1
<b>Total Sampel</b>						

No	Variasi	Tanah	Belerang	Fosfat	Notasi	Jumlah
1	Tanah Lempung Lunak	800 g	0	0	TB	
2	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 4% Fosfat	800 g	48 g	32 g	TB 4 A 4 B 4 C	1 1 1
3	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 6% Fosfat	800 g	48 g	48 g	TB 6 A 6 B 6 C	1 1 1
4	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 8% Fosfat	800 g	48 g	64 g	TB 8 A 8 B 8 C	1 1 1
5	Tanah Lempung Lunak + 6% Belerang + 10% Fosfat	800 g	48 g	80 g	TB 10 A 10 B 10 C	1 1 1
<b>Total Sampel</b>						

### **3.7 Metode Analisis**

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

#### **a. Analisis Tanah Asli**

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 lempung lunak terhadap penggunaan lapisan tanah dasar.
3. Analisis hasil pemadatan ( Uji Proctor )
4. Analisis hasil pemadatan tanah asli dilakukan guna mengetahui nilai kadar air optimum terhadap peningkatan kepadatan tanah.

#### **b. Analisis Tanah yang distabilisasi**

1. Nilai Kuat tekan dan Kuat Geser terhadap variasi Belerang dan Fosfat
2. Nilai konsistensi terhadap variasi Belerang dan Fosfat

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakteristik Dasar Tanah Asli

##### Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisis Tanah Tanpa Bahan Tambah

**Tabel 4.1** Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah tanpa bahan stabilisasi

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	41,54	%
2	Pengujian berat jenis	2,646	
3	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	60,47	%
	2. Batas Plastis	30,21	%
	3. Batas Susut	15,19	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	30,26	%
	5. Activity	1,29	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100,00	%
	#10 (2,00 mm)	99,96	%
	#20 (0,85 mm)	99,90	%
	#40 (0,43 mm)	99,82	%
	#60 (0,25 mm)	97,95	%
	#80 (0,180 mm)	96,77	%
	#100 (0,15 mm)	95,39	%
	#200 (0,075 mm)	84,21	%
5	Pasir	14,57	%
	Lanau	56,89	%
	Lempung	28,54	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	20,02	%
	$\gamma$ dry	1,51	gr/cm <sup>3</sup>

Sumber: Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021

## 4.2. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Tambah

### 4.2.1. Berat Jenis (Gs)

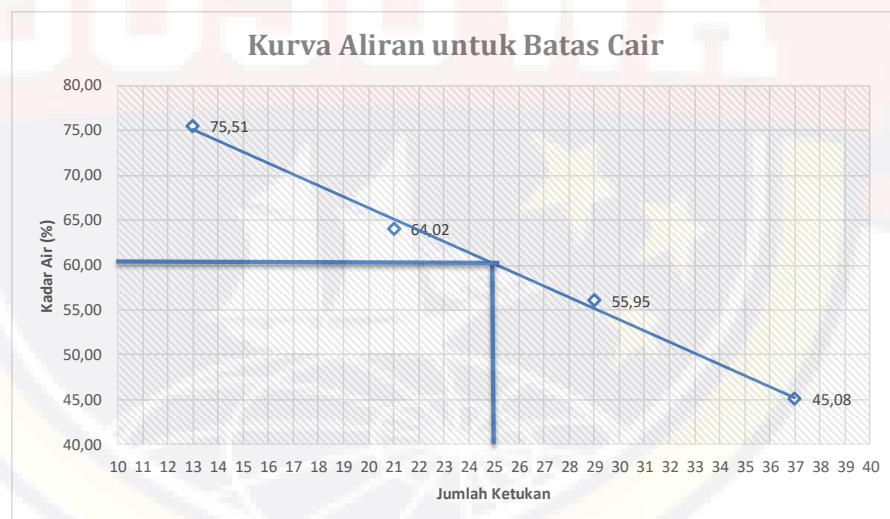
Dari hasil pemeriksaan berat jenis spesifik diperoleh nilai berat jenis 2,646. Dari nilai berat jenis tersebut, tanah tersebut masuk kategori **lempung organik** yang mempunyai nilai berat jenis antara 2,58 – 2,65.

### 4.2.2. Pengujian Batas-batas Konsistensi

#### a. Batas Batas Atterberg

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

Dari gambar 4.1 diperoleh hasil hubungan jumlah ketukan dengan kadar air didapatkan nilai batas cair (LL) = 60,47 %



**Gambar 4.1** Kurva Aliran untuk Penentuan Batas Cair

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

Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh nilai batas plastis (PL) = 30,21 %

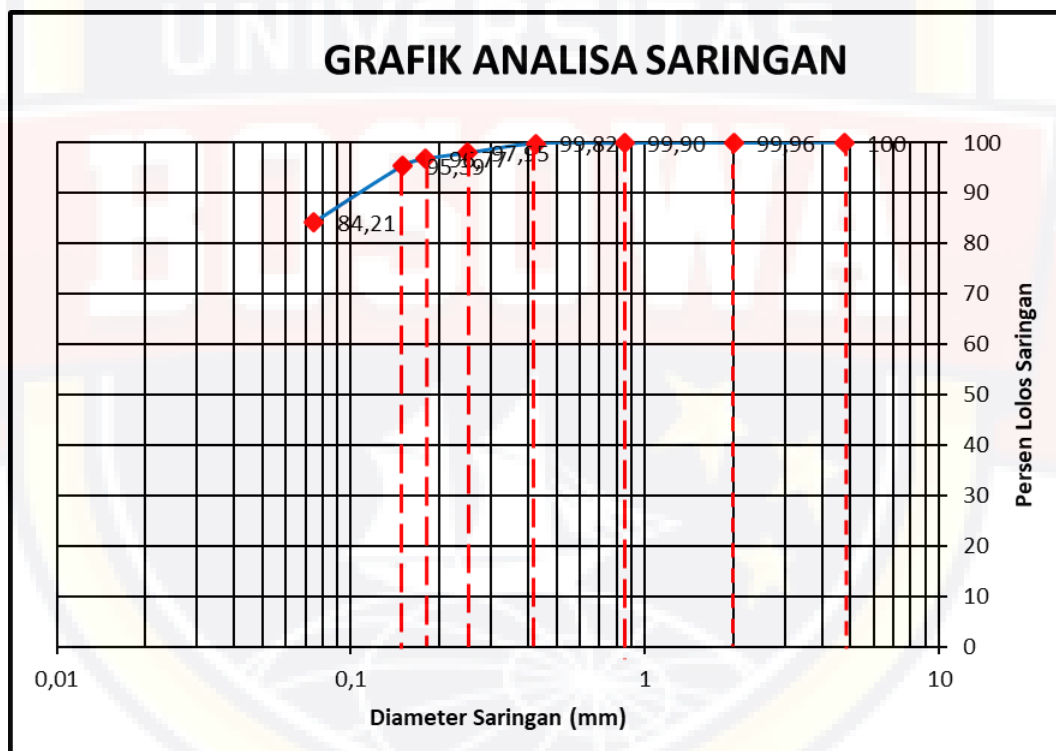
3) Indeks Plastisitas (Indeks Plasticity,IP)

Berdasarkan rumus  $PI = LL - PL$  diperoleh nilai indeks platisitas (PI) = 30,26% .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 = 15,19 % .

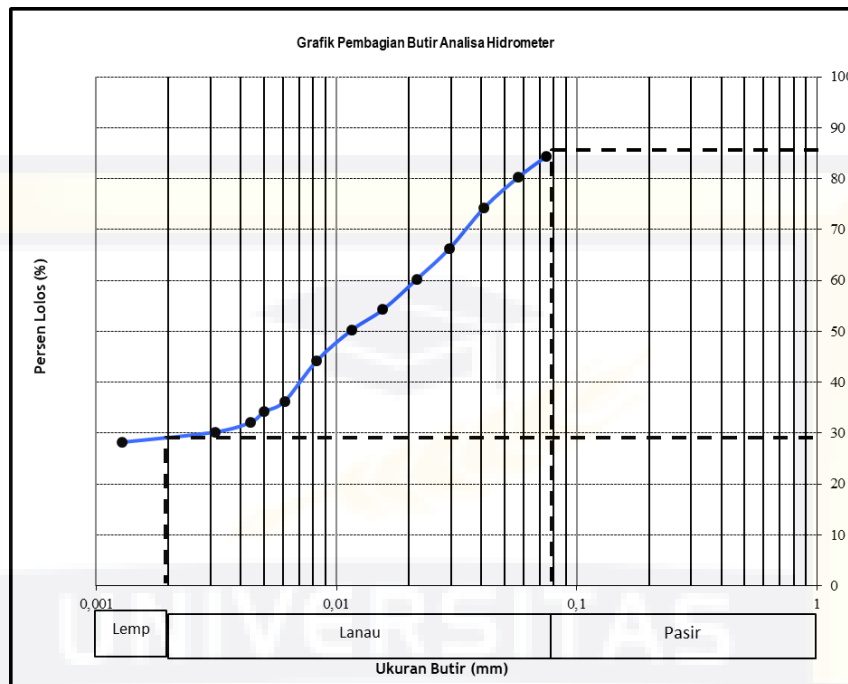
**b. Analisa Gradasi Butiran**



**Gambar 4.2** Grafik Analisa Saringan

Dari gambar 4.2 di atas, hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa saringan basah diperoleh hasil dari tanah tersebut 84,21% lolos saringan No.200. Sehingga didapat fraksi pasir sebesar 14,57 %.





**Gambar 4.3** Grafik Pembagian Butir Analisa Hidrometer

Dari gambar 4.3 hasil pengujian hidrometer berdasarkan kurva lengkungnya diperoleh hasil sebahagian besar ukuran butir tanah adalah fraksi lanau yaitu sebanyak 56,89%, fraksi lempung sebesar 28,54%, sedangkan fraksi pasir yaitu sebanyak 14,57%.

Peninjauan klasifikasi tanah yang mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 0,002 mm, tidak berdasarkan secara langsung pada gradasinya, sehingga penentuan klasifikasinya lebih didasarkan pada batas atterbergnya.

Sebagian Tanah Lempung hanya memiliki sekitar 15% sampai 50% Kadar Lempung (Laurence D. Wesley)

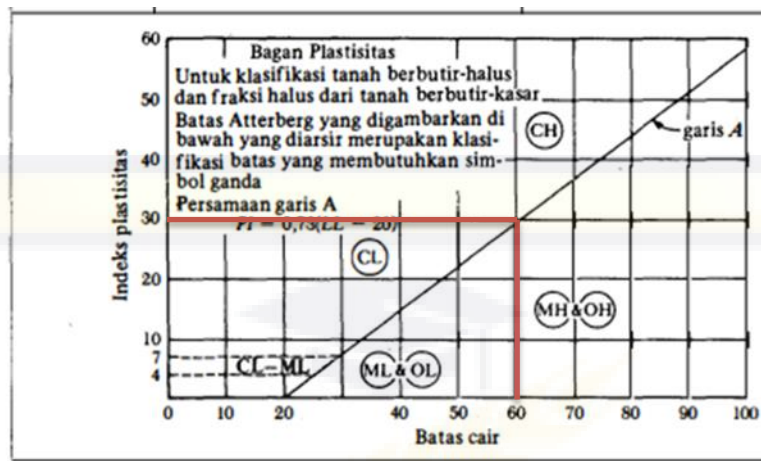
### **4.3. Klasifikasi Tanah Asli**

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

Berdasarkan system klasifikasi AASHTO diperoleh data presentasi lolos saringan No. 200 sebesar 84,21 % dan nilai Batas Cair (LL) sebesar 60,47 % maka sampel tanah memenuhi persyaratan minimal lolos saringan No. 200 sebesar 35 %, memiliki Batas Cair (LL)  $\geq 41\%$  dan Indeks Plastisitas  $> 11$  %, sehingga tanah sampel dapat diklasifikasikan dalam jenis tanah A-7-5.

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

Menurut system klasifikasi USCS, di peroleh data persentasi tanah lolos saringan No. 200 sebesar 84,21 % , memiliki nilai Batas Cair sebesar 60,47 % dan Indeks Plastisitas sebesar 30,26 % sehingga dilakukan plot grafik penentuan klasifikasi tanah yang di tunjukkan pada Gambar 4.4. Dari hasil plot diperoleh tanah termasuk dalam kategori CH yaitu Lempung Anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)



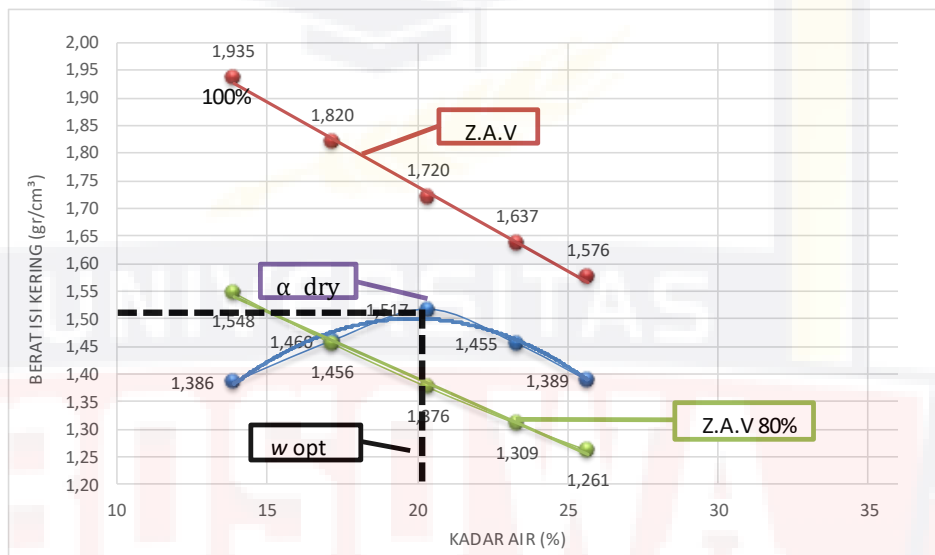
**Gambar 4.4** Plot grafik klasifikasi USCS

Keterangan :

- CL = Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir lempung berlanau, lempung “kurus” (*lean clays*).
- ML = Lanau anorganik pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung.
- OL = Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.
- CH = Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*fat clays*).
- MH = Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis.
- OH = Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.

#### 4.4 Pengujian Kompaksi ( Pemadatan)

Dari pengujian pemadatan Standar ( Proctor test ) diperoleh  $w_{opt}$  = 20,02 % dan  $\gamma_{maks}$  = 1,51 gr/cm<sup>3</sup>. Dapat dilihat dari gambar 4.5 pengujian kompaksi berikut:



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Kompaksi

## 4.5 Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

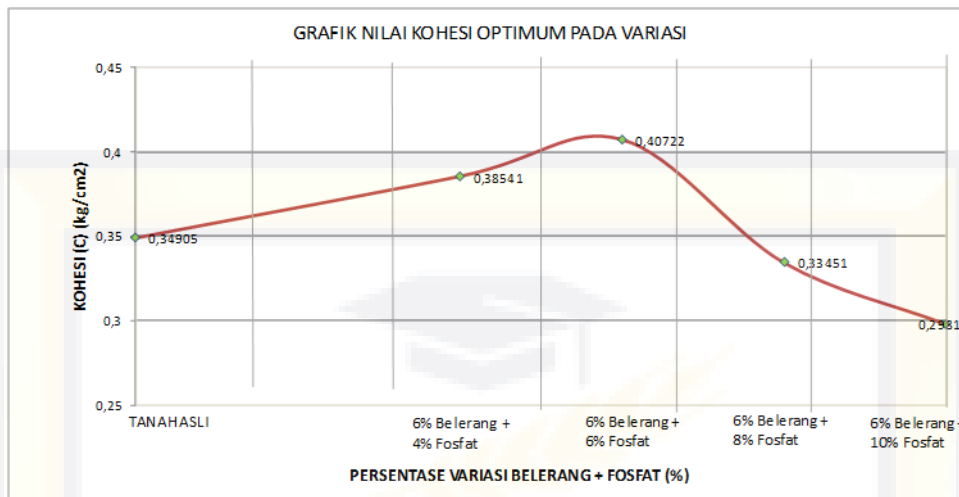
### 4.5.1 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung

Hasil pengujian kuat geser variasi tanah lempung lunak + Belerang 6% (konstan) + Fosfat 4%, 6%, 8%, dan 10% dapat dilihat pada tabel 4.2

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Kuat Geser

Sampel	koheesi (c)	Sudut geser dalam ( $\phi$ )	Kuat geser ( $\tau$ )
Tanah Asli	0,34905	15,73	0,2816
Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 4% Fosfat	0,38541	22,90	0,4224
Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 6% Fosfat	0,40722	24,59	0,4576
Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 8% Fosfat	0,33451	21,17	0,3872
Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 10% Fosfat	0,29815	15,73	0,2816

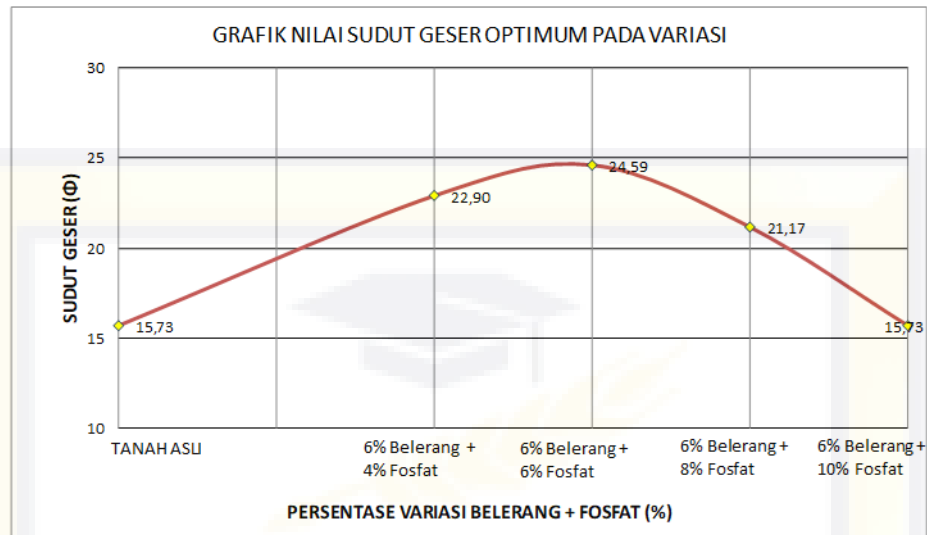
Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa 2021

**Gambar 4.6** Grafik hubungan kohesi dengan variasi Belerang + Fosfat

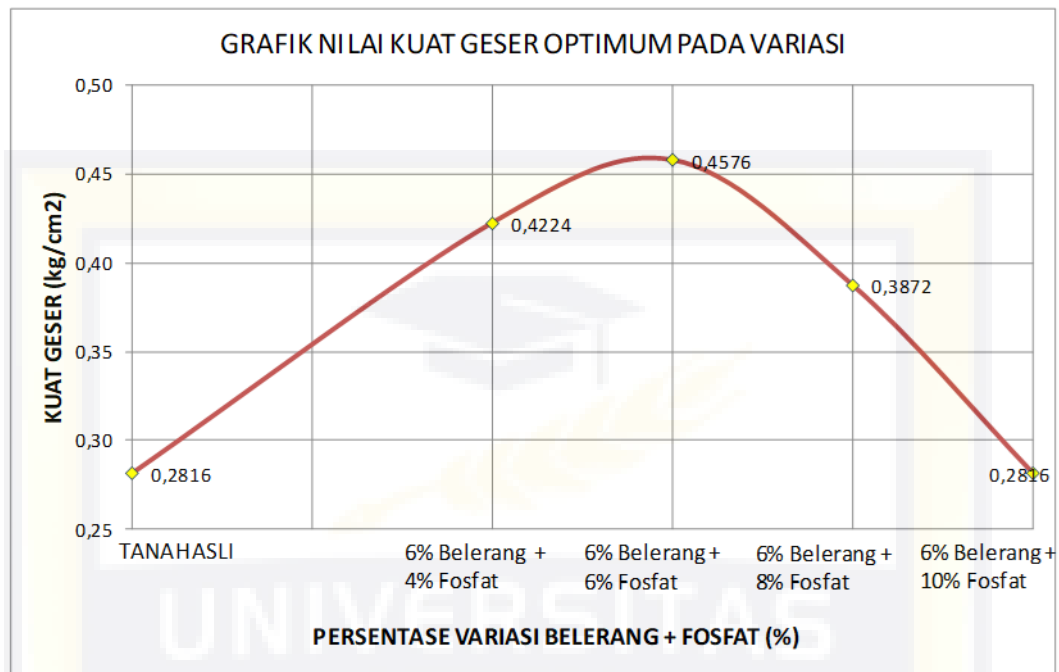
Pada gambar grafik 4.6 dapat dilihat bahwa hubungan nilai kohesi pada tanah asli dan pada variasi campuran 6% belerang + 4% fosfat mengalami peningkatan, namun pada variasi campuran 6% belerang + 8% fosfat dan variasi campuran 6% belerang + 10% fosfat terjadi penurunan, sehingga nilai kohesi optimum tertapat pada variasi campuran 6% belerang + 6% fosfat.



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021

**Gambar 4.7** Grafik hubungan sudut geser dengan variasi Belerang + Fosfat

Pada gambar grafik 4.7 dapat dilihat bahwa hubungan sudut geser pada tanah asli dan pada variasi campuran 6% belerang + 4% fosfat mengalami peningkatan, namun pada variasi campuran 6% belerang + 8% fosfat dan variasi campuran 6% belerang + 10% fosfat terjadi penurunan, sehingga nilai kohesi optimum tertapat pada variasi campuran 6% belerang + 6% fosfat.



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2021

**Gambar 4.8** Grafik hubungan kuat geser dengan variasi Belerang + Fosfat

Pada gambar grafik 4.8 dapat dilihat bahwa hubungan kuat geser pada tanah asli dan pada variasi campuran 6% belerang + 4% fosfat mengalami peningkatan, namun pada variasi campuran 6% belerang + 8% fosfat dan variasi campuran 6% belerang + 10% fosfat terjadi penurunan, sehingga nilai kohesi optimum tertapat pada variasi campuran 6% belerang + 6% fosfat.

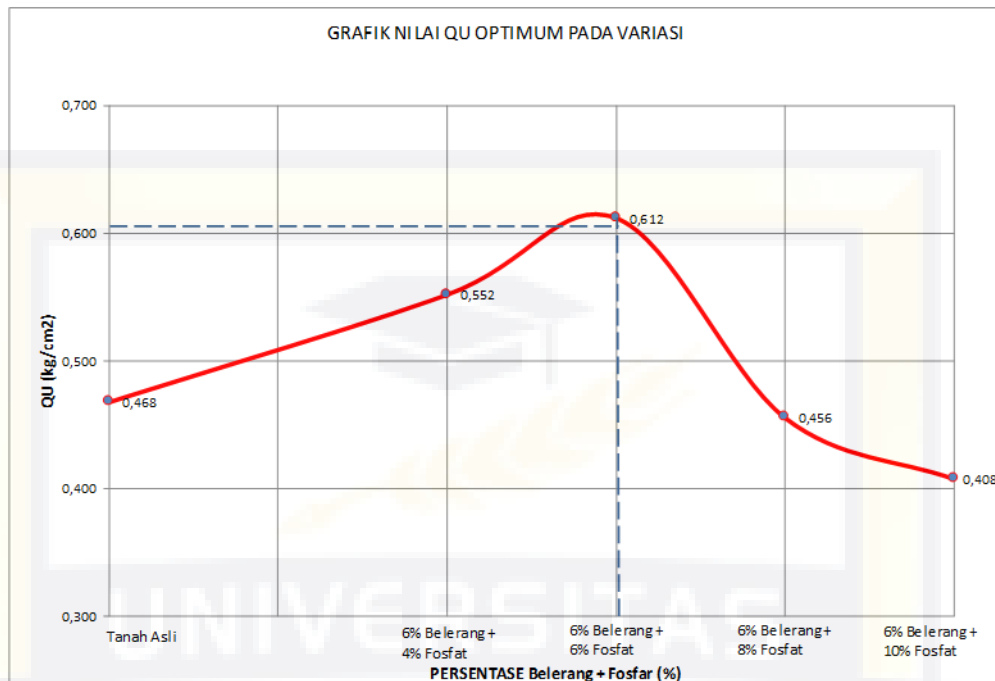


#### 4.5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas ( *Unconfined Compression Test* )

Hasil pengujian kuat tekan bebas tanah lempung lunak dan variasi tanah lempung lunak + Belerang 6% (konstan) + Fosfat 4%, 6%, 8%, dan 10% dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Komposisi Campuran	qu rata – rata (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanah Asli	0.468
Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat	0.552
Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat	0.612
Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat	0.456
Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat	0.408

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2021



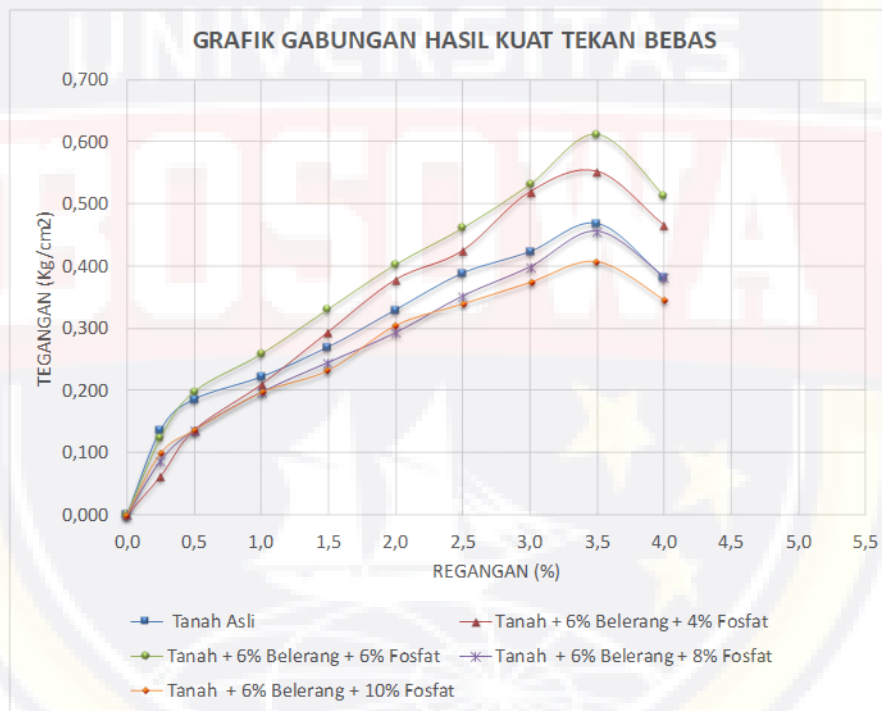
**Gambar 4.9** Nilai qu rata-rata Optimum pada Variasi

Pada gambar grafik 4.9 dapat dilihat bahwa hubungan nilai qu rata-rata pada tanah asli dan variasi campuran 6% belerang + 4% fosfat mengalami peningkatan, namun pada variasi campuran 6% belerang + 8% fosfat dan variasi campuran 6% belerang + 10% fosfat terjadi penurunan, sehingga nilai qu optimum terdapat pada tanah campuran 6% belerang + 6% fosfat.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

Regangan Aksial	Tanah Asli	Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat	Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat	Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat	Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,136	0,062	0,124	0,087	0,099
0,5	0,186	0,136	0,198	0,136	0,136
1,0	0,222	0,209	0,258	0,197	0,197
1,5	0,269	0,294	0,331	0,245	0,233
2,0	0,329	0,378	0,402	0,292	0,305
2,5	0,388	0,424	0,461	0,352	0,339
3,0	0,422	0,519	0,531	0,398	0,374
3,5	0,468	0,552	0,612	0,456	0,408
4,0	0,382	0,465	0,513	0,382	0,346

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2021



**Gambar 4.10** Gabungan Hasil Kuat Tekan Bebas

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.10, gabungan hasil kuat tekan bebas dapat dilihat bahwa:

1. Pada tanah asli, peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.5 sebesar 0.468 kg/cm<sup>2</sup>, namun mengalami penurunan tegangan pada regangan 4.0 yaitu sebesar 0.382 kg/cm<sup>2</sup>.
2. Pada Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 4% Fosfat terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.5 yaitu sebesar 0.552 kg/cm<sup>2</sup>, namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 4.0 yaitu sebesar 0.465 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Pada Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 6% Fosfat terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.5 yaitu sebesar 0.612 kg/cm<sup>2</sup>, namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 4.0 yaitu sebesar 0.513 kg/cm<sup>2</sup>.
4. Pada Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 8% Fosfat terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.5 yaitu sebesar 0,456 kg/cm<sup>2</sup>, namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 4.0 yaitu sebesar 0.382 kg/cm<sup>2</sup>.
5. Pada Tanah lempung lunak + 6% Belerang + 10% Fosfat terjadi peningkatan tegangan pada regangan 0.0 – 3.5 yaitu sebesar 0.408 kg/cm<sup>2</sup>, namun mengalami penurunan tegangan pada regangan pada 4.0 yaitu sebesar 0.346 kg/cm<sup>2</sup>.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

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

1. Hasil Pengujian karakteristik tanah asli diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus dengan sifat plastisitas tinggi atau termasuk kelompok A-7-5 sesuai klasifikasi AASHTO atau tanah lempung sesuai plastisitas tinggi sesuai klasifikasi USCS.
2. Pada pengujian kuat geser terdapat nilai kohesi, sudut geser dan kuat geser, dimana persentase campuran mengalami peningkatan. Sehingga pada pengujian ini di dapat nilai optimum pada tanah campuran 6% Belerang dan 6% fosfat.
3. Pada pengujian kuat tekan bebas, nilai  $q_u$  persentase campuran mengalami peningkatan. Sehingga pada pengujian ini di dapat nilai  $q_u$  optimum pada tanah campuran 6% belerang dan 6% fosfat

## 5.2 SARAN

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu solusi untuk menangani masalah tanah lempung lunak pada saat dilakukan konstruksi atau pekerjaan di lapangan.
2. Diperlukan variasi tanah lain yang akan di uji dengan bahan stabilisasi
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan apabila ingin mengembangkan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

*Andriani, Yuliet.R & Leo., F.F. 2012. Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah. [Jurnal Rekayasa Sipil].vol.8 no.1.*

*Bowles, J.E., 1986. Analisa dan Desain Pondasi jilid 1, Jakarta :Erlangga.*

*Bowles, J.E.1993. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, Edisi Kedua, Jakarta : Erlangga*

*Casagrande A. 1948. Classification and Identification of Soils, Transactions, ASCE.*

*Chen, F.H. 1975. Foundation on Expansive Soils, New York : Elsevier Scientific Publishing Company.*

*Das, B.M. 1985. Principle of Geotechnical Engineering, PWS Publishing Company.*

*Das, B.M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Jakarta : Erlangga.*

*Das, B.M., Endah, N., & Mochtar, I.B. 1995. Mekanika Tanah (prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Jakarta : Erlangga.*

*Departemen Pekerjaan Umum, 2001. Panduan Geoteknik 1, Jakarta*

*Hardiyatmo., H.C. 2001. Prinsip-Prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian 1 (1<sup>st</sup> ed). Yogyakarta : Beta Offset.*

Hardiyatmo., H.C. 2002. *Mekanika Tanah II*, Yogyakarta : Gajah Mada University.

Husaini Usman. 2008. *Metodologi Penelitian Sosial*. Jakarta: Bumi Aksara

Ibrahim., Hasan, R., & Yuniar. 2013. *Stabilisasi Tanah Lempung dengan Bahan Kimia Asam Fosfat sebagai Lapisan Fondasi Jalan, Vol.1 (hlm. 1-9)*. Sriwijaya: Politeknik Negeri Sriwijaya

Panguriseng, D. 2018. *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*, Yogyakarta : Pena Indis dan Pustaka AQ.

Pranani, Dyah. 2008. *Pengaruh Paparan Uap Belerang Terhadap Kejadian Erosi*. *Jurnal Kedokteran*. Universitas Diponegoro. Semarang.

Septayani, A., & Owens, D.A. 2016. " *Pengaruh Penambahan Pasir Pada Tanah Lempung Terhadap Kuat Geser dan Stabilitas Tanah*".

<http://eprints.polsri.ac.id>. Diakses pada 26 Juli 2017 jam 09: 36.

Terzaghi, K. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*, Jakarta : Erlangga.

Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah (cetakan ke VI)*. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.



L

A

M

P

I

R

A

N





UNIVERSITAS

**BOSOWA**

**SIFAT FISIS**



## **Resume Pengujian Tanah Lempung**

Project : Penelitian Tugas Akhir  
Judul : "Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak"  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Univ. Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Dikerjakan oleh : ANDRI

### **Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli**

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	41,54	%
2	Pengujian berat jenis	2,646	
3	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	60,47	%
	2. Batas Plastis	30,21	%
	3. Batas Susut	15,19	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	30,26	%
	5. Activity	1,29	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100,00	%
	#10 (2,00 mm)	99,96	%
	#20 (0,85 mm)	99,90	%
	#40 (0,43 mm)	99,82	%
	#60 (0,25 mm)	97,95	%
	#80 (0,180 mm)	96,77	%
	#100 (0,15 mm)	95,39	%
	#200 (0,075 mm)	84,21	%
5	Pasir	14,57	%
	Lanau	56,89	%
	Lempung	28,54	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	20,02	%
	$\gamma$ dry	1,51	gr/cm <sup>3</sup>

Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisis tanah asli AASHTO mengklasifikasikan sampel tanah pada A-7 (tanah lempung) dan subkelompok A-7-5, sedangkan USCS mengklasifikasikan sampel tanah sebagai tanah berbutir halus dan termasuk kedalam kelompok CH.

Makassar, Agustus 2021

Asisten Laboratorium

Peneliti

Hasrullah, ST.

ANDRI

Kepala Laboratorium

Dr.Ir. H. Syahrul Sariman, MT.  
NIDN: 00 100359 03



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat tekan Tanah Lempung Lunak"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 29 Agustus 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

**TABEL KADAIR AIR**

No. Cawan	-	1	2
Berat Cawan, W1	gram	8,9	9,0
Berat Cawang + Tanah Basah, W2	gram	103,4	103,6
Berat Cawang + Tanah Kering, W3	gram	75,6	75,9
Berat Tanah Kering, $W_s=W3-W1$	gram	66,7	66,9
Berat Air, $W_w=W2-W3$	gram	27,8	27,7
Kadar Air, $w=(W_w/W_s)*100$	%	<b>41,68</b>	<b>41,41</b>
Rata-rata	%	<b>41,54</b>	

Diperiksa Oleh: \_\_\_\_\_ Makassar, Agustus 2021  
Diuji Oleh: \_\_\_\_\_

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

ANDRI  
Mahasiswa



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 31 Agustus 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

**PENGUJIAN BERAT JENIS**  
(SNI 1964:2008)

Sampel	-	I	II
Berat Piknometer, (W1)	gram	36,7	37,5
Berat Piknometer + Air, (W2)	gram	83,0	86,6
Berat Piknometer + Air + Tanah, (W3)	gram	98,5	102,2
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)		2,63	2,66
Berat Jenis rata-rata		<b>2,646</b>	

**Tabel Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Berat Jenis**

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
KERIKIL	2.65 - 2.68
PASIR	2.65 - 2.68
<b>LEMPUNG ORGANIK</b>	<b>2.58 - 2.65</b>
LEMPUNG ANORGANIK	2.68 - 2.75
HUMUS	1,37
GAMPUT	1.25 - 1.8

Makassar, Agustus 2021  
Diperiksa Oleh: Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

ANDRI  
Mahasiswa



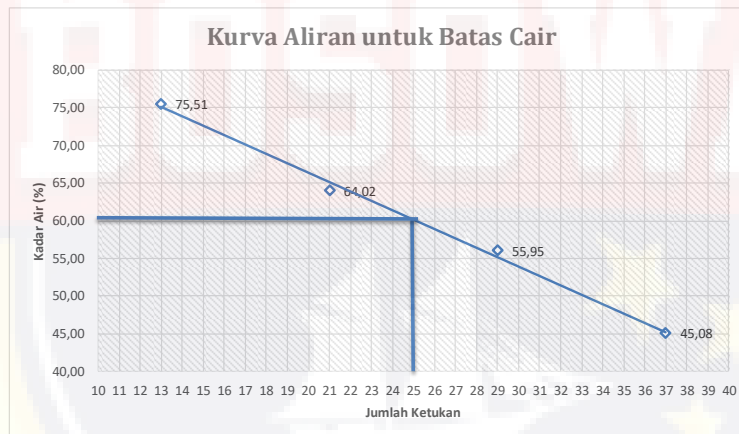
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 30 Agustus 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

**PENGUJIAN BATAS-BATAS ATTERBERG**  
**(SNI 1996:2008)**

No. Test	-	Batas Cair (LL)							
		10		23		31		40	
Jumlah Pukulan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
No. Cantainer	-								
Berat Tanah Basah + Container (W1)	gr	42,6	42,7	33,3	33,2	36,2	36,3	41,6	41,5
Berat Tanah Kering + Container (W2)	gr	27,5	29,0	22,7	24,9	26,3	26,8	30,9	31,9
Berat Container (W3)	gr	9,2	9,0	8,9	8,7	9,3	9,1	8,8	8,9
Berat Air (Ww=W1-W2)	gr	15,1	13,7	10,6	8,3	9,9	9,5	10,7	9,6
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	gr	18,3	20,0	13,8	16,2	17,0	17,7	22,1	23,0
Kadar Air, Ww/Wd x 100%	%	82,5	68,5	76,8	51,2	58,2	53,7	48,4	41,7
Rata-rata		75,51		64,02		55,95		45,08	



Batas Cair (LL) didapat pada pukulan 25  
Jadi, LL :  $-1,2582 \ln(25) + 91,921 = 60,47 \%$

Diperiksa Oleh:

Makassar, Agustus 2021  
Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

ANDRI  
Mahasiswa



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 30 Agustus 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

**PENGUJIAN BATAS-BATAS ATTERBERG (BATAS PLASTIS,PL)  
(SNI 1996:2008)**

No Test	-	1	2
No. Container	-	A1	A2
Berat Tanah Basah + Container (W1)	Gram	33,0	33,6
Berat Tanah Kering + Container (W2)	Gram	28,7	27,9
Berat Container (W3)	Gram	11,8	11,6
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	4,3	5,7
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	Gram	16,9	16,3
Kadar Air, (Ww/Wd x 100%)	%	25,44	34,97
Kadar Air Rata-rata	%	30,21	

$$\text{Indeks Plastisitas PI} = \text{LL} - \text{PL} \\ = 60,47 - 30,21 = 30,26 \%$$

$$\text{Activity, A} = \frac{\text{PI}}{\% \text{ Clay Sizes} - 5} \\ = \frac{30,26}{28,54 - 5} \\ = \frac{30,26}{23,54} \\ = 1,29$$

Sumber: Braja M Das Jilid 1 & 2

Diperiksa Oleh

Makassar, Agustus 2021  
Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

ANDRI  
Mahasiswa



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**Proyek**

Judul : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
: "Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : Tanah Asli  
Dikerjakan Oleh : 30 Agustus 2021  
: ANDRI

**PENGUJIAN BATAS SUSUT  
(SNI 3422:2008)**

No. Test	-	1	2
Berat Mould (W1)	Gram	10,5	10,4
Berat Mould + Tanah Basah (W2)	Gram	36,2	35,8
Berat Mould + Tanah Kering (W3)	Gram	26,5	26,3
Berat Air Raksa yang dipakai untuk mengisi mangkok shrinkage (W4)	Gram	229,3	229,1
Berat Air Raksa yang dipindahkan oleh tanah yang di test, (W5)	Gram	131,4	131,8
Berat Tanah Basah, $Ww=W2-W1$	Gram	25,7	21,2
Berat Tanah Kering, $Wd=W3-W1$	Gram	16	15,9
Berat Air, $Wa=W2-W3$	Gram	9,7	9,5
Berat Cawan Petri, (Wp)	Gram	40,4	40,4
Berat Jenis Air Raksa (r)	Gram	13,6	13,6
Volume tanah basah, $Vw=(W4-Wp)/r$	m <sup>3</sup>	13,89	13,88
Volume tanah kering, $Vd=(W5-Wp)/r$	m <sup>3</sup>	6,69	6,72
Kadar air = $Wa/Wd \times 100\%$	%	60,63	59,75
Batas susut : $SL = \text{Kadar air} - ((Vw - Vd) / Wd) \times 100\%$	%	15,63	14,75
SL rata-rata	%	15,19	

Diperiksa Oleh:

Makassar, Agustus 2021

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

ANDRI  
Mahasiswa





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

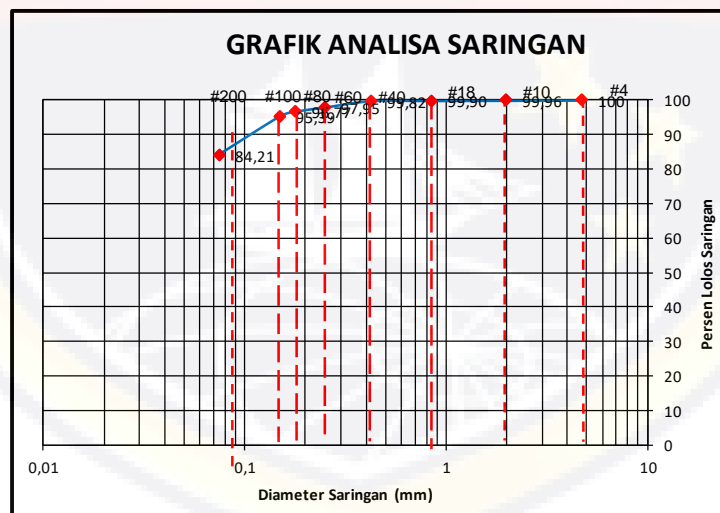
Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : " Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 02 September 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN  
(SNI 3423:2008)**

	Berat (gram)
Berat tanah kering oven	500,00
Berat tanah kering tertahan sar. 200 sesudah dicuci	137,2
Berat tanah lolos saringan 200 setelah dicuci	138,80

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4,75	0	0	0	100
10	2,00	0,2	0,2	0,04	99,96
18	0,85	0,3	0,5	0,10	99,90
40	0,43	0,4	0,9	0,18	99,82
60	0,25	9,37	10,27	2,05	97,95
80	0,18	5,9	16,17	3,23	96,77
100	0,15	6,9	23,07	4,61	95,39
200	0,075	55,9	78,97	15,79	84,21
Pan	-	-	-	-	-



Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Agustus 2021

Diuji Oleh:

ANDRI  
Mahasiswa



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 06 September 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

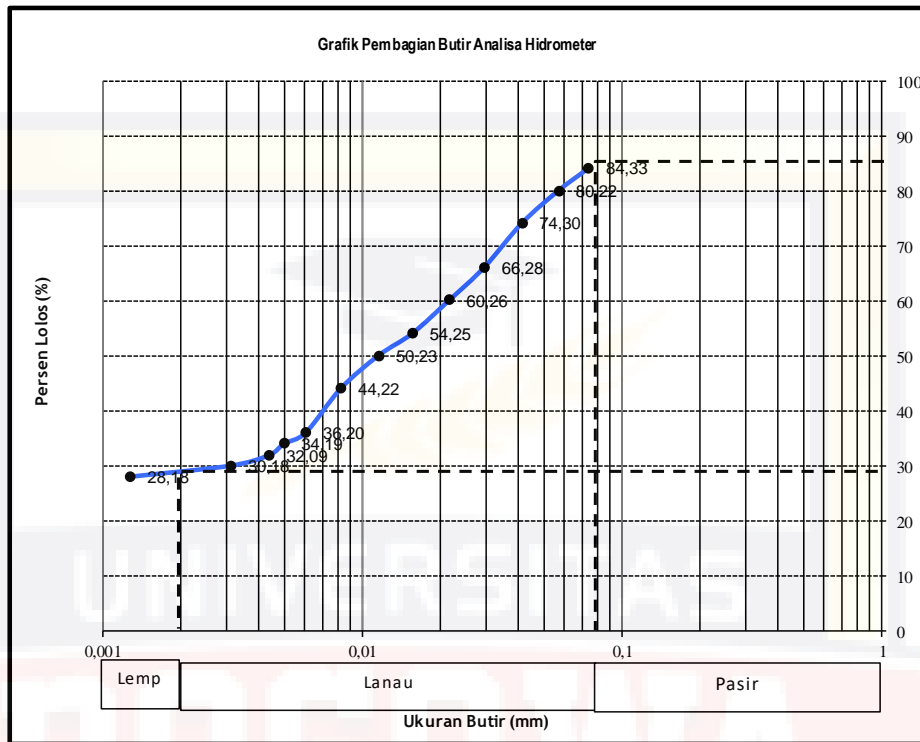
**PENGUJIAN ANALISIS HIDROMETER TANAH  
(SNI 3423:2008)**

Berat Jenis : 2,646 gram/cm<sup>3</sup>  
Zero Correction : 1  
Meniscus Correction : 1  
Gs Correction : 1,003  
{a = 1.65 Gs/[(Gs-1)xGs]} :  
Berat Tanah, Ws : 50 gram

Rcp = R + Temperatur Correction - Zero Correction

Rcl = R + Meniscus Correction

Waktu (menit)	T (°C)	R	Rcp	% Butiran Halus a.Rcp/Ws x 100 %	Rcl	L (cm)	K	D=K (L/t) <sup>0,5</sup>
0,25	29	40	42	84,33	43	8,9	0,01249	0,07452
0,5	29	37	40	80,22	36	10,4	0,01249	0,05696
1	29	35	37	74,30	33	10,9	0,01249	0,04124
2	29	31	33	66,28	31	11,2	0,01249	0,02956
4	29	28	30	60,26	26	12,0	0,01249	0,02163
8	29	25	27	54,25	23	12,5	0,01249	0,01561
15	29	23	25	50,23	21	12,9	0,01249	0,01158
30	29	20	22	44,22	19	13,2	0,01249	0,00828
60	29	16	18	36,20	13	14,2	0,01249	0,00608
90	29	15	17	34,19	11	14,5	0,01249	0,00501
120	29	14	16	32,09	9	14,8	0,01249	0,00439
240	29	13	15	30,18	8	15,0	0,01249	0,00312
1440	29	12	14	28,18	7	15,2	0,01249	0,00128



Makassar, Agustus 2021

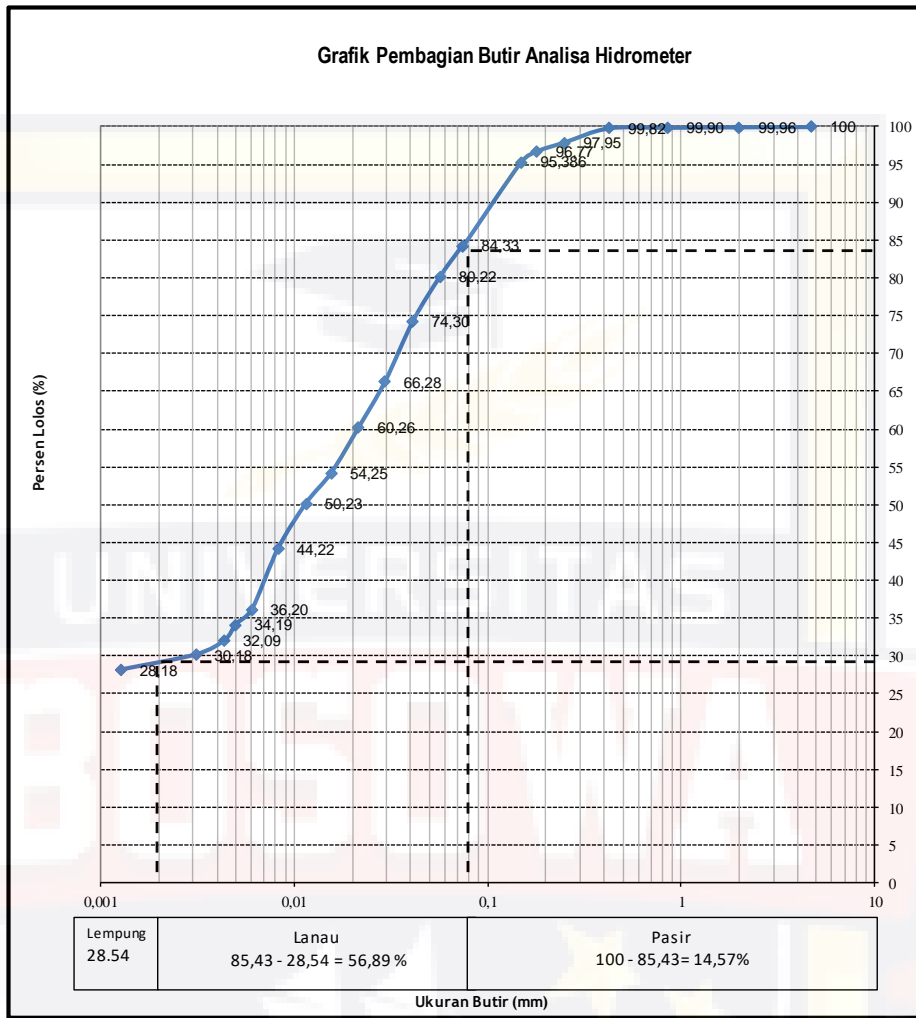
Diperiksa Oleh:

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

ANDRI  
Mahasiswa

**GRAFIK PEMBAGIAN BUTIR ANALISA HIDROMETER**





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
 Judul : Analisis Pengaruh Penambahan Campuran Belerang dan Fosfat Terhadap Kuat Geser dan Kuat Tekan Tanah Lempung Lunak  
 Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli  
 Tanggal : 4 September 2021  
 Dikerjakan Oleh : ANDRI

**PENGUJIAN KOMPAKSI TANAH ASLI  
(SNI 03-1742-1989)**

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	41,54	41,54	41,54	41,54	41,54
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500

**BERAT ISI BASAH**

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	3065	4035	3525	3692	3805
Berat Tanah Basah + Mould	gram	4555	5650	5248	5386	5453
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1490	1615	1723	1694	1648
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Volume Basah wwet = W wet/ V mould	gr/cm <sup>3</sup>	1,578	1,711	1,825	1,794	1,746

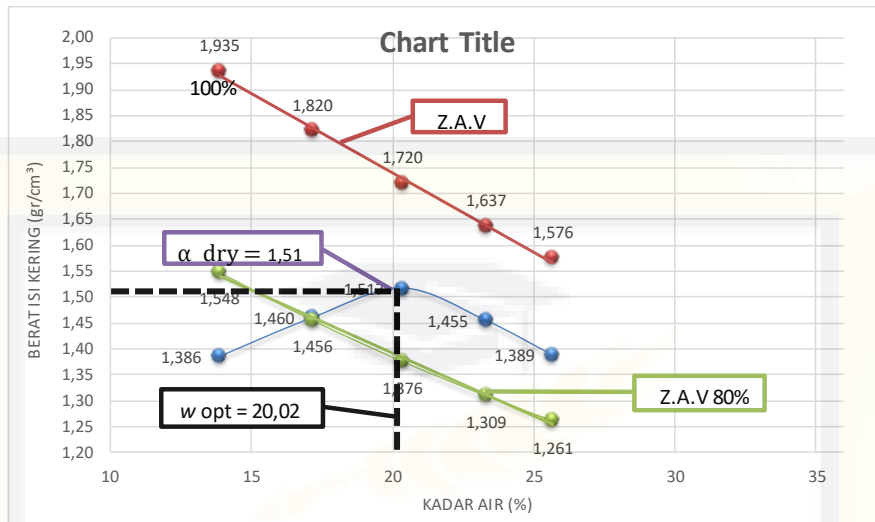
**KADAR AIR**

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	31,2	30	32,5	32,4	35,3	35,1	40,2	40	40,8	41,3
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	28,8	27,1	28,6	29,4	31,5	30,1	33,6	34,8	33,9	35,0
Berat Air (Ww)	gram	2,4	2,9	3,9	3,0	3,8	5	6,6	5,2	6,9	6,3
Berat Cawan	gram	8,8	8,7	8,8	8,9	9	9,1	8,8	8,8	8,7	8,7
Berat Tanah Kering	gram	20	18,4	19,8	20,5	23	21	24,8	26	25,2	26,3
Kadar Air (ω)	%	12	15,76	19,7	14,6	17	23,8	26,6	20,0	27,4	24,0
Kadar Air Rata-rata	%		13,880	17,166	20,349	23,306	25,668				

**BERAT ISI KERING**

Berat Tanah Basah, W wet	8	1490	1615	1723	1694	1648
Kadar Air Rata-rata	%	13,880	17,166	20,349	23,306	25,668
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Isi Kering $\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + \omega \cdot 100}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,386	1,460	1,517	1,455	1,389
Berat Isi Basah $\gamma_d ZAV_{100} = \frac{G_s}{1 + (\omega \times G_s)/100} \times 1$	gr/cm <sup>3</sup>	1,935	1,820	1,720	1,637	1,576
$\gamma_d ZAV_{80} = \frac{G_s}{1 + (\omega \times G_s)/100} \times 0,8$	gr/cm <sup>3</sup>	1,548	1,456	1,376	1,309	1,261

Berat Jenis (Gs) : **2,646**



Diperiksa Oleh:

Makassar, Agustus 2021  
Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

ANDRI  
Mahasiswa



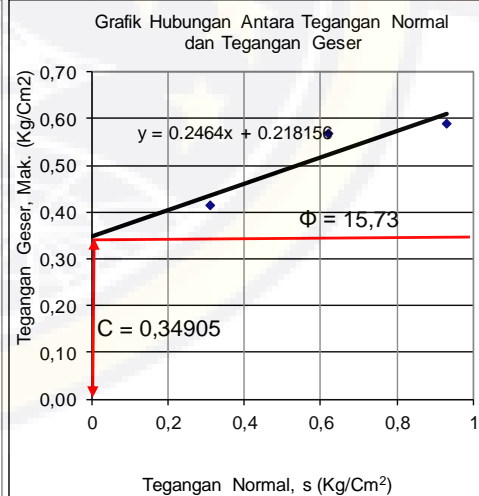
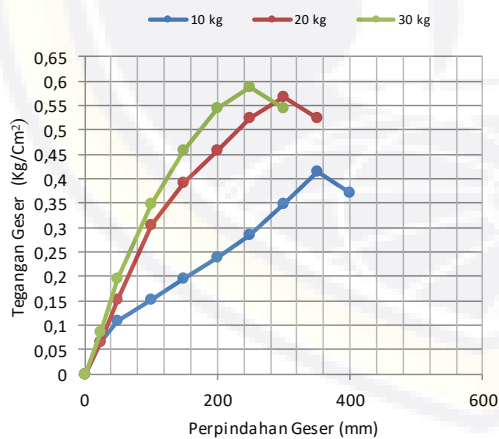
# SIFAT MEKANIS

### KUAT GESER LANGSUNG

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
 LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
 METODE PENGUJIAN : SNI 03-3420-1994/ASTM D 3080 - 90  
 NAMA : ANDRI  
 TANGGAL : 12 October 2021

Kedalaman Sampel : 0,2 m  
 Dimensi Sampel : 6,41 cm  
 Kalibrasi Proving Ring : 0,704 kg/div  
 Tinggi Sampel : 2 cm  
 Luas Sampel : 32,2705 cm<sup>2</sup>  
 Benda Uji : Tanah asli

Gaya Normal	P <sub>1</sub> = 10 kg			P <sub>2</sub> = 20 kg			P <sub>3</sub> = 30 kg			
Tegangan Normal	σ <sub>1</sub> = 0,30988 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>2</sub> = 0,61976 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>3</sub> = 0,92964 kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser (mm)	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	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000	
25	3	2,112	0,0654	3	2,112	0,0654	4	2,816	0,0873	
50	5	3,52	0,1091	7	4,928	0,1527	9	6,336	0,1963	
100	7	4,928	0,1527	14	9,856	0,3054	16	11,264	0,3490	
150	9	6,336	0,1963	18	12,672	0,3927	21	14,784	0,4581	
200	11	7,744	0,2400	21	14,784	0,4581	25	17,600	0,5454	
250	13	9,152	0,2836	24	16,896	0,5236	27	19,008	0,5890	
300	16	11,264	0,3490	26	18,304	0,5672	25	17,6	0,5454	
350	19	13,376	0,4145	24	16,896	0,5236				
400	17	11,968	0,3709							
450										
500										
550										
tegangan geser maksimum			0,4145				0,5672	0,5890		



Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
Mahasiswa

Hasrullah, ST

ANDRI

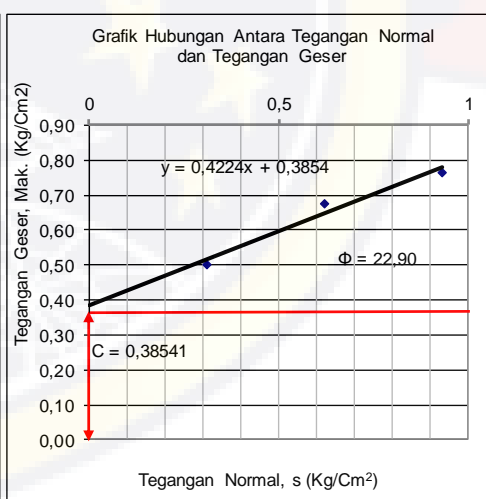
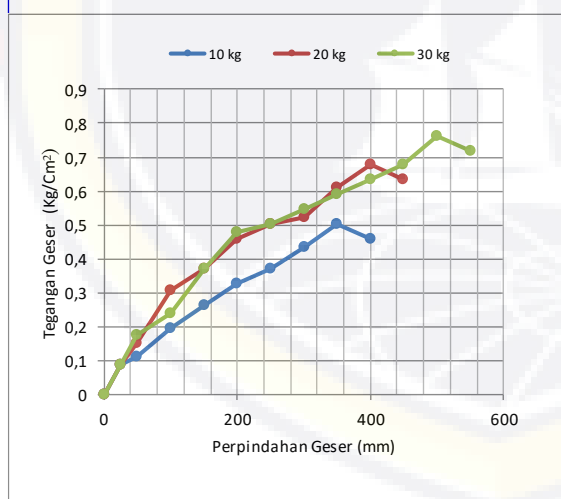


### KUAT GESER LANGSUNG

**PROYEK** : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
**LOKASI** : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
**METODE PENGUJIAN** : SNI 03-3420-1994/ASTM D 3080 - 90  
**NAMA** : ANDRI  
**TANGGAL** : 12 October 2021

**Kedalaman Sampel** : 0,2 m  
**Dimensi Sampel** : 6,41 cm  
**Kalibrasi Proving Ring** : 0,704 kg/div  
**Tinggi Sampel** : 1,9 cm  
**Luas Sampel** : 32,2705 cm<sup>2</sup>  
**Benda Uji** : Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat

Gaya Normal	P <sub>1</sub> = 10 kg	P <sub>2</sub> = 20 kg	P <sub>3</sub> = 30 kg						
Tegangan Normal	σ <sub>1</sub> = 0,30988 kg/cm <sup>2</sup>	σ <sub>2</sub> = 0,61976 kg/cm <sup>2</sup>	σ <sub>3</sub> = 0,92964 kg/cm <sup>2</sup>						
Perpindahan Geser (mm)	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	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000
25	4	2,816	0,0873	4	2,816	0,0873	4	2,816	0,0873
50	5	3,52	0,1091	7	4,928	0,1527	8	5,632	0,1745
100	9	6,336	0,1963	14	9,856	0,3054	11	7,744	0,2400
150	12	8,448	0,2618	17	11,968	0,3709	17	11,968	0,3709
200	15	10,56	0,3272	21	14,784	0,4581	22	15,488	0,4799
250	17	11,968	0,3709	23	16,192	0,5018	23	16,192	0,5018
300	20	14,080	0,4363	24	16,896	0,5236	25	17,6	0,5454
350	23	16,192	0,5018	28	19,712	0,6108	27	19,008	0,5890
400	21	14,784	0,4581	31	21,824	0,6763	29	20,416	0,6327
450				29	20,416	0,6327	31	21,824	0,6763
500							35	24,640	0,7635
550							33	23,232	0,7199
tegangan geser maksimum			0,5018				0,6763		



Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
Mahasiswa

Hasrullah, ST

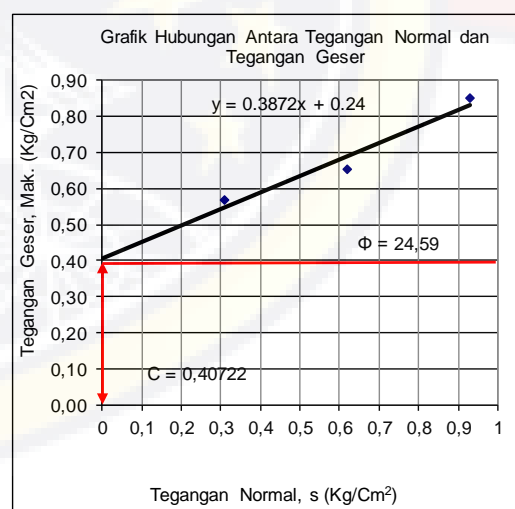
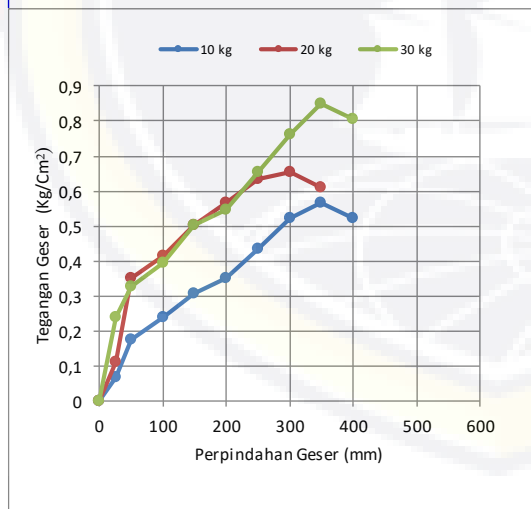
ANDRI

### KUAT GESER LANGSUNG

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
 LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
 METODE PENGUJIAN : SNI 03-3420-1994/ASTM D 3080 - 90  
 NAMA : ANDRI  
 TANGGAL : 12 October 2021

Kedalaman Sampel : 0,2 m  
 Dimensi Sampel : 6,41 cm  
 Kalibrasi Proving Ring : 0,704 kg/div  
 Tinggi Sampel : 2 cm  
 Luas Sampel : 32,2705 cm<sup>2</sup>  
 Benda Uji : Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat

Gaya Normal	P <sub>1</sub> = 10 kg	P <sub>2</sub> = 20 kg	P <sub>3</sub> = 30 kg						
Tegangan Normal	σ <sub>1</sub> = 0,30988 kg/cm <sup>2</sup>	σ <sub>2</sub> = 0,61976 kg/cm <sup>2</sup>	σ <sub>3</sub> = 0,92964 kg/cm <sup>2</sup>						
Perpindahan Geser (mm)	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	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000
25	3	2,112	0,0654	5	3,52	0,1091	11	7,744	0,2400
50	8	5,632	0,1745	16	11,264	0,3490	15	10,56	0,3272
100	11	7,744	0,2400	19	13,376	0,4145	18	12,672	0,3927
150	14	9,856	0,3054	23	16,192	0,5018	23	16,192	0,5018
200	16	11,264	0,3490	26	18,304	0,5672	25	17,600	0,5454
250	20	14,08	0,4363	29	20,416	0,6327	30	21,12	0,6545
300	24	16,896	0,5236	30	21,12	0,6545	35	24,64	0,7635
350	26	18,304	0,5672	28	19,712	0,6108	39	27,456	0,8508
400	24	16,896	0,5236				37	26,048	0,8072
450									
500									
550									
tegangan geser maksimum			0,5672			0,6545			0,8508



Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Hasrullah, ST

Di Uji Oleh :  
 Mahasiswa

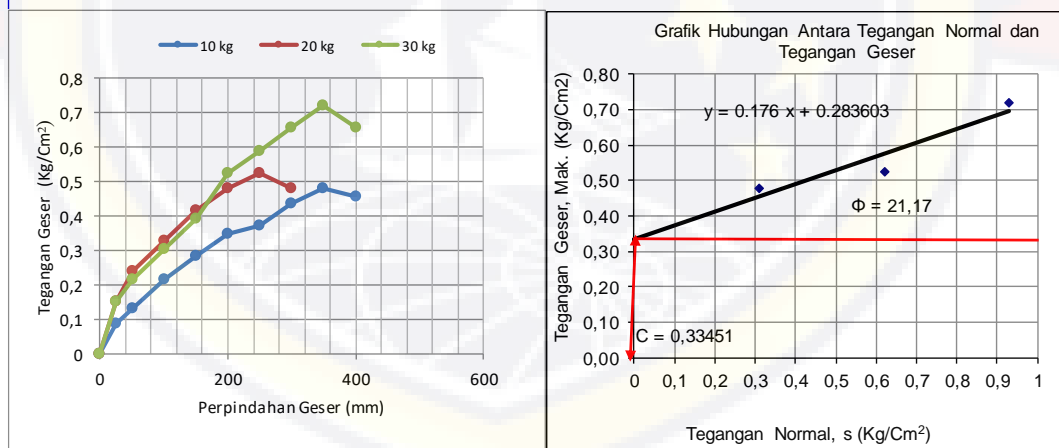
ANDRI

### KUAT GESER LANGSUNG

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
 LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
 METODE PENGUJIAN : SNI 03-3420-1994/ASTM D 3080 - 90  
 NAMA : ANDRI  
 TANGGAL : 12 OKTOBER 2021

Kedalaman Sampel : 0,2 m  
 Dimensi Sampel : 6,41 cm  
 Kalibrasi Proving Ring : 0,704 kg/div  
 Tinggi Sampel : 2 cm  
 Luas Sampel : 32,2705 cm<sup>2</sup>  
 Benda Uji : Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat

Gaya Normal	P <sub>1</sub> = 10 kg			P <sub>2</sub> = 20 kg			P <sub>3</sub> = 30 kg			
Tegangan Normal	σ <sub>1</sub> = 0,30988 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>2</sub> = 0,61976 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>3</sub> = 0,92964 kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser (mm)	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	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000	
25	4	2,816	0,0873	7	4,928	0,1527	7	4,928	0,1527	
50	6	4,224	0,1309	11	7,744	0,2400	10	7,04	0,2182	
100	10	7,04	0,2182	15	10,56	0,3272	14	9,856	0,3054	
150	13	9,152	0,2836	19	13,376	0,4145	18	12,672	0,3927	
200	16	11,264	0,3490	22	15,488	0,4799	24	16,896	0,5236	
250	17	11,968	0,3709	24	16,896	0,5236	27	19,008	0,5890	
300	20	14,080	0,4363	22	15,488	0,4799	30	21,12	0,6545	
350	22	15,488	0,4799				33	23,232	0,7199	
400	21	14,784	0,4581				30	21,12	0,6545	
450										
500										
tegangan geser maksimum			0,4799				0,5236	0,7199		



Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
Mahasiswa

Hasrullah, ST

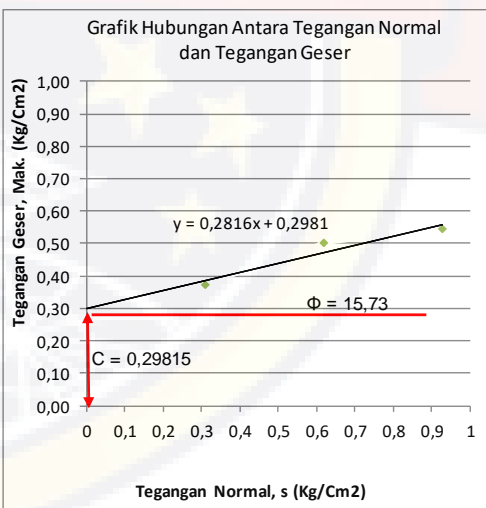
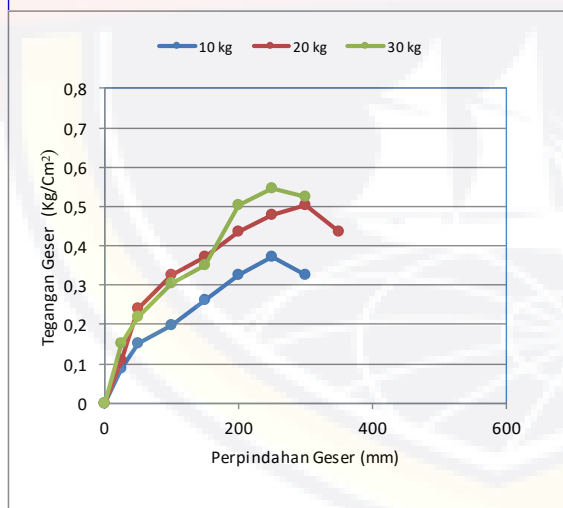
ANDRI

### KUAT GESER LANGSUNG

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR  
 LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA  
 METODE PENGUJIAN : SNI 03-3420-1994/ASTM D 3080 - 90  
 NAMA : ANDRI  
 TANGGAL : 12 October 2021

Kedalaman Sampel : 0 m  
 Dimensi Sampel : 6,41 cm  
 Kalibrasi Proving Ring : 0,704 kg/div  
 Tinggi Sampel : 2 cm  
 Luas Sampel : 32,2705 cm<sup>2</sup>  
 Benda Uji : Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat

Gaya Normal	P <sub>1</sub> = 10 kg			P <sub>2</sub> = 20 kg			P <sub>3</sub> = 30 kg			
Tegangan Normal	σ <sub>1</sub> = 0,30988 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>2</sub> = 0,61976 kg/cm <sup>2</sup>			σ <sub>3</sub> = 0,92964 kg/cm <sup>2</sup>			
Perpindahan Geser (mm)	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	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000	
25	4	2,816	0,0873	5	3,52	0,1091	7	4,928	0,1527	
50	7	4,928	0,1527	11	7,744	0,2400	10	7,04	0,2182	
100	9	6,336	0,1963	15	10,56	0,3272	14	9,856	0,3054	
150	12	8,448	0,2618	17	11,968	0,3709	16	11,264	0,3490	
200	15	10,56	0,3272	20	14,08	0,4363	23	16,192	0,5018	
250	17	11,968	0,3709	22	15,488	0,4799	25	17,6	0,5454	
300	15	10,560	0,3272	23	16,192	0,5018	24	16,896	0,5236	
350				20	14,08	0,4363				
400										
450										
500										
550										
tegangan geser maksimum			0,3709				0,5018			



Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Di Uji Oleh :  
Mahasiswa

Hasrullah, ST

ANDRI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**RESUME**

<b>PENGUJIAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG + BELERANG + FOSFAT</b>				
NO	PERSENTASE CAMPURAN	COHESI (C)	SUDUT GESER ( $\phi$ )	KUAT GESER
1	TANAH ASLI	0,34905	15,73	0,2816
2	TA + B 6% + F 4%	0,38541	22,90	0,4224
3	TA + B 6% + F 6%	0,40722	24,59	0,4576
4	TA + B 6% + F 8%	0,33451	21,17	0,3872
5	TA + B 6% + F 10%	0,29815	15,73	0,2816

Asisten Laboratorium

Peneliti

Hasrullah, ST.

ANDRI

Kepala Laboratorium

Dr.Ir. H. Syahrul Sariman, MT.

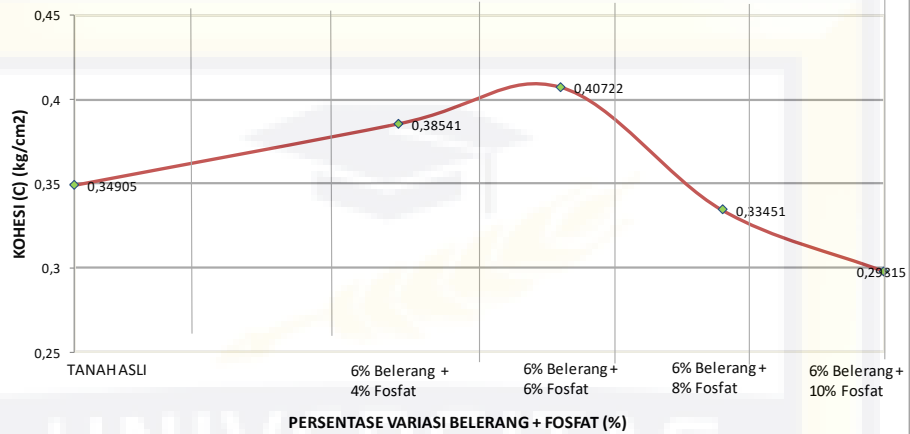
NIDN: 00 100359 03



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

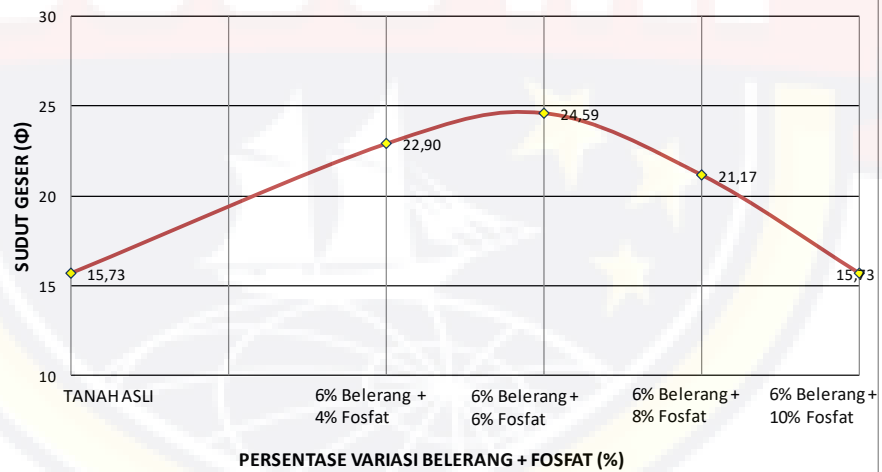
GRAFIK NILAI KOHESI OPTIMUM PADA VARIASI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

GRAFIK NILAI SUDUT GESER OPTIMUM PADA VARIASI

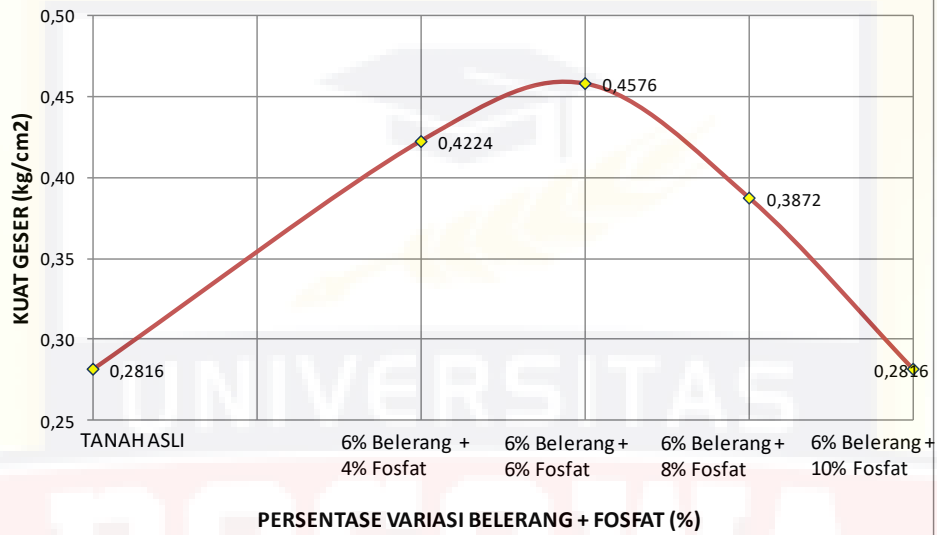




**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

GRAFIK NILAI KUAT GESER OPTIMUM PADA VARIASI



PERSENTASE VARIASI BELERANG + FOSFAT (%)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**RESUME**

**PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG LUNAK + BELERANG + FOSFAT**

No	Persentase Campuran	Nama Sampel	Berat Sampel (gr)		Berat Air (gram)		Kadar Air (%)		qu (kg/cm <sup>2</sup> )	qu Rata - Rata
			Basah	Kering	Sampel	Rata-rata	Sampel	Rata-rata		
1	TANAH ASLI	S1	324,20	243,90	80,300	80,700	32,923	32,873	0,504	0,468
		S2	334,10	252,20	81,900		32,474		0,432	
		S3	320,40	240,50	79,900		33,222		0,468	
2	Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat	S1	327,00	241,90	85,100	56,633	35,180	23,539	0,576	0,552
		S2	324,00	239,30	84,700		35,395		0,576	
		S3	239,30	239,20	0,100		0,042		0,504	
3	Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat	S1	324,00	243,00	81,000	80,967	33,333	33,353	0,576	0,612
		S2	322,50	241,10	81,400		33,762		0,612	
		S3	324,70	244,20	80,500		32,965		0,648	
4	Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat	S1	327,80	247,00	80,800	80,233	32,713	32,437	0,468	0,456
		S2	327,00	246,20	80,800		32,819		0,432	
		S3	328,00	248,90	79,100		31,780		0,468	
5	Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat	S1	275,90	228,80	47,100	47,333	20,586	20,873	0,396	0,408
		S2	273,00	227,40	45,600		20,053		0,432	
		S3	273,60	224,30	49,300		21,979		0,396	

Makassar, Oktober 2021

Asisten Laboratorium

Peneliti

Hasrullah, ST.

ANDRI  
Mahasiswa

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT.  
NIDN: 00 100359 03





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**TABEL NILAI QU DARI PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS**

Regangan Aksial	Tanah Asli	Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat	Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat	Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat	Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,136	0,062	0,124	0,087	0,099
0,5	0,186	0,136	0,198	0,136	0,136
1,0	0,222	0,209	0,258	0,197	0,197
1,5	0,269	0,294	0,331	0,245	0,233
2,0	0,329	0,378	0,402	0,292	0,305
2,5	0,388	0,424	0,461	0,352	0,339
3,0	0,422	0,519	0,531	0,398	0,374
3,5	0,468	0,552	0,612	0,456	0,408
4,0	0,382	0,465	0,513	0,382	0,346

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Hasrullah, ST.

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
 Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli  
 Tanggal : 15 Oktober 2021  
 Dikerjakan Oleh : ANDRI

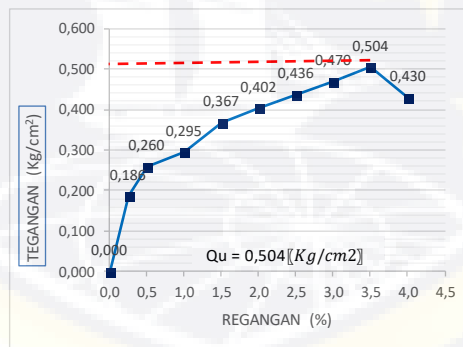
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
 SNI 3638-2012

Data 1 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	324,200 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	243,900 gr
Berat Air	=	80,300 gr
Kadar Air Contoh	=	32,923 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
Pembacaan Deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial e=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/ho) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	5,0	3,52	18,895	0,186
0,5	0,50	7,0	4,92	18,943	0,260
1,0	1,00	8,0	5,62	19,038	0,295
1,5	1,50	10,0	7,03	19,135	0,367
2,0	2,00	11,0	7,73	19,233	0,402
2,5	2,50	12,0	8,44	19,331	0,436
3,0	3,00	13,0	9,14	19,431	0,470
3,5	3,50	14,0	9,84	19,531	0,504
4,0	4,00	12,0	8,44	19,633	0,430

Qu = 0,504 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
 Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
 Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )

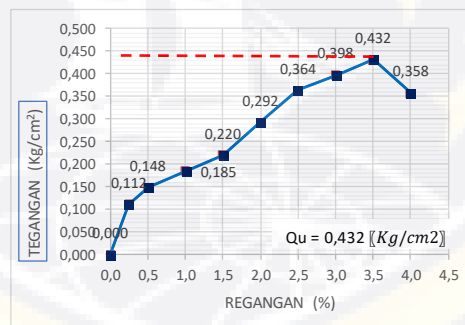
SNI 3638-2012

Data 2 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	334,100 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	252,200 gr
Berat Air	=	81,900 gr
Kadar Air Contoh	=	32,474 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,0	2,11	18,895	0,112
0,5	0,50	4,0	2,81	18,943	0,148
1,0	1,00	5,0	3,52	19,038	0,185
1,5	1,50	6,0	4,22	19,135	0,220
2,0	2,00	8,0	5,62	19,233	0,292
2,5	2,50	10,0	7,03	19,331	0,364
3,0	3,00	11,0	7,73	19,431	0,398
3,5	3,50	12,0	8,44	19,531	0,432
4,0	4,00	10,0	7,03	19,633	0,358

Qu = 0,432 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



kerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
kasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
mpel : Tanah Asli  
nggal : 15 Oktober 2021  
kerjaan Oleh : ANDRI

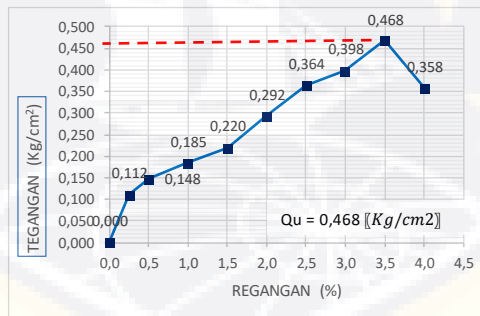
MERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012

a 3 :

angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	320,400	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	240,500	gr
Berat Air	=	79,900	gr
Kadar Air Contoh	=	33,222	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
Pembacaan Aksial (mm)	Regangan Aksial $\epsilon = (\delta H / H_0) (\%)$	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A = A_0 / (1 - \delta h / h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,0	2,11	18,895	0,112
0,5	0,50	4,0	2,81	18,943	0,148
1,0	1,00	5,0	3,52	19,038	0,185
1,5	1,50	6,0	4,22	19,135	0,220
2,0	2,00	8,0	5,62	19,233	0,292
2,5	2,50	10,0	7,03	19,331	0,364
3,0	3,00	11,0	7,73	19,431	0,398
3,5	3,50	13,0	9,14	19,531	0,468
4,0	4,00	10,0	7,03	19,633	0,358

Qu = 0,468 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Jenis Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Jenis Sampel : Tanah Asli  
Tanggal Pengujian : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

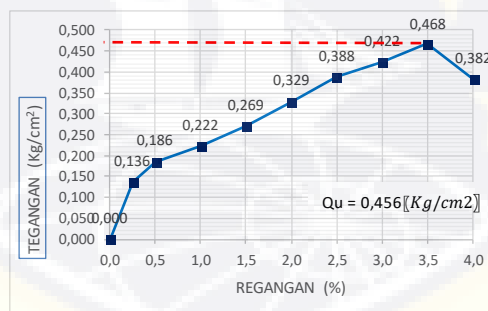
### PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )

SNI 3638-2012

Data Gabungan :	
Angka Kalibrasi alat ( K )	= 0,703
Diameter contoh	= 4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	= 9,500 cm
Luas Contoh ( A )	= 18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	= 179,05 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	= 1000,000 gr
Berat Isi Contoh	= 326,233 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	= 245,533 gr
Berat Air	= 80,700 gr
Kadar Air Contoh	= 32,873 %

Pembacaan Regangan Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
Pembacaan Regangan Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial ε=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/ho) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,7	2,58	18,895	0,136
0,5	0,50	5,0	3,52	18,943	0,186
1,0	1,00	6,0	4,22	19,038	0,222
1,5	1,50	7,3	5,16	19,135	0,269
2,0	2,00	9,0	6,33	19,233	0,329
2,5	2,50	10,7	7,50	19,331	0,388
3,0	3,00	11,7	8,20	19,431	0,422
3,5	3,50	13,0	9,14	19,531	0,468
4,0	4,00	10,7	7,50	19,633	0,382

Qu = 0,468 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

### PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )

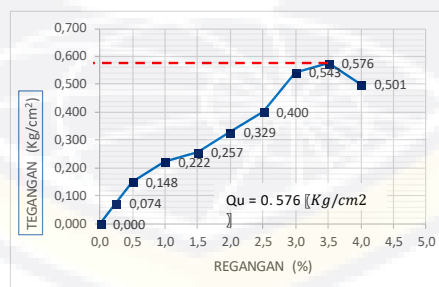
SNI 3638-2012

Data 1 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	327,000 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	241,900 gr
Berat Air	=	85,100 gr
Kadar Air Contoh	=	35,180 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	2,0	1,41	18,895	0,074
0,5	0,50	4,0	2,81	18,943	0,148
1,0	1,00	6,0	4,22	19,038	0,222
1,5	1,50	7,0	4,92	19,135	0,257
2,0	2,00	9,0	6,33	19,233	0,329
2,5	2,50	11,0	7,73	19,331	0,400
3,0	3,00	15,0	10,55	19,431	0,543
3,5	3,50	16,0	11,25	19,531	0,576
4,0	4,00	14,0	9,84	19,633	0,501

Qu = 0,576 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1**  
**Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa**  
**Sampel : Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat**  
**Tanggal : 15 Oktober 2021**  
**Dikerjakan Oleh : ANDRI**

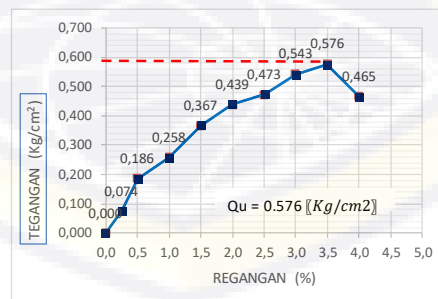
**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012**

**Data 2 :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	324,000 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	239,300 gr
Berat Air	=	84,700 gr
Kadar Air Contoh	=	35,395 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial e=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/ho) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	2,0	1,41	18,895	0,074
0,5	0,50	5,0	3,52	18,943	0,186
1,0	1,00	7,0	4,92	19,038	0,258
1,5	1,50	10,0	7,03	19,135	0,367
2,0	2,00	12,0	8,44	19,233	0,439
2,5	2,50	13,0	9,14	19,331	0,473
3,0	3,00	15,0	10,55	19,431	0,543
3,5	3,50	16,0	11,25	19,531	0,576
4,0	4,00	13,0	9,14	19,633	0,465

**Qu = 0,576 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

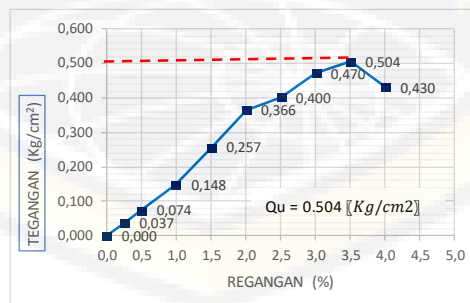
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012

Data 3 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	324,100	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	239,200	gr
Berat Air	=	84,900	gr
Kadar Air Contoh	=	35,493	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial ε=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/ho) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	1,0	0,70	18,895	0,037
0,5	0,50	2,0	1,41	18,943	0,074
1,0	1,00	4,0	2,81	19,038	0,148
1,5	1,50	7,0	4,92	19,135	0,257
2,0	2,00	10,0	7,03	19,233	0,366
2,5	2,50	11,0	7,73	19,331	0,400
3,0	3,00	13,0	9,14	19,431	0,470
3,5	3,50	14,0	9,84	19,531	0,504
4,0	4,00	12,0	8,44	19,633	0,430

Qu = 0,504 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1**  
**Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa**  
**Sampel : Tanah + 6% Belerang + 4% Fosfat**  
**Tanggal : 15 Oktober 2021**  
**Dikerjakan Oleh : ANDRI**

**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )**

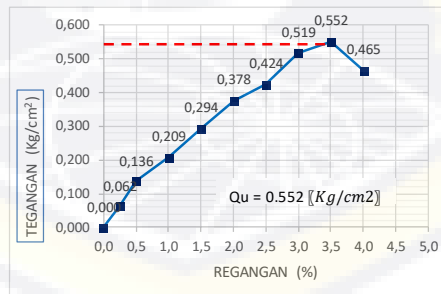
**SNI 3638-2012**

**Data Gabungan :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	325,033	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	240,133	gr
Berat Air	=	84,900	gr
Kadar Air Contoh	=	35,356	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	1,7	1,17	18,895	0,062
0,5	0,50	3,7	2,58	18,943	0,136
1,0	1,00	5,7	3,98	19,038	0,209
1,5	1,50	8,0	5,62	19,135	0,294
2,0	2,00	10,3	7,26	19,233	0,378
2,5	2,50	11,7	8,20	19,331	0,424
3,0	3,00	14,3	10,08	19,431	0,519
3,5	3,50	15,3	10,78	19,531	0,552
4,0	4,00	13,0	9,14	19,633	0,465

**Qu = 0,552 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

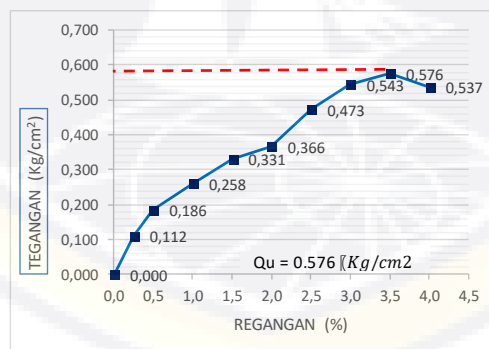
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012

Data 1 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	324,000 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	243,000 gr
Berat Air	=	81,000 gr
Kadar Air Contoh	=	33,333 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,0	2,11	18,895	0,112
0,5	0,50	5,0	3,52	18,943	0,186
1,0	1,00	7,0	4,92	19,038	0,258
1,5	1,50	9,0	6,33	19,135	0,331
2,0	2,00	10,0	7,03	19,233	0,366
2,5	2,50	13,0	9,14	19,331	0,473
3,0	3,00	15,0	10,55	19,431	0,543
3,5	3,50	16,0	11,25	19,531	0,576
4,0	4,00	15,0	10,55	19,633	0,537

$Q_u = 0,576 \text{ Kg/cm}^2$



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1**  
**Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa**  
**Sampel : Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat**  
**Tanggal : 15 Oktober 2021**  
**Dikerjakan Oleh : ANDRI**

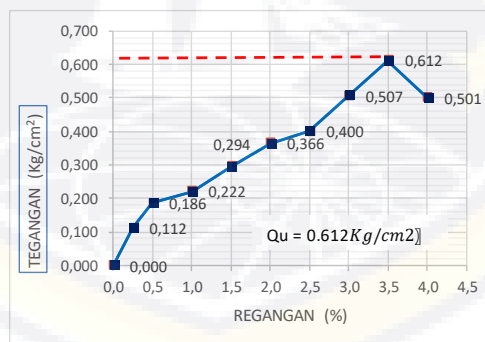
**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012**

**Data 2 :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	322,500 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	241,100 gr
Berat Air	=	81,400 gr
Kadar Air Contoh	=	33,762 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,0	2,11	18,895	0,112
0,5	0,50	5,0	3,52	18,943	0,186
1,0	1,00	6,0	4,22	19,038	0,222
1,5	1,50	8,0	5,62	19,135	0,294
2,0	2,00	10,0	7,03	19,233	0,366
2,5	2,50	11,0	7,73	19,331	0,400
3,0	3,00	14,0	9,84	19,431	0,507
3,5	3,50	17,0	11,95	19,531	0,612
4,0	4,00	14,0	9,84	19,633	0,501

**Qu = 0,612 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



**Pekerjaan** : Penelitian Tugas Akhir S1  
**Lokasi** : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
**Sampel** : Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat  
**Tanggal** : 15 Oktober 2021  
**Dikerjakan Oleh** : ANDRI

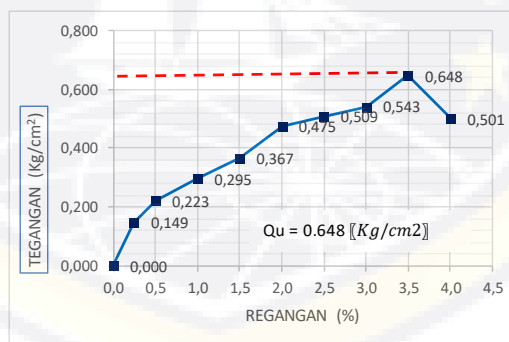
**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )**  
**SNI 3638-2012**

**Data 3 :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	324,700	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	244,200	gr
Berat Air	=	80,500	gr
Kadar Air Contoh	=	32,965	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial ε=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/h0) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	4,0	2,81	18,895	0,149
0,5	0,50	6,0	4,22	18,943	0,223
1,0	1,00	8,0	5,62	19,038	0,295
1,5	1,50	10,0	7,03	19,135	0,367
2,0	2,00	13,0	9,14	19,233	0,475
2,5	2,50	14,0	9,84	19,331	0,509
3,0	3,00	15,0	10,55	19,431	0,543
3,5	3,50	18,0	12,65	19,531	0,648
4,0	4,00	14,0	9,84	19,633	0,501

**Qu = 0,648 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 6% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

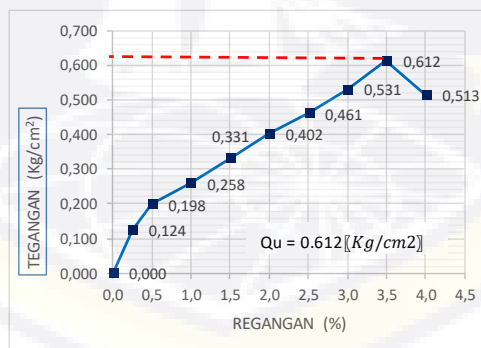
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012

Data Gabungan :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	323,733	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	242,767	gr
Berat Air	=	80,967	gr
Kadar Air Contoh	=	33,353	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial e=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/ho) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,3	2,34	18,895	0,124
0,5	0,50	5,3	3,75	18,943	0,198
1,0	1,00	7,0	4,92	19,038	0,258
1,5	1,50	9,0	6,33	19,135	0,331
2,0	2,00	11,0	7,73	19,233	0,402
2,5	2,50	12,7	8,90	19,331	0,461
3,0	3,00	14,7	10,31	19,431	0,531
3,5	3,50	17,0	11,95	19,531	0,612
4,0	4,00	14,3	10,08	19,633	0,513

Qu = 0,612 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

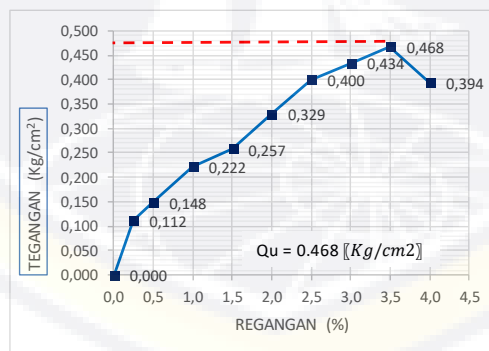
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012

Data 1 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	327,800 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	247,000 gr
Berat Air	=	80,800 gr
Kadar Air Contoh	=	32,713 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $e=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,0	2,11	18,895	0,112
0,5	0,50	4,0	2,81	18,943	0,148
1,0	1,00	6,0	4,22	19,038	0,222
1,5	1,50	7,0	4,92	19,135	0,257
2,0	2,00	9,0	6,33	19,233	0,329
2,5	2,50	11,0	7,73	19,331	0,400
3,0	3,00	12,0	8,44	19,431	0,434
3,5	3,50	13,0	9,14	19,531	0,468
4,0	4,00	11,0	7,73	19,633	0,394

Qu = 0,468 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



**Pekerjaan** : Penelitian Tugas Akhir S1  
**Lokasi** : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
**Sampel** : Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat  
**Tanggal** : 15 Oktober 2021  
**Dikerjakan Oleh** : ANDRI

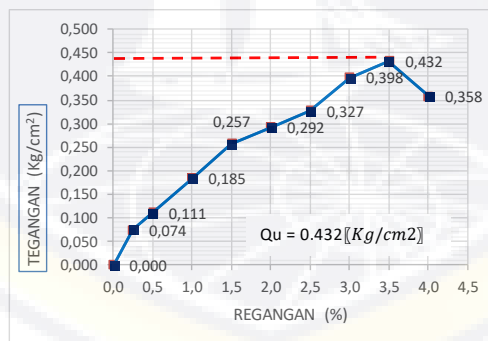
**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )**  
**SNI 3638-2012**

**Data 2 :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	327,000 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	246,200 gr
Berat Air	=	80,800 gr
Kadar Air Contoh	=	32,819 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial e=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/ho) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	2,0	1,41	18,895	0,074
0,5	0,50	3,0	2,11	18,943	0,111
1,0	1,00	5,0	3,52	19,038	0,185
1,5	1,50	7,0	4,92	19,135	0,257
2,0	2,00	8,0	5,62	19,233	0,292
2,5	2,50	9,0	6,33	19,331	0,327
3,0	3,00	11,0	7,73	19,431	0,398
3,5	3,50	12,0	8,44	19,531	0,432
4,0	4,00	10,0	7,03	19,633	0,358

**Qu = 0,432 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**Pekerjaan** : Penelitian Tugas Akhir S1  
**Lokasi** : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
**Sampel** : Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat  
**Tanggal** : 15 Oktober 2021  
**Dikerjakan Oleh** : ANDRI

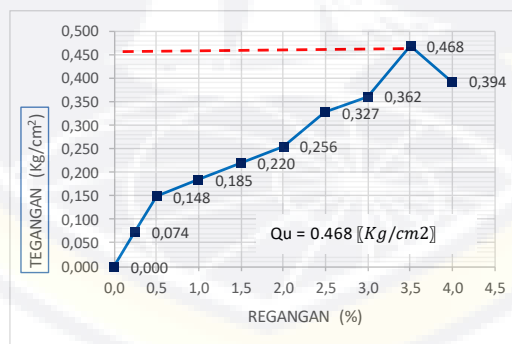
**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012**

**Data 3 :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,800	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,086	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	180,86	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	328,000	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	248,900	gr
Berat Air	=	79,100	gr
Kadar Air Contoh	=	31,780	%

Defomasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	2,0	1,41	18,895	0,074
0,5	0,50	4,0	2,81	18,943	0,148
1,0	1,00	5,0	3,52	19,038	0,185
1,5	1,50	6,0	4,22	19,135	0,220
2,0	2,00	7,0	4,92	19,233	0,256
2,5	2,50	9,0	6,33	19,331	0,327
3,0	3,00	10,0	7,03	19,431	0,362
3,5	3,50	13,0	9,14	19,531	0,468
4,0	4,00	11,0	7,73	19,633	0,394

**Qu = 0,468 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1**  
**Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa**  
**Sampel : Tanah + 6% Belerang + 8% Fosfat**  
**Tanggal : 15 Oktober 2021**  
**Dikerjakan Oleh : ANDRI**

**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )**

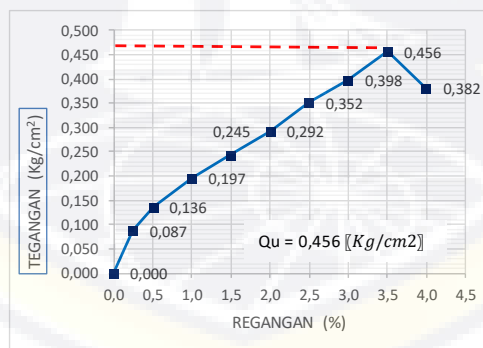
**SNI 3638-2012**

**Data Gabungan :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	327,600	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	247,367	gr
Berat Air	=	80,233	gr
Kadar Air Contoh	=	32,437	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	2,3	1,64	18,895	0,087
0,5	0,50	3,7	2,58	18,943	0,136
1,0	1,00	5,3	3,75	19,038	0,197
1,5	1,50	6,7	4,69	19,135	0,245
2,0	2,00	8,0	5,62	19,233	0,292
2,5	2,50	9,7	6,80	19,331	0,352
3,0	3,00	11,0	7,73	19,431	0,398
3,5	3,50	12,7	8,90	19,531	0,456
4,0	4,00	10,7	7,50	19,633	0,382

**Qu = 0,456 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

### PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )

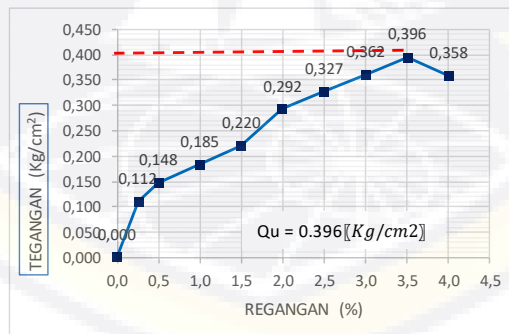
SNI 3638-2012

Data 1 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	275,900 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	228,800 gr
Berat Air	=	47,100 gr
Kadar Air Contoh	=	20,586 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $e=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,0	2,11	18,895	0,112
0,5	0,50	4,0	2,81	18,943	0,148
1,0	1,00	5,0	3,52	19,038	0,185
1,5	1,50	6,0	4,22	19,135	0,220
2,0	2,00	8,0	5,62	19,233	0,292
2,5	2,50	9,0	6,33	19,331	0,327
3,0	3,00	10,0	7,03	19,431	0,362
3,5	3,50	11,0	7,73	19,531	0,396
4,0	4,00	10,0	7,03	19,633	0,358

Qu = 0,396 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

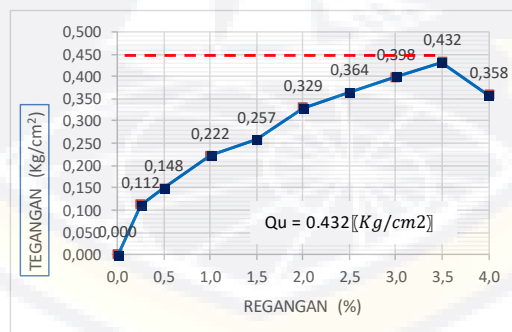
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012

Data 2 :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703
Diameter contoh	=	4,900 cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000 cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848 cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48 cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000 gr
Berat Isi Contoh	=	273,000 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	227,400 gr
Berat Air	=	45,600 gr
Kadar Air Contoh	=	20,053 %

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon = (\delta H / H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A = A_0 / (1 - \delta h / h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	3,0	2,11	18,895	0,112
0,5	0,50	4,0	2,81	18,943	0,148
1,0	1,00	6,0	4,22	19,038	0,222
1,5	1,50	7,0	4,92	19,135	0,257
2,0	2,00	9,0	6,33	19,233	0,329
2,5	2,50	10,0	7,03	19,331	0,364
3,0	3,00	11,0	7,73	19,431	0,398
3,5	3,50	12,0	8,44	19,531	0,432
4,0	4,00	10,0	7,03	19,633	0,358

Qu = 0,432 Kg/cm<sup>2</sup>





**Pekerjaan** : Penelitian Tugas Akhir S1  
**Lokasi** : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
**Sampel** : Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat  
**Tanggal** : 15 Oktober 2021  
**Dikerjakan Oleh** : ANDRI

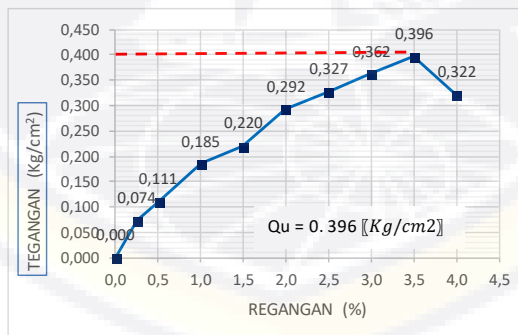
**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )**  
**SNI 3638-2012**

**Data 3 :**

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	10,000	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	188,48	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	273,600	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	224,300	gr
Berat Air	=	49,300	gr
Kadar Air Contoh	=	21,979	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi Aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial $\epsilon=(\delta H/H_0)$ (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas $A=A_0/(1-\delta h/h_0)$ (cm <sup>2</sup> )	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	2,0	1,41	18,895	0,074
0,5	0,50	3,0	2,11	18,943	0,111
1,0	1,00	5,0	3,52	19,038	0,185
1,5	1,50	6,0	4,22	19,135	0,220
2,0	2,00	8,0	5,62	19,233	0,292
2,5	2,50	9,0	6,33	19,331	0,327
3,0	3,00	10,0	7,03	19,431	0,362
3,5	3,50	11,0	7,73	19,531	0,396
4,0	4,00	9,0	6,33	19,633	0,322

**Qu = 0,396 Kg/cm<sup>2</sup>**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1  
Lokasi : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah + 6% Belerang + 10% Fosfat  
Tanggal : 15 Oktober 2021  
Dikerjakan Oleh : ANDRI

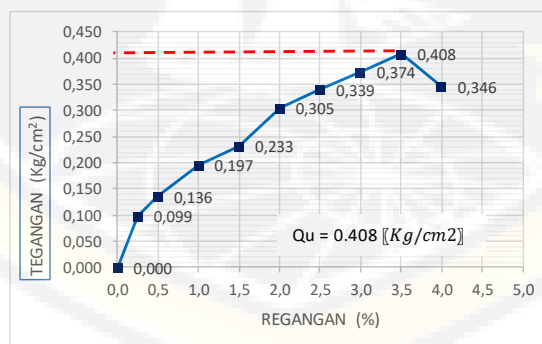
PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BEBAS ( UNCONFINED TEST )  
SNI 3638-2012

Data Gabungan :

Angka Kalibrasi alat ( K )	=	0,703	
Diameter contoh	=	4,900	cm
Tinggi Contoh ( Ho )	=	9,500	cm
Luas Contoh ( A )	=	18,848	cm <sup>2</sup>
Isi Contoh	=	179,05	cm <sup>3</sup>
Berat Contoh	=	1000,000	gr
Berat Isi Contoh	=	274,167	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Contoh Kering	=	226,833	gr
Berat Air	=	47,333	gr
Kadar Air Contoh	=	20,873	%

Deformasi Aksial		Gaya dan Tegangan Aksial			
pembacaan deformasi aksial (δH)(mm)	Regangan Aksial e=(δH/Ho) (%)	Gaya Aksial		Tegangan Aksial	
		Pembacaan beban (div)	Gaya Aksial P (kg)	Koreksi Luas A=Ao/(1-δh/ho) (cm <sup>2</sup> )	Tegangan σ = P/A (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,00	0,0	0,00	18,848	0,000
0,25	0,25	2,7	1,87	18,895	0,099
0,5	0,50	3,7	2,58	18,943	0,136
1,0	1,00	5,3	3,75	19,038	0,197
1,5	1,50	6,3	4,45	19,135	0,233
2,0	2,00	8,3	5,86	19,233	0,305
2,5	2,50	9,3	6,56	19,331	0,339
3,0	3,00	10,3	7,26	19,431	0,374
3,5	3,50	11,3	7,97	19,531	0,408
4,0	4,00	9,7	6,80	19,633	0,346

Qu = 0,408 Kg/cm<sup>2</sup>



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

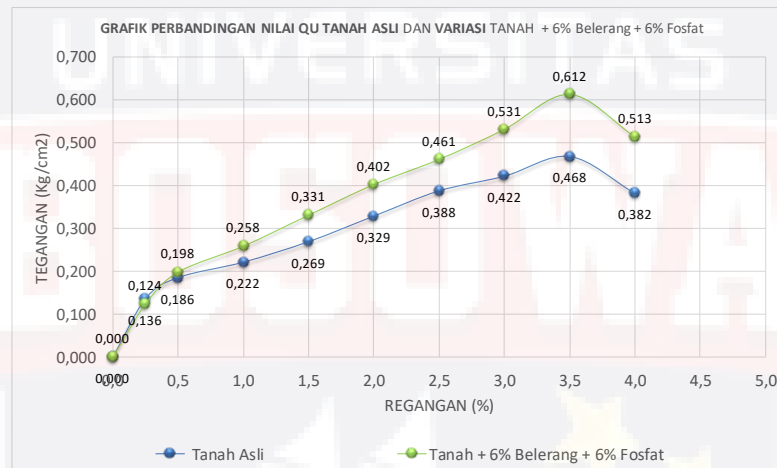
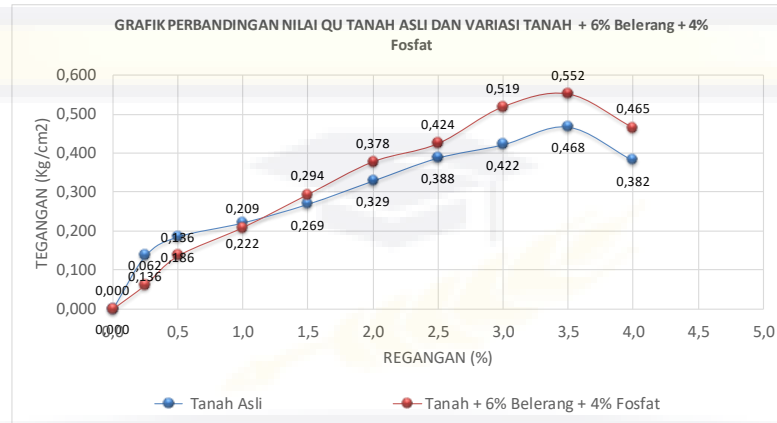
Hasrullah, ST.

ANDRI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789



Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Hasrullah, ST.

Makassar, November 2021

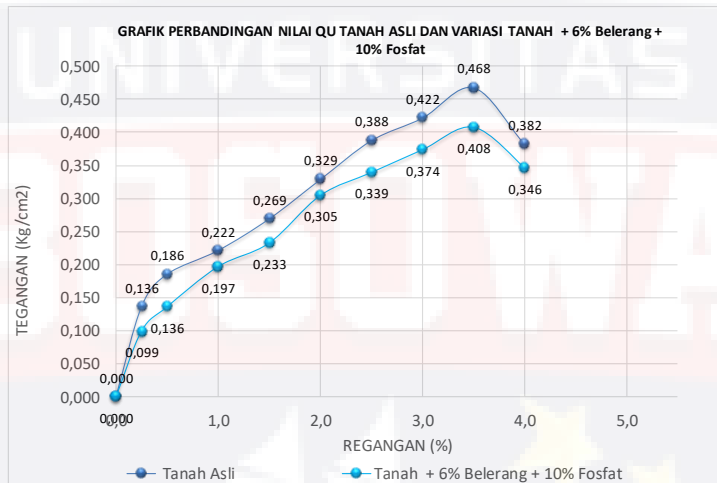
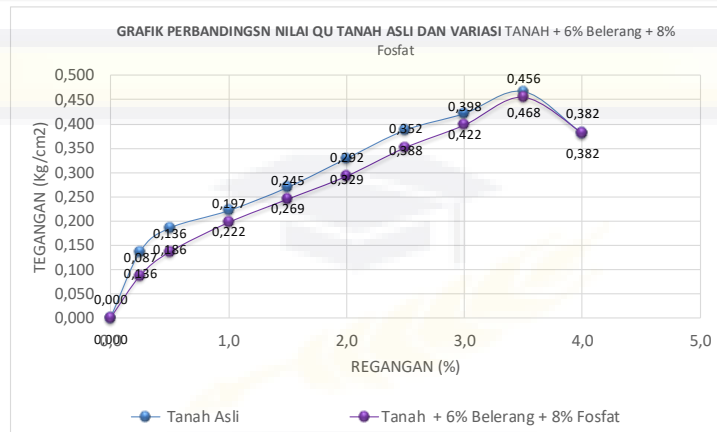
Diuji Oleh:  
Mahasiswa

ANDRI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

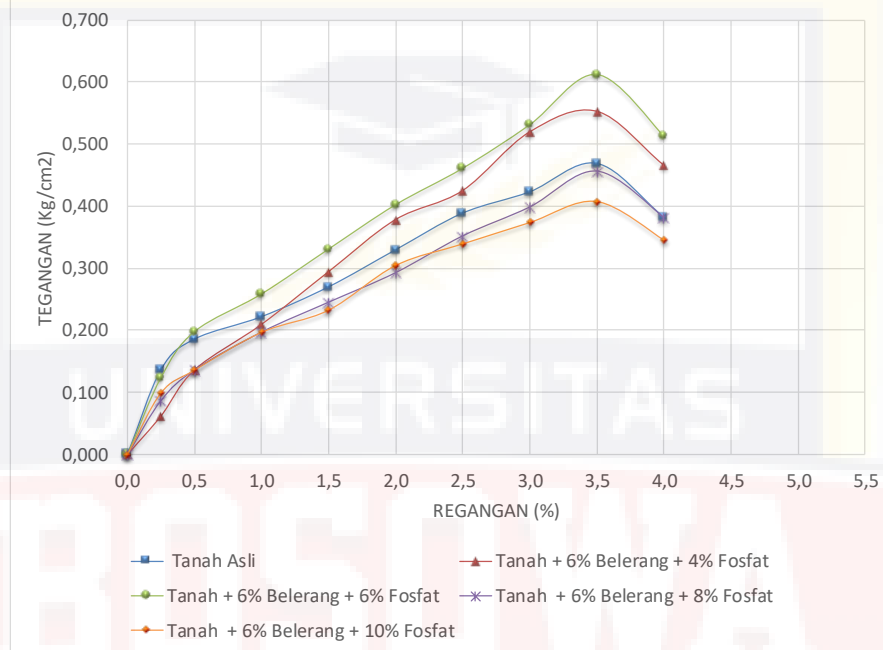
ANDRI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

**GRAFIK GABUNGAN HASIL KUAT TEKAN BEBAS**



Makassar, November 2021

Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Hasrullah, ST.

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

ANDRI

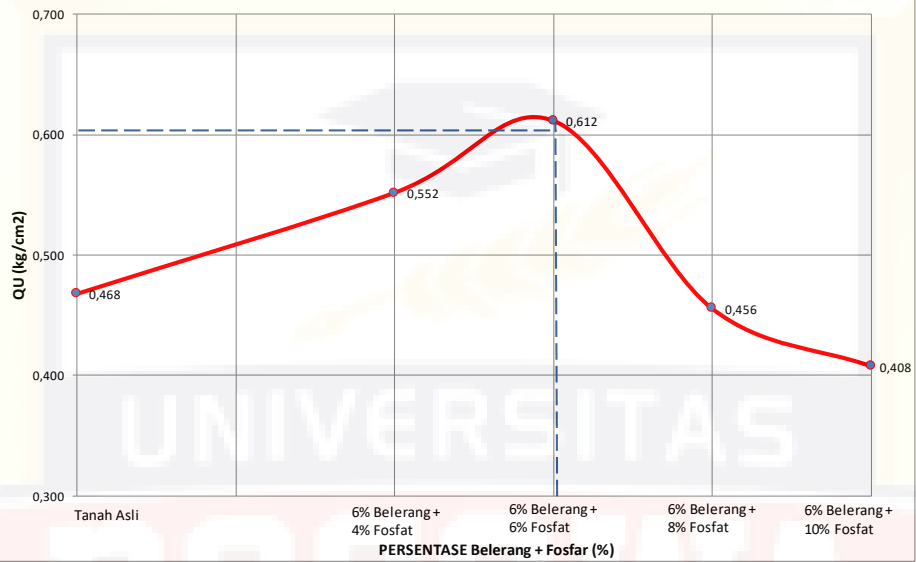




**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

GRAFIK NILAI QU OPTIMUM PADA VARIASI



Diperiksa Oleh:  
Asisten Laboratorium

Diuji Oleh:  
Mahasiswa

Hasrullah, ST.

ANDRI



# DOKUMENTASI



**PENGUJIAN BERAT JENIS**



**PENGUJIAN BATAS-BATAS ATTERBREG**



**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN**



**PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER**



**PENGUJIAN KOMPAKSI**



**PENGUJIAN KUAT GESER LANGSUNG**





**PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS**