

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG YANG  
DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER**

**STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR**



Disusun Oleh :

Agus Hary Susetyo

4518041027

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA**

**2023**



UNIVERSITAS  
BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km.4  
Telp.( 0411 ) 452901 – 452789 Fax. 452949

MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

---

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

Judul : “Analisi Nilai CBR dan Permeabilitas Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Fertilizer Studi Kasus : Tanah Lempung Di Desa Alam Buana Kab. Luwu Timur “

Disusun dan diajukan oleh :

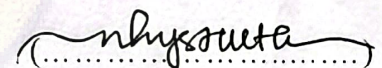
N a m a : **AGUS HARY SUSETYO**

No.Stambuk : **45 18 041 027**

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 : **Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT** ()

Pembimbing II : **Ir. Nurhadijah Yunianti, ST.MT** ()

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



**Dr. H. Nasrullah ST. MT.**  
NIDN.09-0807-7301

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil



**Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT**  
NIDN. 09-04126502



## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A 912/FT/UNIBOS/VIII/ 2023, Tanggal 18 Agustus 2023, Perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Jumat, 25 Agustus 2023  
N a m a : **AGUS HARY SUSETYO**  
No.Stambuk : **45 18 041 027**  
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : **“ Analisis Nilai Cbr Dan Permeabilitas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Fertilizer (Studi Kasus : Tanah Lempung Di Desa Alam Buana Kab. Luwu Timur ”**

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 Ujian Akhir

Ketua / Ex Officio : **Dr.Ir. H. Syahrul Sariman, MT** (.....)  
Sekretaris / Ex Officio : **Ir. Nurhadijah Yuniarti, ST. MT** (.....)  
Anggota : **Ir.Arman Setiawan, ST. MT** (.....)  
: **Ir. Eka Yuniarto, ST. MT** (.....)

Makassar, 2023

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



**Dr. H. Nasrullah, ST. MT**  
NIDN: 09 08077 01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil



**Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT**  
NIDN: 0001565 02

# SURAT PERNYATAN

## KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : **Agus Hary Susetyo**

Nomor Stambuk : **4518041027**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **Analisis Nilai Cbr Dan Permeabilitas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Fertilizer (Studi Kasus : Tanah Lempung Di Desa Alam Buana Kab. Luwu Timur**

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 Makassar 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 Makassar 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, 2023

Yang membuat pernyataan



**(Agus Hary Susetyo)**

**45 18 041 027**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini dengan judul “**ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAMBUANA KAB. LUWU TIMUR**”.

Adapun maksud dari penyusunan proposal ini adalah untuk memenuhi persyaratan akademis guna memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar.

Selesainya penelitian dan penyusunan proposal ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu, mengarahkan, membimbing, dan memberikan dorongan dengan tulus. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa tempat meminta dan memohon pertolongan.
2. Bapak Dekan, Para Wakil dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
3. Bapak Dr. Ir. Andi Rumpang, M.T, Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Bosowa.
4. Bapak Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT., Selaku Dosen Pembimbing satu dan Ibu Ir. Nurhadijah Yuniarti, ST. MT., Selaku Dosen

Pembimbing dua saya mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat selesai.

5. Bapak Hasrullah, S.T, atas bimbingan, saran, motivasi dan bantuan yang diberikan.
6. Segenap Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Kedua orang tua saya yang telah memberi semangat dan dukungan yang tak ada hentinya, sehingga Skripsi ini dapat rampung seperti saat ini.
8. Teman – teman angkatan 2018 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa terima kasih telah memberikan dukungan moril, materi maupun semangat kepada penulis selama perkuliahan

Akhir kata, sebagai manusia biasa yang menyadari banyak kekurangan dan kelemahan yang berarti dalam tugas akhir ini, mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan skripsi ini. Saya yakin pembaca akan berpikir positif setelah membaca tugas akhir ini.

Demikian penulisan skripsi ini, semoga dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan-rekan mahasiswa lainnya dimasa yang akan datang.

Makassar, Agustus 2023

Agus Hary Susetyo



## ABSTRACT

Expansive and shrinkable clay soils are types of soils that can undergo significant volume changes when their moisture content changes. Such soils exhibit a considerable degree of shrinkage. One way to improve clay soils is by incorporating fertilizer as a soil stabilization material, with CBR and Permeability testing conducted. Urea fertilizer readily dissolves in water and possesses hygroscopic properties, while NPK fertilizer is a compound fertilizer containing nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in varying compositions, with each element represented by its respective initial letter (N, P, and K). In this study, 10% Urea was added to the soil, and there was variation in the amount of NPK, namely 0%, 5%, 10%, and 15%. The research results indicate that with the addition of NPK fertilizer, the CBR values continued to increase compared to the original soil and soil with only urea mixture. Meanwhile, in permeability testing, with each addition of NPK fertilizer, the coefficient of permeability values experienced a decrease.

**Keywords:** Fertilizer, Lempung, California Bearing Ratio, Permeabilitas

## ABSTRAK

Tanah lempung yang bisa mengembang dan menyusut adalah jenis tanah yang dapat mengalami perubahan volume yang signifikan ketika kadar airnya berubah. Tanah semacam ini memiliki tingkat penyusutan yang cukup besar. Salah satu cara untuk memperbaiki tanah lempung adalah dengan mencampurkan fertilizer sebagai bahan stabilisasi tanah, dengan melakukan pengujian CBR dan Permeabilitas. Pupuk urea mudah larut dalam air dan memiliki sifat yang menyerap air dengan mudah (higroskopis). Di sisi lain, pupuk NPK adalah pupuk majemuk yang mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam komposisi yang berbeda, dan masing-masing unsur diwakili oleh huruf awal namanya (N, P, dan K). Dalam penelitian ini, 10% Urea ditambahkan ke tanah, dan ada variasi dalam jumlah NPK, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan pupuk NPK nilai CBR terus meningkat dibandingkan tanah asli dan tanah dengan hanya campuran urea. Sedangkan pada pengujian permeabilitas pada setiap penambahan pupuk NPK nilai koefisien permeabilitas tersu mengalami penurunan.

**Keywords:** Fertilizer, Lempung, California Bearing Ratio, Permeabilitas

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan dan manfaat Penelitian.....	I-3
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	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-5

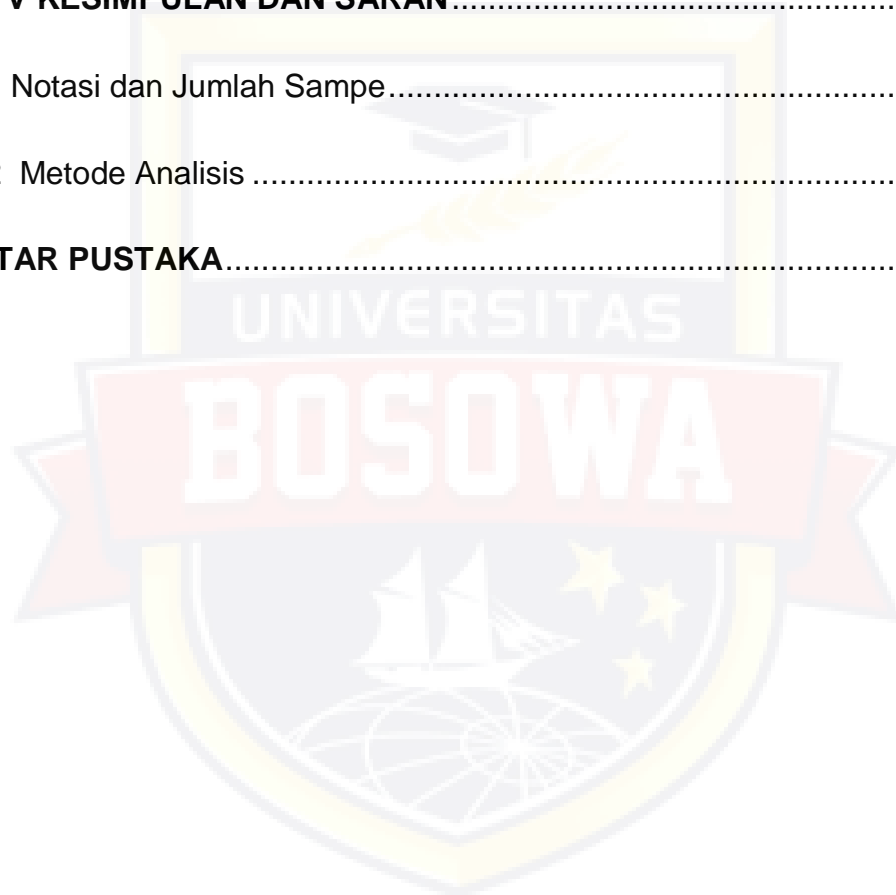


1.5 Sistematika Penulisan .....	I-5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>II-1</b>
2.1 Tanah .....	II-1
2.1.1 Tanah Lempung .....	II-1
2.1.2 Klasifikasi Tanah .....	II-3
a. Sistem Klasifikasi USCS .....	II-4
b. Sistem Klasifikasi AASHTO .....	II-8
2.1.3 Sifat – Sifat fisis tanah .....	II-11
2.1.3.1 Kadar Air .....	II-11
2.1.3.2 Berat Jenis .....	II-11
2.1.3.3 Atterberg Limit.....	II-12
1. Batas cair .....	II-14
2. Batas Plastis.....	II-16
3. Batas Susut.....	II-16
4. Indeks plastis.....	II-17
5. Aktivitas.....	II-19
2.1.4.1 Analisa Saringan .....	II-20
2.1.4 Sifat – sifat mekanis tanah.....	II-25
2.1.4.1 Pengujian pemadatan tanah.....	II-25

2.1.4.2 Pengujian CBR.....	II-27
2.1.4.3 Pengujian permeabilitas .....	II-30
2.2 Bahan Tambah .....	II-36
2.2.1 Fertilizer.....	II-36
2.2.2 Pencampuran .....	II-37
2.3. Stabilisasi Tanah .....	II-38
2.4. Penelitian Terdahulu .....	II-38
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Bagan Alur Penelitian .....	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-2
3.3 Pengadaan Sampel .....	III-2
3.4 Jenis Pengujian Material.....	III-2
3.5 Variabel Penelitian.....	III-3
3.6 Notasi dan Jumlah Sampe.....	III-3
3.7 Metode Analisis .....	III-4
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Bagan Alur Penelitian .....	IV-1
4.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	IV-2
4.3 Pengadaan Sampel .....	IV-2



4.4 Jenis Pengujian Material.....	IV-2
4.5 Variabel Penelitian.....	IV-3
4.6 Notasi dan Jumlah Sampe.....	IV-3
4.7 Metode Analisis .....	IV-4
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>V-1</b>
5.1 Notasi dan Jumlah Sampe.....	V-1
5.2 Metode Analisis .....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	



## DAFTAR NOTASI

A	: Luas Penampang
AASHTO Officials	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	: American Society for Testing and Material
CBR	: California Bearing Ratio
Clay	: Lempung
Gs	: Berat Jenis
I	: Gradien Hidraulik
IP	: Indeks Plastisitas
K	: Koefisien Permeabilitas
L	: Panjang Benda Uji
LL	: Batas Cair
P	: Beban yang Bekerja
PCC	: Portland Composite Cement
PL	: Batas Plastis
Q	: Debit Rembesan
Sand	: Pasir



Shrinking : Penyusutan

Silt : Lanau

SNI : Standar Nasional Indonesia

T : Waktu Pengamatan

USCS : Unified Soil Classification System

V : Kecepatan Aliran

W : Kadar Air

Ws : Berat Butiran Padat

Ww : Berat Air

$\alpha$  : Koreksi Untuk Berat Jenis dari Butiran Tanah

$\gamma_b$  : Berat Volume Basah

$\gamma_d$  : Berat Volume Kering

$\gamma_s$  : Berat Volume Padat

$\gamma_w$  : Berat Volume Air

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposisi Tanah Dalam Berbagai Kondisi .....	II-3
Gambar 2.2 Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susut. ....	II-14
Gambar 2.3 Skema Alat Pengujian Batas Cair .....	II-16
Gambar 2.4 Aktivitas Lempung (Skempton 1953) .....	II-21
Gambar 2.5 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering .....	II-28
Gambar 2.6 Alat Pemeriksaan Nilai CBR di Laboratorium .....	II-30
Gambar 2.7 Alat Uji Permeabilitas .....	II-33
Gambar 2.8 Detail Sampel Pada Alat Uji Permeabilitas .....	II-33
Gambar 2.9 Pupuk Urea .....	II-38
Gambar 2.10 Pupuk NPK .....	II-38
Gambar 4.1 Sistem Klasifikasi Tanah USCS .....	IV-5
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Nilai CBR Terhadap Tanah Asli dan Urea ..	IV-6
Gambar 4.3 Hubungan Nilai Koefisien Permeabilitas Terhadap Tanah Asli dan Urea .....	IV-7
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Nilai CBR Terhadap Variasi NPK .....	IV-8
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Nilai Permeabilitas Terhadap Variasi NPK .	IV-9

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Klasifikasi Tanah USCS .....	II-8
Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah Granular) .....	II-10
Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah Finner) .....	II-11
Tabel 2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah .....	II-20
Tabel 2.5 Skema Jenis Tanah dan Batas – Batas Ukuran Butir .....	II-23
Tabel 2.6 Faktor Koreksi $\alpha$ , untuk Hidrometer 152 H terhadap Berat Jenis Butir Tanah .....	II-24
Tabel 2.7 Harga K untuk Menghitung Diameter Butir dengan Hidrometer ..	II-24
Tabel 2.8 Harga Kedalaman Efektif L Hidrometer 152 H, Ditetapkan oleh Macam Hidrometer, Ukuran Silinder Pengendap .....	II-25
Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah .....	IV-1
Tabel 4.2 Sifat Mekanik tanah setelah dicampur Urea dan variasi NPK .....	IV-2
Tabel 4.3 Tabel Pembagian Jenis tanah berdasarkan berat jenis .....	IV-5
Tabel 4.4 Hasil Pengujian CBR terhadap Urea 10% .....	IV-6
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Permeabilitas Terhadap Urea 10% .....	IV-7
Tabel 4.6 Hasil Pengujian CBR Terhadap Variasi NPK .....	IV-8
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Permeabilitas terhadap Variasi NPK .....	IV-8

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bermula dari keluhan petani di Desa Alambuana mengenai perubahan sifat tanah persawahan mereka. Tanah yang dulunya gembur dan mudah diolah kini lebih keras akibat penggunaan pupuk urea secara berkelanjutan. Ahli pertanian menunjukkan bahwa pupuk urea tidak sepenuhnya diserap oleh tanaman, menyebabkan sisa kimia ini tertinggal di tanah dan membuatnya keras.

Ketidakpuasan petani ini berubah menjadi peluang bagi para ahli geoteknik, yang melihat tanah yang lebih keras ini dapat menguntungkan untuk pembangunan tanpa risiko penurunan atau keruntuhan. Tanah lempung, meskipun cenderung keras dalam keadaan kering dan lembut saat basah, memiliki karakteristik berbahaya dengan perubahan volume yang tinggi, berpotensi merusak konstruksi.

Karakteristik inilah yang membuat tanah lempung kurang ideal sebagai dasar konstruksi. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan sifat teknisnya melalui metode stabilisasi. Penelitian ini mencoba memperbaiki tanah lempung organik dengan mencampurkan pupuk sebagai bahan tambahan. Fertilizer yang digunakan terdiri dari Pupuk Urea dan Pupuk NPK, dipilih karena komposisi kimianya yang membantu mengurangi perubahan volume tanah.



Campuran pupuk ini juga ekonomis dan mudah ditemukan di toko pertanian, selain berperan dalam mengurangi limbah dari pupuk urea dan NPK. Selain itu, pendekatan ini juga berpotensi menghasilkan wawasan lebih lanjut tentang penguatan tanah di bekas lahan pertanian yang sering terpapar pupuk. Dengan demikian, langkah-langkah ini diambil untuk mengatasi tantangan tanah lempung dan meningkatkan kualitas materialnya melalui penelitian ini..

Dari uraian diatas menjadi latar belakang untuk mengadakan penelitian di laboratorium dan menuliskannya kedalam bentuk tugas akhir yang berjudul

***“ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR”***

**1.2 Rumusan Masalah**

Dari sekilas uraian latar belakang masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut :

1. Apakah tanah yang di teliti merupakan jenis lempung?
2. Bagaimana pengaruh pemberian fertilizer Urea terhadap nilai CBR dan Permeabilitas pada tanah lempung?
3. Bagaimana pengaruh pemberian Urea dan Variasi fertilizer NPK terhadap nilai CBR dan Permeabilitas pada tanah lempung?

### **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan dan manfaat yang dapat ditemukan dalam penelitian ini adalah:

#### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui jenis tanah yang di uji adalah jenis tanah lempung.
2. Untuk memperoleh nilai CBR dan permeabilitas dengan penambahan Fertilizer Urea yang telah di tentukan.
3. Untuk memperoleh nilai CBR dan Permeabilitas dengan penambahan Fertilizer Urea dan variasi NPK yang telah ditentukan.

#### **1.3.2 Manfaat Penelitian**

1. Sebagai ide untuk dikembangkan dalam Pemanfaatan penelitian Pupuk Urea dan Pupuk NPK.
2. Sebagai acuan informasi penting dalam pelaksanaan Konstruksi.
3. Memberikan rekomendasi penting dalam perbaikan, dengan penambahan pupuk urea dan pupuk NPK dengan tanah lempung.

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

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

Adapun pokok bahasan dalam penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengujian sifat fisis terhadap tanah untuk mengetahui kreteria tanah lempung

2. Mengukur presentasi penambahan Fertilizer terhadap tanah lempung .
3. Melakukan pengujian CBR terhadap tanah lempung dan tanah yang telah divariasikan dengan Fertilizer
4. Melakukan pengujian permeabilitas terhadap tanah lempung dan tanah yang telah divariasikan dengan Fertilizer

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

Penulisan skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung yang sudah diperam dengan fertilizer selama 1 minggu.
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode CBR dan Permeabilitas.
3. Pemanfaatan fertilizer sebagai bahan stabilisasi hanya ditinjau terhadap nilai CBR dan Permeabilitas yang terjadi pada lempung.
4. Sifat kimia Fertilizer tidak ditinjau.

#### **1.5 Sistematikan Penulisan**

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

## **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berfungsi sebagai pengantar yang menjelaskan konteks masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, cakupan penelitian, pembatasan masalah, dan struktur penulisan.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini mengulas teori-teori yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

## **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini mencakup topik seputar diagram alur penelitian, variabel yang dijadikan fokus penelitian, teknik pengambilan sampel, persiapan campuran bahan, dan proses pembuatan benda uji.

## **BAB IV : HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini mencakup pembahasan mengenai pengumpulan data yang diuraikan, analisis desain campuran, hasil pengujian benda uji, dan analisis hasil penelitian.

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

Bab ini adalah bagian akhir yang bertujuan untuk menyajikan rangkuman serta saran-saran yang sesuai dengan tujuan penulisan dan manfaatnya..



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tanah**

##### **2.1.1 Tanah Lempung**

Tanah lempung adalah salah satu jenis tanah yang memiliki kandungan lempung yang tinggi. Kandungan lempung tersebut membuat tanah ini memiliki sifat yang sangat plastis dan lunak, sehingga sulit untuk dibentuk. Kandungan air pada tanah lempung sangat besar dan mampu menampung air dalam jumlah yang signifikan. Hal ini membuat tanah lempung sangat rentan terhadap masalah stabilitas, seperti penurunan tanah atau longsor. Oleh karena itu, tanah lempung seringkali memerlukan penanganan khusus pada proyek teknik sipil.

Dalam lingkup teknik sipil, tanah lempung sering dianggap sebagai tanah yang sulit untuk diolah. Oleh karena itu, perlu adanya penanganan khusus agar tanah lempung dapat dimanfaatkan secara optimal dalam proyek teknik sipil. Beberapa teknik penanganan yang umum digunakan antara lain penambahan bahan stabilisasi seperti kapur, semen, atau abu terbang, pengeringan tanah lempung dengan menggunakan teknik drainase, atau penggantian tanah lempung dengan tanah yang lebih stabil.

Sifat tanah lempung yang plastis dan lunak membuatnya mudah terkikis oleh air, dan dapat menyebabkan terjadinya erosi. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan faktor ini dalam perencanaan proyek

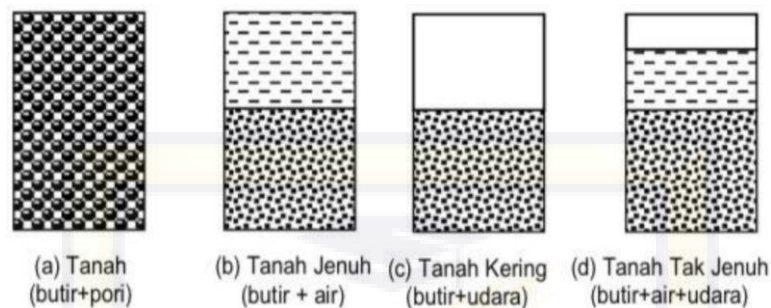
teknik sipil, terutama pada proyek-proyek yang terletak di daerah yang rawan terhadap banjir atau tanah longsor. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan melakukan pengendalian erosi pada permukaan tanah lempung, seperti dengan menanam vegetasi yang dapat menahan tanah.

Terakhir, penting untuk diingat bahwa tanah lempung dapat menjadi salah satu faktor yang menentukan biaya proyek teknik sipil. Karena sulit untuk diolah, tanah lempung seringkali memerlukan teknik dan bahan yang khusus untuk dapat dimanfaatkan secara optimal dalam proyek tersebut. Oleh karena itu, sebelum memulai proyek teknik sipil, perlu dilakukan penelitian dan analisis yang matang terhadap tanah yang akan digunakan agar dapat meminimalkan biaya dan risiko yang terkait dengan tanah lempung.

Property atau karakteristik tanah dinyatakan melalui berbagai parameter yang disebut sebagai indeks sifat-sifat fisik tanah. Parameter-parameter ini termasuk berat tanah, volume, kadar air, porositas, angka pori, derajat kejenuhan, derajat kepadatan, derajat kerapatan, berat jenis, analisis butiran, batas cair, batas plastis, batas susut, dan lain sebagainya (Darwis 2018).

Komposisi material tanah dapat terdiri dari dua atau tiga unsur utama, yaitu butiran, air, dan udara. Tanah jenuh mengandung butiran dan air, tanah kering hanya memiliki butiran dan udara, sementara tanah tak

jenuh memiliki ketiga unsur tersebut (butiran, air, dan udara). Setiap elemen tanah ini memiliki volume beratnya masing-masing. Ketiga kondisi ini dapat dijelaskan sebagai berikut:



**Gambar 2. 1.** Komposisi Tanah Dalam Berbagai Kondisi

### 2.1.2 Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran

Berdasarkan ukuran butirannya tanah diklasifikasikan menjadi kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), lempung (*clay*), dan koloid (*colloids*). Hary Christady Hardyatmo, *MEKANIKA TANAH 1 Edisi ke Tujuh, 2017 (Klasifikasi Ukuran butir menurut ASTM)* menyatakan pembagian jenis tanah dibagi menjadi sebagai berikut:

1. kerikil (*gravel*) merupakan partikel batuan yang memiliki ukuran 4,75 mm sampai 75 mm,
2. pasir (*sand*) merupakan partikel batuan berukuran 0,075 mm sampai 4,75 mm.
3. lanau (*silt*) adalah batuan yang berukuran dari 0,005 mm sampai 0,075 mm,

4. lempung (*clay*) merupakan partikel kecil yang berukuran 0,001 mm, sampai 0,005.
5. mineral yang berukuran kurang dari 0,001 mm disebut Koloid (*Colloids*).

### **2.1.2 Klasifikasi Tanah**

Dalam berbagai masalah teknis seperti perencanaan perkerasan jalan, pembangunan bendungan, dan sejenisnya, memisahkan tanah ke dalam kelompok atau subkelompok berdasarkan karakteristik atau perilaku yang serupa adalah langkah penting. Proses ini dikenal sebagai klasifikasi (Harry Christady H 2019).

Sebagian besar klasifikasi tanah menggunakan indeks dari uji sederhana untuk menentukan karakteristik tanah, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Klasifikasi tanah umumnya didasarkan pada ukuran partikel yang dihasilkan dari analisis saringan dan uji plastisitas (Harry Christady H 2019).

Ada dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu Unified Soil Classification System dan AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Kedua sistem ini menggunakan indeks plastisitas sebagai dasar klasifikasi tanah. Sistem klasifikasi tanah Unified pertama kali diusulkan oleh Casagrande pada tahun 1942, dan kemudian mengalami revisi oleh kelompok teknisi dari USBR (United States



Bureau of Reclamation). Saat ini, sistem ini digunakan secara luas oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik (Harry Christady H 2019).

**a. Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)**

Sistem klasifikasi tanah ini pertama kali diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, dan kemudian mengalami pengembangan lebih lanjut oleh United States Bureau of Reclamation (USBR) dan United States Army Corps of Engineer (USACE). Selanjutnya, American Society for Testing and Materials (ASTM) menggunakan USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah (Darwis 2018). Dalam kerangka USCS, tanah diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu :

1. Tanah yang memiliki butiran kasar (coarse-grained soils), yang terdiri dari kerikil dan pasir dengan persentase kurang dari 50% tanah yang melewati saringan No. 200 ( $F_{200} < 50$ ), diberi simbol kelompok dengan awalan G untuk kerikil (gravel) atau tanah berkerikil (gravelly soil), dan awalan S untuk pasir (sand) atau tanah berpasir (sandy soil).
2. Tanah yang memiliki butiran halus (fine-grained soils), di mana lebih dari 50% tanah melewati saringan No. 200 ( $F_{200} \geq 50$ ). Dalam sistem USCS, simbol-simbol digunakan untuk mengelompokkan dan mengidentifikasi tanah ini, termasuk :

G = Gravel (kerikil)

S = Sand (pasir)

C = Clay (lempung)

M = Silt (lanau)

O = lanau atau lempung organik

Pt = peat (tanah gambut atau tanah organik tinggi)

W = gradasi baik (well graded)

P = gradasi buruk (poor graded)

H = plastisitas tinggi (high plasticity)

L = plastisitas rendah (low plasticity)

Prosedur penentuan klasifikasi tanah dengan system Unified sebagai berikut:

1. Mulailah dengan menentukan apakah tanah tersebut memiliki butiran yang "halus" atau "kasar" berdasarkan pengamatan visual atau uji saringan No. 200.
2. Untuk tanah berbutir kasar, langkah-langkah berikut harus diikuti:
  - a) Saring tanah tersebut dan buat grafik distribusi butiran.
  - b) Hitung persentase yang lolos saringan No. 4: Jika persentase yang lolos  $< 50\%$ , kategorikan tanah sebagai "kerikil"; jika persentase yang lolos  $> 50\%$ , kategorikan tanah sebagai "pasir".
  - c) Hitung persentase yang lolos saringan No. 200: Jika persentase yang lolos  $< 5\%$ , maka hitung  $C_u$  dan  $C_c$ . Jika

bergradasi baik, kategorikan sebagai GW (jika kerikil) dan SW (jika pasir); jika bergradasi buruk, kategorikan sebagai GP (jika kerikil) dan SP (jika pasir).

d) Jika persentase butiran yang lolos saringan No. 200 berada antara 5% - 12%, tanah akan memiliki simbol ganda dan sifat plastisitas (misalnya GW-GM atau SW-SM, dsb.).

e) Jika persentase butiran yang lolos saringan No. 200 > 12%, lakukan uji batas Atterberg dengan menghilangkan butiran tanah yang tersisa pada saringan No. 40. Selanjutnya, tentukan klasifikasinya menggunakan diagram plastisitas (GM, GC, SM, SC, GM-GC, SM-SC).

3. Untuk tanah berbutir halus, ikuti langkah-langkah berikut:

a) Lakukan uji batas-batas Atterberg dengan menghilangkan butiran yang tertinggal di atas saringan No. 40. Jika batas cair (LL) > 50%, kategorikan tanah sebagai H (plastisitas tinggi); jika LL < 50%, kategorikan sebagai L (plastisitas rendah).

b) Untuk tanah H, jika batas-batas Atterberg berada di bawah garis A pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis yang diarsir, tentukan apakah masuk dalam kategori OH (organik)

atau MH (non-organik). Jika berada di atas garis A, kategorikan sebagai tanah CH (plastisitas tinggi organik).

c) Untuk tanah L, jika batas-batas Atterberg berada di bawah garis A dan di dalam area yang diarsir, tentukan apakah masuk kategori OL (organik) atau ML (non-organik) berdasarkan karakteristik seperti warna, bau, atau perubahan batas cair dan plastis saat mengeringkan tanah di dalam oven.

d) Jika batas-batas Atterberg berada di dalam area yang diarsir, dekat dengan garis A, atau nilai LL sekitar 50%, gunakan simbol ganda. (Darwis 2019)

**Tabel 2. 1** Sistem klasifikasi tanah USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Laboratorium	
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar terbutir saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir - lempung	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung	
			Pasir lebih dari 50% (4,75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
				SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
	Pasir lebih dari 50% saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir - lanau	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung	
		Lanau dan lempung batas cair 50 % atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau	
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")	
			OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
			MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis	
Lanau dan lempung batas cair > 50 %	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")			
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi		Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200; GH, GP, SW, SP, Leleh dari 12% lolos saringan no. 200; GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200; Batasan klasifikasi yang memenuhi simbol dobel.

**Kriteria Laboratorium**

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ ,  $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$  antara 1 dan 3

Tidak memenuhi kriteria untuk GW

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau  $PI < 4$

Batas-batas Atterberg di atas garis A atau  $PI > 7$

Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ ,  $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$  antara 1 dan 3

Tidak memenuhi kriteria untuk SW

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau  $PI < 4$

Batas-batas Atterberg di atas garis A atau  $PI > 7$

Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

(Sumber : Hardiyatmo 2010)

### **3. Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials Classification)**

Sistem klasifikasi AASHTO digunakan untuk menentukan kualitas tanah dalam konteks pekerjaan jalan, termasuk lapis dasar (subbase) dan tanah dasar (subgrade). Penting untuk mempertimbangkan tujuan asli sistem ini karena awalnya dirancang untuk pekerjaan jalan. Sistem klasifikasi tanah AASHTO pertama kali dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Sistem Klasifikasi Administrasi Jalan Raya Publik. Sistem ini mengkategorikan tanah ke dalam tujuh kelompok utama, mulai dari A-1 hingga A-7.

Tanah yang termasuk dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah granuler dengan persentase partikel yang lolos saringan No. 200 kurang dari 35%. Sementara tanah dengan lebih dari 35% partikel yang lolos saringan No. 200 termasuk dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Tanah-tanah dalam kelompok ini biasanya merupakan jenis tanah berlempung dan lanau. Penentuan kelompok tanah ini melibatkan evaluasi terhadap indeks kelompok yang dihitung menggunakan rumus-rumus empiris. Setelah beberapa perbaikan, sistem ini diadopsi oleh The American Association of State Highway Officials (AASHTO) pada tahun 1945.

Proses pengklasifikasian tanah dilakukan dengan mengikuti alur dari kiri ke kanan dalam diagram AASHTO hingga ditemukan kelompok pertama



yang sesuai dengan data pengujian tanah. Terutama untuk tanah yang mengandung bahan butiran halus, indeks kelompok lebih lanjut digunakan untuk identifikasi lebih lanjut sesuai dengan kelompok tanahnya. Indeks kelompok didefinisikan sesuai dengan kelompok tanah dan memungkinkan klasifikasi berdasarkan partikel butiran tanah, sebagaimana terlihat dalam tabel-tabel yang disediakan.:

**Tabel 2. 2** Klasifikasi tanah Sistem AASHTO (Tanah granuler)

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (Granuler Soil) (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (%lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40 Batas cair (LL) Indeks Plastis (PI)	Maks 6	Maks 6	Non plastisitas	Min 40 Maks 10	Maks 41 Min 10	Min 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

(Sumber: Braja M Das 1998 dalam Darwis 2018)

Sistem tersebut mengklasifikasikan tanah menjadi tujuh kelompok yang dinamai dengan A-1 hingga A-7. Semakin kecil angkanya, semakin cocok digunakan sebagai subgrade jalan, sementara semakin besar angkanya menunjukkan tingkat ketidakcocokan yang lebih tinggi untuk subgrade. Namun, perlu dicatat bahwa dalam kelompok A-3, tanah lebih baik digunakan sebagai bahan subgrade jalan daripada semua jenis tanah dalam kelompok A-2. Untuk jenis tanah yang memiliki butiran halus (finer soils), ada empat kelompok atau klasifikasi yang berbeda, seperti yang terlihat dalam tabel 2.3 berikut ini :

**Tabel 2. 3** Klasifikasi tanah Sistem AASHTO (Tanah finner)

Klasifikasi umum	Tanah Lanau-Lempung(lebih dari 35% dari seluruh tanah lolos ayakan no. 200			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 * A-7-6'
Analisis ayakan no. 200(%lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40 Batas cair (LL)Indeks Plastis (PI)	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

(Sumber: Braja M Das 1998 pada Darwis 2018)

**Catatan:** Kelompok A7 terbagi menjadi dua subkelompok, yaitu A7-5 dan A7-6, tergantung pada nilai batas plastisitasnya (PL). Jika nilai PL lebih dari 30, maka diklasifikasikan sebagai A7-5, sedangkan jika nilai PL lebih besar dari 30, maka diklasifikasikan sebagai A7-6.

### 2.1.3 Sifat – sifat fisik tanah

Tanah dalam keadaan aslinya memiliki beberapa karakteristik dasar yang mencakup sifat fisik yang terkait dengan penampilan dan ciri-ciri umumnya. Sifat fisik tanah ini bermanfaat untuk mengidentifikasi jenis tanah tersebut.

#### 2.1.3.1 Kadar Air (Moisture Content/Water Content)

Kadar air atau (water content) adalah perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat butiran padat ( $W_s$ ) di dalam massa tanah (Darwis, 2018), yang dinyatakan sebagai formula sebagai berikut:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$w$  = Kadar air (%)

$W_w$  = Berat air (gr)

$W_s$  = Berat air butir tanah (gr)

### 2.1.3.2 Berat volume kering Dry Density

Berat volume kering suatu sampel tanah dapat diketahui dengan uji berat volume tanah. Berat volume tanah dapat dicari dengan membandingkan berat tanah kering dan volume total tanah (volume tanah dan volume air yang terkandung pada tanah). Untuk mencari nilai berat volume kering digunakan Persamaan berikut:

### 2.1.3.2 Berat Jenis

Berat jenis atau berat spesifik (Specific Gravity) adalah nilai yang menggambarkan perbandingan antara berat volume partikel padat ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ) pada suhu 4°C (seperti yang dijelaskan oleh Darwis, 2018). Konsep ini dapat diungkapkan dalam rumus berikut :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$
$$G_s = \frac{c - a}{(b - a) \cdot T_1 - (d - c) \cdot T_2}$$

Dimana:

$G_s$  = Berat jenis

$\gamma_s$  = Berat volume butiran padat (gr)

$\gamma_w$  = Berat volume air (gr)

$a$  = Berat picnometer kosong (gr)

b = Berat picnometer + air suling (gr)

c = Berat picnometer + sampel kering (gr)

d = Berat picnometer + sampel kering + air suling (gr)

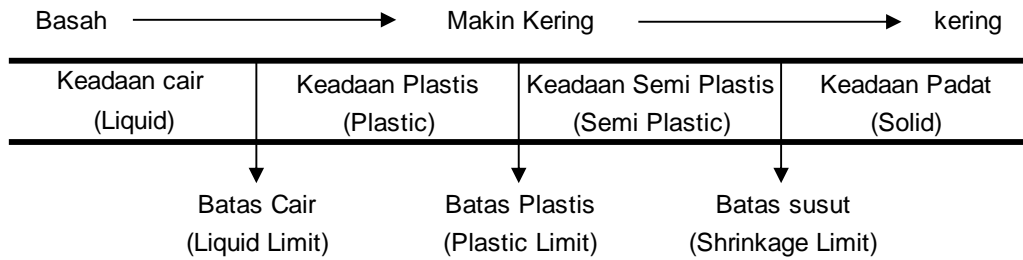
T1 = faktor koreksi pada suhu t1 (C°)

T2 = faktor koreksi pada suhu t2 (C°)

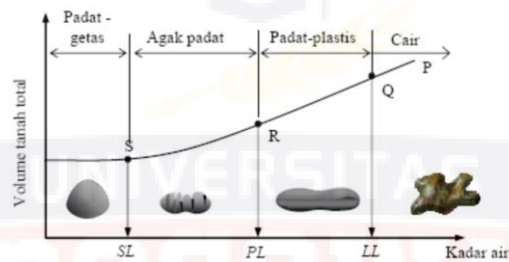
### **2.1.3.3 Batas - Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)**

Informasi yang sangat krusial sebelum melakukan perencanaan dan konstruksi di atas lapisan tanah butiran halus adalah sifat plastisitas tanah ini. Sifat plastis ini timbul karena adanya partikel mineral lempung dalam tanah, dan itu menggambarkan kemampuan tanah untuk beradaptasi dengan perubahan volume tanpa retakan atau kerusakan (seperti yang dijelaskan oleh Darwis, 2018).

Pada tahun 1991, Atterberg memperkenalkan suatu metode untuk menggambarkan batas-batas konsistensi tanah butiran halus dengan mempertimbangkan tingkat kelembaban tanah. Batas-batas ini meliputi batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*), dan batas susut (*Shrinkage Limit*) (sepaimana disampaikan oleh Hary Christady H. pada tahun 2019). Tata letak batas-batas konsistensi tanah tersebut dapat dilihat dalam skema berikut :



Angka-angka batasan Atterberg untuk mineral bermacam-macam mineral lempung menurut Mitchell (1976) dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



**Gambar 2. 2.** Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susut. (**Sumber** : Mitchell, 1976)

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan antara tanah yang bersifat kohesif seperti lempung dan tanah yang tidak memiliki sifat kohesif seperti pasir. Beberapa perbedaan ini mencakup hal-hal berikut :

- Tanah yang bersifat kohesif memiliki hambatan gesekan yang lebih kecil daripada tanah yang tidak memiliki sifat kohesif.
- Lempung memiliki tingkat kohesi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah butiran.
- Permeabilitas tanah lempung biasanya lebih rendah dibandingkan dengan tanah berbutir pasir.



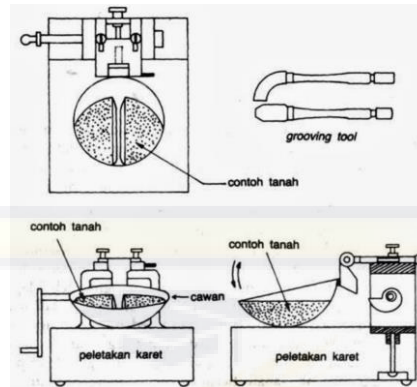
- Aliran air dalam tanah lempung cenderung berlangsung dengan kecepatan yang lebih lambat dibandingkan dengan tanah berbutir pasir.
- Biasanya, perubahan volume dalam tanah lempung terjadi dengan kecepatan yang lebih lambat daripada tanah berbutir pasir...

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

Batas cair (LL) adalah nilai tingkat kelembaban dalam tanah yang menandai batas antara keadaan plastis, yang merupakan batas atas dari wilayah plastis dalam tanah. Biasanya, batas cair diukur menggunakan metode yang dikenal sebagai uji Casagrande (1948). Ilustrasi alat untuk mengukur batas cair dapat ditemukan di Gambar 2.3. Proses pengujian ini melibatkan contoh tanah yang ditempatkan dalam sebuah cawan dengan tinggi sekitar 8 mm. Kemudian, alat pembuatan alur (gloving tool) digunakan untuk meratakan permukaan tanah di tengah cawan hingga mencapai dasarnya. Selanjutnya, dengan menggunakan alat penggetar, cawan tersebut ditapak-tapakkan pada permukaan landasan dengan ketinggian jatuh sejauh 1 cm. Persentase kadar air yang diperlukan untuk menutup celah dengan panjang 12,7 mm di dasar cawan akan dicatat. Karena kesulitan dalam mengontrol kadar air saat celah menutup dengan presisi selama 25 kali pukulan, maka batas cair dari tanah tersebut ditentukan pada titik ini (sebagaimana dijelaskan oleh Hary Christady H. pada tahun 2019).

Kemudian, untuk menentukan nilai kadar air yang tercapai setelah 25 pukulan, dilakukan penggambaran grafik semi-logaritmik yang

mengilustrasikan hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan, sebagaimana dijelaskan dalam Gambar 2.3.



**Gambar 2. 3.** Skema Alat Pengujian Batas Cair

(Sumber : hary Christady H 2019)

Dari banyak uji batas cair, Waterways Experiment Station di Vicksburg, Mississippi (1949), menyusulkan persamaan batas cair :

$$LL = wN - N \times \left( \frac{\text{massa air}}{25} \right) 0,121$$

$$wN = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat air butir tanah}}$$

Dimana :

N = jumlah pukulan, untuk menutup celah 0,5 in (12,7 mm)

wN = kadar air

Tgβ = 0,121 (tapi tgβ tidak sama dengan 0,121 untuk semua jenis tanah)

## 2. Batas Plastis (Plastic Limit)

Batas plastis (PL) adalah kadar air tertentu yang menandai posisi antara wilayah plastis dan semi padat dalam tanah. Pada kadar air ini, tanah dengan diameter silinder 3,2 mm akan mulai mengalami keretakan ketika digulung (seperti yang dijelaskan oleh Hary Christady H. pada tahun 2019).

Batas Plastis dapat ditentukan dengan cara :

$$PL = \frac{\text{berat tanah basah}}{\text{berat tanah kering}} \times 100 \%$$

$$PL = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} \times 100 \%$$

Dimana:

W1 = Berat cawan kosong

W2 = Berat cawan + tanah basah

W3 = Berat Cawan + Tanah Kering

## 3. Batas Susut (Shrinkage Limit)

Tanah akan mengalami penyusutan ketika kadar air berkurang secara perlahan-lahan dari dalamnya. Proses kehilangan air akan mencapai tingkat keseimbangan di mana penambahan atau kehilangan air tambahan tidak akan memengaruhi volume tanah (seperti yang dijelaskan oleh Das pada tahun 1991).

Batas susut (SL) adalah nilai kadar air yang menandai batas antara wilayah semi padat dan padat dalam tanah. Ini adalah persentase kadar air di mana pengurangan lebih lanjut dalam kadar air tidak akan mengubah volume tanah. Eksperimen untuk menentukan batas susut dilakukan di laboratorium menggunakan cawan porselin berdiameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. Interior cawan dilapisi dengan pelumas dan diisi dengan tanah hingga mencapai kejenuhan penuh. Kemudian, tanah tersebut dikeringkan dalam oven, dan pengukuran volume dilakukan dengan mencelupkannya ke dalam air raksa. Batas susut dapat dijelaskan dalam bentuk suatu persamaan (seperti yang diuraikan oleh Hary Christady H. pada tahun 2019).

$$SL = \left[ \left( \frac{\text{Berat Jenis}}{\text{Berat Tanah Kering}} \right) = \left( \frac{\text{Volume Air}}{\text{Berat Tanah Kering}} \right) \right] \times 100$$

$$SL = \left\{ \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{m_2} \right\} \times 100\%$$

Dimana :

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

$m_2$  = berat tanah kering oven (g)

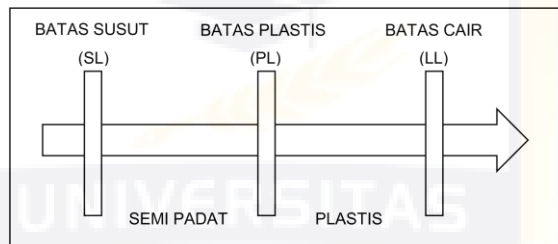
$v_1$  = volume tanah basah dalam cawan ( $cm^3$ )

$v_2$  = volume tanah kering oven ( $cm^3$ )

$\gamma_w$  = berat volume air ( $g/cm^3$ )

#### 4. Indeks Plastis (Plasticity Index/ PI)

Indeks plastisitas adalah nilai yang menggambarkan selisih antara batas cair dan batas plastis, yang sebenarnya adalah perbedaan dalam kadar air yang menjaga sifat plastis tanah. Ini merupakan ukuran yang mencerminkan karakteristik plastisitas tanah, seperti yang terlihat dalam ilustrasi di bawah ini :



$$PI = LL - PL$$

$$PI = (wN (N 25) \text{ tg}\beta) - \frac{\text{berat tanah basah}}{\text{berat tanah kering}} \times 100 \%$$

$$wN = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat air butir tanah}}$$

Dimana :

PI = Plastis Indeks (%)

LL = Liquid Limit (%)

PL = Plastis Limit (%)

N = jumlah pukulan, untuk menutup celah 0,5 in (12,7 mm)

wN = kadar air

$Tg\beta = 0,121$  (tapi  $tg\beta$  tidak sama dengan 0,121 untuk semua jenis tanah)

Indeks plastisitas adalah petunjuk yang menggambarkan karakteristik plastisitas suatu tanah. Apabila nilai IP tinggi, hal ini menandakan bahwa tanah tersebut memiliki sejumlah besar mineral lempung, sementara jika nilai IP rendah, maka tanah tersebut lebih banyak mengandung lanau. Salah satu ciri utama dan karakteristik tanah berlempung adalah kecenderungannya untuk mengering dengan cepat dengan hanya sedikit penurunan kadar air (seperti yang dijelaskan oleh Darwis pada tahun 2018).

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut :

**Tabel 2. 4.** Nilai indeks plastis dan macam tanah

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

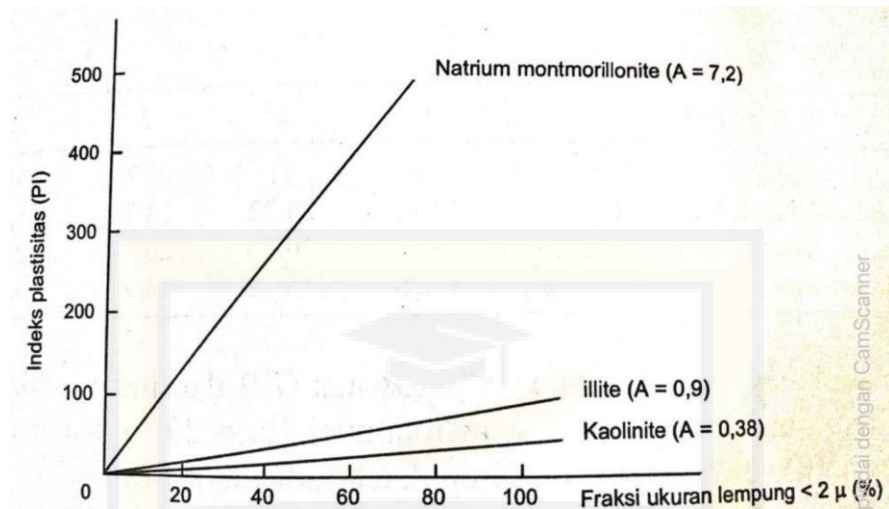
(Sumber : Darwis, 2018).

## 5. Aktivitas

Ketebalan lapisan air yang mengelilingi butiran tanah lempung bervariasi tergantung pada jenis mineralnya. Oleh karena itu, plastisitas tanah lempung dapat dipengaruhi oleh:



1. Sifat mineral lempung yang ada pada butiran
2. Jumlah mineral



**Gambar 2. 4.** Aktivitas Lempung (Skempton 1953)

(*sumber* : darwis 2018)

Dalam konsep Atterberg, jumlah air yang melekat pada permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang terkandung dalam tanah.

#### 2.1.3.4 Analisa saringan

Analisis ukuran butiran tanah melibatkan penentuan persentase berat butiran pada diameter tertentu. Untuk melakukan analisis ukuran butiran tanah, diperlukan dua pengujian yang harus dilakukan secara bersamaan dan tak dapat dipisahkan, yaitu analisis saringan (sieve analysis) dan analisis hydrometer (hydrometer analysis).

Analisis saringan digunakan untuk menentukan distribusi ukuran butiran kasar (granuler) dalam sampel tanah yang telah dikeringkan. Pengujian ini dilakukan dengan menyaring sampel tanah melalui serangkaian saringan standar yang tersusun secara bertingkat. Berat tanah yang tertahan pada setiap saringan kemudian diukur, dan hasilnya diekspresikan dalam bentuk persentase terhadap berat total sampel tanah yang dianalisis (sesuai dengan penjelasan Darwis pada tahun 2018). Dari data ini, formula yang relevan dapat dihasilkan. :

$$\% \text{ tertahan} = \frac{\text{Berat kumulatif}}{\text{Berat total}} \times 100\%$$

$$\% \text{ lolos} = 100\% - \% \text{ tertahan}$$

Analisis hidrometer dilaksanakan dengan tujuan mengidentifikasi distribusi ukuran butiran yang tergolong berbutir halus atau fraksi halus dalam campuran tanah umum (common soil). Sampel tanah yang akan dianalisis dengan metode hidrometer harus terlebih dahulu melewati saringan No.200 dan harus bebas dari materi organik. Hal ini dilakukan untuk mencegah zat organik yang bukan merupakan bagian dari karakteristik tanah ikut campur dalam analisis hidrometer, yang dapat mengganggu hasil analisis tersebut, sebagaimana dijelaskan oleh Darwis pada tahun 2018.

Analisis hidrometer adalah prosedur yang digunakan untuk menentukan ukuran partikel dalam tanah yang termasuk dalam fraksi

berbutir halus atau bagian halus dari campuran tanah berbutir kasar. Prinsip dasar analisis ini adalah pengendapan partikel-partikel tanah dalam air.

Selama eksperimen, kita akan mengukur berat tanah kering awal, dan selain itu, kita juga akan mencatat berat tanah yang tertahan oleh hidrometer serta berat total yang terkumpul..

- Untuk persentase butiran-butiran halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Butiran halus} = \frac{\alpha \cdot R_{cp}}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

$W_s$  = Berat kering contoh tanah

$\alpha$  = Koreksi untuk berat jenis dari butiran tanah

$$\alpha = \frac{GS \times 1.65}{(GS - 1) \times GS}$$

- Rumus untuk mencari garis tengah butir-butir tanah adalah:

$$D = \kappa \left( \frac{L}{t} \right)^{0.5}$$

Dimana :

$\kappa$  = Rasio kekentalan air ditentukan dengan menggunakan grafik

$L$  = Panjang efektif yang ditentukan dengan menggunakan grafik diberikan pada gambar sesuai dengan harga  $R$  yang bersangkutan

$T$  = Waktu pembacaan

**Tabel 2. 5.** Skema jenis tanah dan batas - batas ukuran butirnya

Tanah Berbutir Halus		Tanah Berbutir Kasar			
(Tanah Berkohesi)		(Tanah Tidak Berkohesi)			
Lempung	Lanau	Pasir			Krikil
		Halus	Sedang	Kasar	
0,001 - 0,005	0,005 - 0,075	0,075	2	4,75	4,75 - 75

**Tabel 2. 6.** Faktor Koreksi  $\alpha$ , untuk Hidrometer 152 H terhadap Berat Jenis Butir Tanah

Berat Jenis, G	Faktor Koreksi, $\alpha$
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,04

(Sumber : ASTM D 1140-0)

**Tabel 2. 7.** Harga K untuk Menghitung Diameter Butir dengan Hidrometer

Suhu (°C)	Specific Gravity of Soil Particles								
	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
16	0,01510	0,01505	0,01481	0,01457	0,01435	0,01414	0,01394	0,01371	0,01356
17	0,01511	0,01486	0,01462	0,01439	0,01417	0,01396	0,01376	0,01356	0,01338
18	0,01492	0,01467	0,01443	0,01421	0,01399	0,01378	0,01359	0,01339	0,01321
19	0,01474	0,01449	0,01425	0,01140	0,01382	0,01361	0,01342	0,01323	0,01305
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01368	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01308	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01252	0,01332	0,01312	0,01294	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01279	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01465	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01218	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01328	0,01304	0,01283	0,01264	0,01244	0,01225	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,01290	0,01269	0,01249	0,01240	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01235	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

(Sumber : ASTM D 1140-0)

**Tabel 2. 8.** Harga Kedalaman Efektif L Hidrometer 152 H, Ditentukan oleh Macam Hidrometer, Ukuran Silinder Pengendap

Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)	Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)	Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)
0	16,3	21	12,9	42	9,4
1	16,1	22	12,7	43	9,2
2	16,0	23	12,5	44	9,1
3	15,8	24	12,4	45	8,9
4	15,6	25	12,2	46	8,8
5	15,5	26	12,0	47	8,6
6	15,3	27	11,9	48	8,4
7	15,2	28	11,7	49	8,3
8	15,0	29	11,5	50	8,1
9	14,8	30	11,4	51	7,9
10	14,7	31	11,1	52	7,8
11	14,5	32	11,1	53	7,6
12	14,3	33	10,9	54	7,4
13	14,2	34	10,7	55	7,3
14	14,0	35	10,6	56	7,1
15	13,8	36	10,4	57	7,0
16	13,7	37	10,2	58	6,8
17	13,5	38	10,1	59	6,6
18	13,3	39	9,9	60	6,5
19	13,2	40	9,7		
20	13,0	41	9,6		

Sumber : ASTM D 1140-0

#### 2.1.4 Sifat – sifat mekanis tanah

#### **2.1.4.1 Pengujian Pemadatan Tanah**

Pemeriksaan pemadatan tanah bertujuan untuk mengidentifikasi relasi antara kadar air dan tingkat kepadatan tanah. Ini dilakukan dengan memadatkan tanah di dalam cetakan silinder berukuran tertentu, menggunakan alat penumbuk berat seberat 2,5 kg (5,5 lbs) dengan ketinggian jatuh 30 cm (12") untuk metode pemadatan standar (Proctor), dan alat penumbuk berat seberat 4,54 kg (10 lbs) dengan ketinggian jatuh 45,7 cm (18") untuk metode pemadatan berat (modified).

Pemadatan tanah sering kali dilakukan ketika tanah di lapangan memerlukan perbaikan untuk mendukung struktur bangunan di atasnya atau saat tanah akan digunakan sebagai bahan timbunan. Tujuan pemadatan ini antara lain :

1. Mengkalkulasi stabilitas geser tanah.
2. Mengurangi tingkat kompresibilitas atau sifat muda mampat.
3. Menghambat laju permeabilitas.
4. Mengendalikan perubahan volume yang disebabkan oleh fluktuasi kadar air, dan sebagainya.

Tanah lempung yang mengalami proses pemadatan yang tepat dapat menunjukkan tingkat kuat geser yang tinggi. Ketahanan terhadap perubahan volume akibat kembang susut tergantung pada jenis mineral yang terkandung dalam tanah tersebut. Tanah lempung yang padat memiliki tingkat permeabilitas yang rendah dan tidak dapat dengan efektif



dipadatkan saat dalam kondisi sangat basah (jenuh). Proses peningkatan berat volume kering tanah oleh beban dinamis disebut sebagai pemadatan (seperti yang dijelaskan oleh Hary Christady H. pada tahun 2019).

Keterkaitan antara berat volume kering ( $\gamma_d$ ), berat volume basah ( $\gamma_b$ ), dan kadar air (%) dinyatakan dalam suatu persamaan :

Rumus berat volume basah ( $\gamma_b$ )

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

Dimana :

$W$  = Berat tanah (gram)

$V$  = Volume mould ( $\text{cm}^3$ )

$\gamma_b$  = Berat volume basah ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

Rumus berat volume kering ( $\gamma_d$ )

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

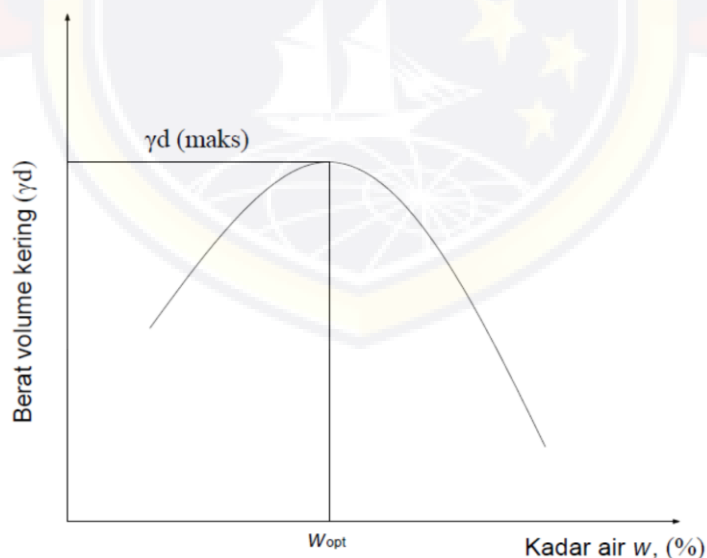
Dimana :

$W_s$  = Berat kering tanah (gram)

$V$  = Volume Tanah Total (Tanah + Air) ( $\text{cm}^3$ )

$\gamma_d$  = berat volume kering ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

Di dalam laboratorium, pengujian pemadatan dilakukan menggunakan sebuah cetakan silinder dengan volume  $9,34 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , dan alat penumbuk berbobot 2,5 kg dengan tinggi jatuh sejauh 30,5 cm. Dalam pengujian ini, tanah dipadatkan dalam tiga lapisan (sesuai standar Proctor) dan lima lapisan (sesuai modified Proctor) dengan melakukan 25 pukulan pada setiap lapisan. Setelah itu, sebuah grafik dibuat untuk memvisualisasikan hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah. Kurva yang terbentuk dari pengujian ini mencermati nilai kadar air optimal (kadar air optimum) yang diperlukan untuk mencapai berat volume kering maksimum atau tingkat kepadatan paling tinggi (sesuai dengan penjelasan oleh Hary Christady H. pada tahun 2019).



**Gambar 2. 5.** Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering  
(*Sumber. Hary Christady H 2019*)

#### **2.1.4.2 Pengujian CBR (California Bearing Ratio)**

CBR (California Bearing Ratio) adalah perbandingan antara beban yang diperlukan untuk menembus suatu material dengan kecepatan dan kedalaman penetrasi yang sama terhadap material standar. Pengujian CBR, juga dikenal sebagai uji CBR, dilakukan dengan mengukur tekanan yang diperlukan untuk menembus sampel tanah menggunakan plunger berukuran standar. Metode CBR pertama kali dikembangkan oleh California Division of Highway untuk digunakan dalam konstruksi jalan raya, dan kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh U.S. Corps Of Engineers.

Nilai CBR adalah cara untuk mengukur kekuatan suatu tanah pada tingkat kepadatan dan kadar air tertentu dibandingkan dengan kekuatan bahan batu pecah yang telah diketahui, yang memiliki nilai CBR sebesar 100. Berdasarkan cara pengambilan sampel tanah, pengujian CBR dapat dibagi menjadi beberapa jenis, termasuk pengujian CBR di lapangan, pengujian CBR di lapangan setelah direndam, dan pengujian CBR di laboratorium dengan dan tanpa proses perendaman.

CBR di lapangan (CBR in place) digunakan untuk mendapatkan nilai CBR asli di lokasi konstruksi, sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu. Biasanya, metode ini digunakan ketika lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi, dan juga untuk mengendalikan tingkat kepadatan yang telah dicapai agar sesuai dengan yang diinginkan. CBR di lapangan setelah direndam (undisturbed soaked CBR) digunakan untuk menentukan nilai

CBR di lapangan dalam kondisi tanah yang jenuh air dan mengalami pembengkakan maksimum.

Nilai CBR diukur sebagai persentase perbandingan antara tekanan yang dibutuhkan untuk menembus tanah dengan menggunakan plunger berdiameter 3 inci dan kecepatan penetrasi 0,05 inci per menit terhadap tekanan yang dibutuhkan untuk menembus bahan standar tertentu. Nilai standar ini didapatkan melalui pengujian material batu pecah yang memiliki kualitas tinggi dan telah dipadatkan dengan nilai CBR sebesar 100%.

$$\text{Nilai CBR} = \text{Nilai Beban Uji} / \text{Nilai Beban Standart} \times 100 \%$$

Dengan kata lain, nilai CBR adalah cara untuk menilai kualitas tanah dasar dengan membandingkannya dengan kemampuan material standar, yang dalam hal ini adalah batu pecah yang memiliki nilai CBR sebesar 100%, dalam menahan beban dari lalu lintas.



**Gambar 2.5** Alat Pemeriksa Nilai CBR di Laboratorium

### **2.1.4.3 Pengujian Permeabilitas**

Permeabilitas mengacu pada kecepatan atau lambatnya air menembus tanah, baik melalui pori-pori makro maupun mikro, dalam arah horizontal atau vertikal. Tanah terdiri dari partikel-padat yang memiliki rongga-rongga yang saling terhubung. Rongga ini memungkinkan aliran air melalui partikel tanah dari satu titik ke titik yang lebih rendah. Kemampuan tanah untuk memungkinkan aliran air dengan berbagai tingkat kecepatan disebut sebagai permeabilitas tanah. Sifat ini sebagian besar berasal dari karakteristik alami partikel-partikel granular dalam tanah, meskipun bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti kadar air terikat dalam tanah liat. Oleh karena itu, berbagai jenis tanah akan memiliki tingkat permeabilitas yang berbeda.

Koefisien permeabilitas sangat bergantung pada ukuran rata-rata pori dalam tanah, yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel, dan struktur tanah secara umum. Semakin kecil ukuran partikelnya, semakin kecil pula ukuran pori, dan semakin rendah koefisien permeabilitasnya. Ini berarti bahwa lapisan tanah yang terdiri dari butiran kasar dengan pori-pori besar akan memiliki permeabilitas yang tinggi. Selain itu, permeabilitas akan berbeda tergantung pada arah aliran; misalnya, dalam lapisan yang memiliki butiran kasar, permeabilitas untuk aliran sejajar akan lebih tinggi daripada aliran tegak lurus. Demikian pula, lapisan lempung yang memiliki retakan akan memiliki permeabilitas yang lebih tinggi daripada yang tidak memiliki retakan (tidak bercelah).

Hukum Darcy menjelaskan bagaimana air mengalir melalui pori-pori dalam tanah dan faktor-faktor yang memengaruhi aliran ini. Dua asumsi utama yang

digunakan dalam hukum Darcy adalah bahwa aliran fluida dalam tanah bersifat laminar dan bahwa tanah berada dalam keadaan jenuh.

Istilah "koefisien rembesan" biasanya digunakan oleh para ahli teknik tanah (geoteknik), sementara para ahli geologi lebih sering menggunakan istilah "konduktivitas hidrolik." Satuan pengukuran koefisien rembesan dapat berbeda tergantung pada sistem pengukuran yang digunakan. Dalam satuan Imperial (Inggris), koefisien rembesan dinyatakan dalam ft/menit atau ft/hari, sedangkan volume total diukur dalam ft<sup>3</sup>. Dalam satuan SI, koefisien rembesan diukur dalam cm/detik, dan volume total diukur dalam cm<sup>3</sup>.

Terdapat beberapa metode pengujian laboratorium yang dapat digunakan untuk menentukan koefisien permeabilitas tanah, antara lain uji tetap energi tinggi (constant-head) dan uji turun energi tinggi (falling head):

a) Uji tinggi energi tetap ( constant-head )

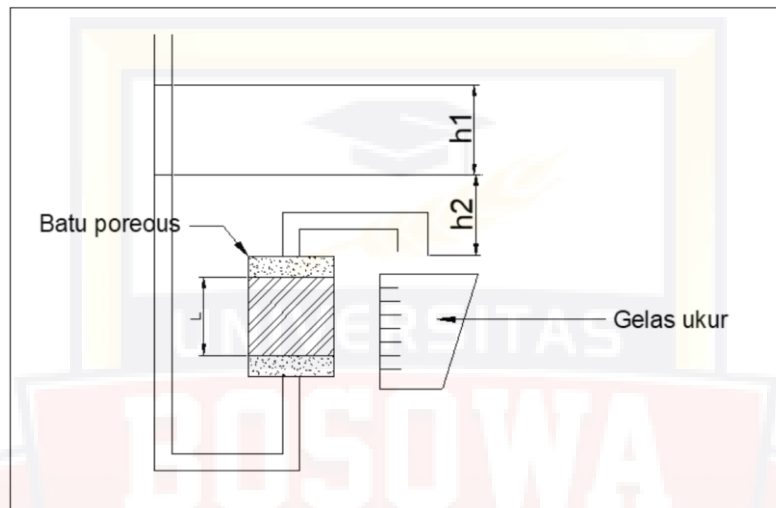
Pengujian tinggi energi tetap, atau constant-head, digunakan untuk menguji tanah yang memiliki butiran kasar dan tingkat koefisien permeabilitas yang tinggi.

b) Uji tinggi energi turun (falling-head)

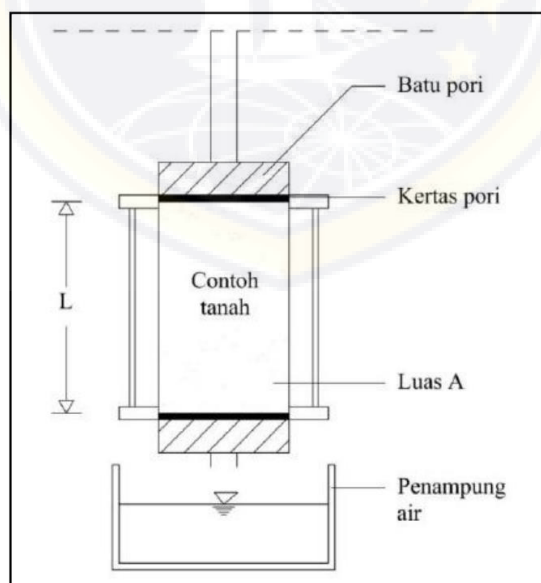
Pengujian tinggi energi turun, atau falling-head, cocok untuk menguji tanah dengan butiran halus dan tingkat koefisien permeabilitas yang lebih rendah.

Namun, dalam penelitian ini, digunakan suatu modifikasi pada metode falling head dengan menggunakan Alat Modifikasi yang tersedia di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa. Modifikasi ini melibatkan penambahan alat pemberi tekanan berupa kompresor. Fungsi dari alat

pemberi tekanan adalah untuk mengejar aliran air. Namun, jika kompresor tidak tersedia, biasanya para peneliti membiarkan sampel tanah tersebut hingga jenuh air, yang membantu air meresap ke dalam sampel lebih cepat dan mempercepat proses pengujian permeabilitas. Informasi lebih lanjut tentang alat uji permeabilitas ini dapat ditemukan pada referensi yang sesuai **Gambar 2.6**



**Gambar 2. 6.** alat uji Permeabilitas



**Gambar 2. 7.** Detail sampel pada alat uji Permeabilitas



Tahap pelaksanaan eksperimen dapat dilihat dalam Gambar 2.7. Dalam eksperimen ini, sebidang tanah dengan panjang  $L$  dan luas  $A$  ditempatkan dalam sebuah silinder. Di dalam silinder tersebut, terdapat sebuah pipa kecil dengan luas penampang  $a$  yang diisi dengan air hingga mencapai ketinggian awal  $h_1$ . Karena perbedaan tinggi air, air akan mengalir melalui pori-pori tanah, dan akibatnya, pada suatu titik tertentu, ketinggian air dalam pipa akan mencapai  $h_2$  yang lebih rendah.

Penentuan nilai koefisien permeabilitas ( $k$ ) dilakukan dengan mengukur penurunan tinggi air dalam pipa. Oleh karena itu, tegangan air dalam pipa tidak akan selalu konstan, dan rumus Darcy dapat diterapkan pada saat tertentu. (Bambang Surendro, Mekanika Tanah).

$$Q = q.t = k.i.A.t$$

Dalam persamaan tersebut,  $A$  merupakan luas penampang benda uji dan  $Q$  adalah volume air yang terdapat dalam gelas ukur. Karena  $i$  (perbedaan tinggi air) sama dengan  $h$  (tinggi air dalam pipa) dibagi oleh  $L$  (panjang benda uji atau panjang aliran), maka dapat disimpulkan bahwa  $Q$  dapat dihitung sebagai  $k$  kali  $(h/L)$ . Data yang diperlukan dapat ditemukan dari persamaan ini :

$$k = \frac{Q.L}{h.A.t}$$

Dalam keadaan tanah yang jenuh, selama pori-pori tanah tidak memiliki ukuran yang sangat besar, aliran air biasanya bersifat laminar.

Dalam rentang aliran laminar ini, Darcy (1856) mengemukakan suatu persamaan yang menggambarkan hubungan antara kecepatan aliran dan gradien hidrolik.

$$V = k \cdot i$$

Gradien hidrolik (  $i$  ), didefinisikan sebagai:

$$i = \frac{h}{L}$$

Dengan menggunakan  $L$  untuk menggambarkan panjang sampel, karena air hanya dapat mengalir melalui pori-pori tanah, maka persamaan yang menggambarkan kecepatan sebenarnya aliran melalui tanah ( $v_s$ ) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$v_s = \frac{v}{n} \quad \text{atau} \quad v_s = \frac{k \cdot i}{n}$$

Untuk tanah dengan volume satuan, porositas (  $n$  ), dinyatakan oleh:

$$n = \frac{e}{1+e}$$

Dengan  $n$  adalah porositas tanah. Angka pori ( $e$ ), didefinisikan sebagai:

$$e = \frac{G_s \cdot Y_w}{y_d} - 1$$

Hasil dari pengujian digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai yang ada di sisi kanan persamaan tersebut. Dengan menggantikan nilai-nilai

tersebut ke dalam persamaan, maka koefisien permeabilitas (k) dapat dihitung.

Pada pengujian permeabilitas menggunakan alat modifikasi, beberapa data yang perlu diobservasi adalah sebagai berikut:

- a. Volume aliran (V), yang dapat dihitung dengan mengurangkan berat penampung air terisi (W1) dengan berat penampung air kosong (W0).
- b. Berat jenis air ( $\gamma_w$ ), yang memiliki nilai standar sebesar 1 gr/cm<sup>3</sup>.
- c. Waktu yang diperlukan untuk mencapai aliran air tertentu (t).
- d. Tekanan yang diberikan pada sistem (P).
- e. Luas penampang benda uji (A).
- f. Panjang benda uji (L).
- g. Koefisien permeabilitas (k)..

Untuk mencapai penurunan air dari h1-h2, maka rumus Koefisien permeabilitas sebagai berikut:

$$k = \frac{a.L}{A.t} \cdot 2,303 \log \frac{h1}{h2}$$

Dimana:

k = Koefisien permeabilitas (cm/detik)

V = Volume air rembesan (cm<sup>3</sup>)

L = Panjang benda uji (cm)

$\gamma_w$  = Berat jenis air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

P = Tekanan yang diberikan ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ )

A = Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )

t = Waktu pengamatan (detik)

## **2.2 Bahan Tambah**

### **2.2.1 Fertilizer**

Fertilizer adalah sejenis pupuk kimia yang terdiri dari dua jenis, yaitu Pupuk Urea dan Pupuk NPK. Pupuk Urea mengandung tingkat nitrogen (N) yang tinggi dan biasanya berbentuk butiran kristal dengan warna putih atau merah muda. Pupuk urea mudah larut dalam air dan memiliki sifat yang menyerap air dengan mudah (higroskopis). Di sisi lain, pupuk NPK adalah pupuk majemuk yang mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam komposisi yang berbeda, dan masing-masing unsur diwakili oleh huruf awal namanya (N, P, dan K). Pupuk NPK adalah salah satu jenis pupuk majemuk yang paling umum digunakan.

Pupuk urea memiliki kandungan nitrogen sebesar 46%, sedangkan pupuk NPK menggabungkan unsur nitrogen, fosfor, dan kalium. Pupuk NPK sering diberi label berdasarkan komposisi relatif dari nitrogen, kalium, dan fosfor. Nilai N mewakili persentase nitrogen dalam berat pupuk, sementara nilai P dan K mewakili kadar oksida fosfor dan kalium dalam bentuk  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ .  $\text{P}_2\text{O}_5$  mengandung 56.4% oksigen dan 43.6% fosfor, sehingga

berat fosfor dalam pupuk dapat dihitung dengan mengalikan 0.436 dengan  $P_2O_5$ .  $K_2O$  mengandung 17% oksigen dan 83% kalium, sehingga berat kalium dalam pupuk dapat dihitung dengan mengalikan 0.83 dengan  $K_2O$ . (Kandar KH, 2019)

Selain harganya yang terjangkau dan mudah ditemukan di toko pertanian, bahan campuran pupuk juga memiliki manfaat untuk mengurangi limbah bekas dari pupuk urea dan pupuk NPK, serta dapat meningkatkan pemahaman tentang perkuatan tanah di lahan pertanian yang sebelumnya ditanami dengan pupuk berulang. Berikut adalah gambaran dari Fertilizer.

a. Pupuk Urea



**Gambar 2. 8.** Pupuk Urea

b. Pupuk NPK



**Gambar 2. 9.** Pupuk NPK

### **2.2.2 Pencampuran**

Penelitian ini melibatkan pengujian dan pengamatan yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan berbagai benda uji. Benda uji ini merupakan hasil campuran antara Fertilizer dan Tanah Lempung ekspansif, dengan Fertilizer digunakan sebagai bahan tambahan.

Variasi yang digunakan untuk pupuk NPK adalah sebanyak 5%, 10%, dan 15%, dengan batasan variasi pupuk NPK yang ditetapkan sebanyak 10%. Tanah Lempung yang digunakan memiliki ketebalan sekitar  $\pm 3$  cm. Proporsi campuran antara Fertilizer dan Tanah Lempung ini merupakan salah satu variabel yang diuji dalam penelitian ini.

### **2.3 Stabilisasi Tanah**

Prinsip-prinsip umum dalam stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu langkah berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambahkan material yang tidak reaktif untuk meningkatkan kohesi dan/atau tahanan geser tanah.
3. Menambahkan bahan yang mengakibatkan perubahan kimia dan/atau fisik pada tanah.
4. Menurunkan tingkat air dalam tanah.
5. Menggantikan tanah yang tidak memenuhi standar.

Jika alternatif lokasi yang lain tidak tersedia atau pertimbangan lingkungan serta pengaturan zona telah membatasi pilihan yang ada, maka stabilisasi tanah di lokasi bangunan menjadi kebutuhan penting untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan. Selain itu, merancang struktur yang disesuaikan dengan kondisi tanah mungkin akan menghadirkan tantangan perencanaan yang dapat mengakibatkan situasi di mana desain melebihi kebutuhan sebenarnya (over desain)..

#### **2.4 Penelitian Terdahulu**

- **STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN CAMPURAN PUPUK UREA DAN KAPUR TERHADAP NILAI CBR DAN PARAMETER KUAT GESER TANAHNYA;***oleh Rochmad Rizqi Mustaqim ; Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.*

Berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia, menggunakan sampel tanah yang dikumpulkan di Desa Karangwaru, Kecamatan Plupuh, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah, yang telah distabilisasi dengan 1% kapur dan variasi pupuk urea sebesar 0,5%, 1%, dan 1,5%, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis tanah di Desa Karangwaru, Kecamatan Plupuh, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah, menurut sistem USCS adalah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, juga dikenal sebagai



lempung "gemuk" (fat clays). Menurut AASHTO, tanah sampel dari daerah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5, yang berarti jenis tanahnya adalah lempung dengan sifat sedang hingga buruk.

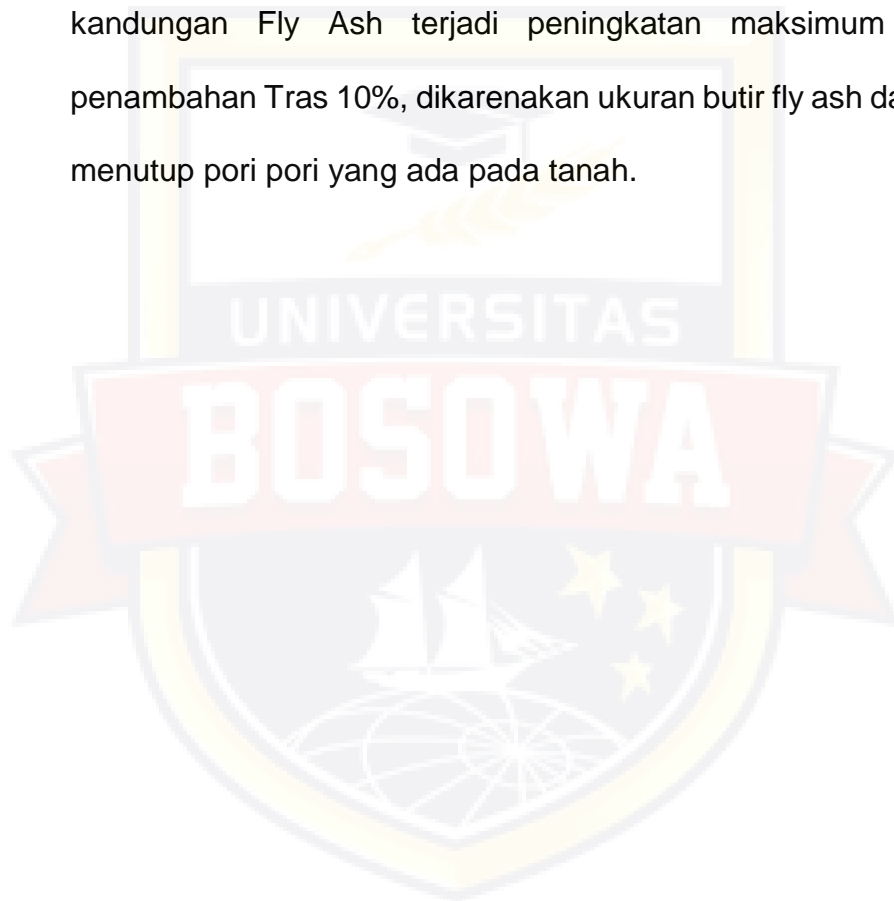
2. Pada sampel yang telah diperlakukan dengan kapur sebanyak 1% dan pupuk UREA sebesar 1,5% selama 7 hari, ditemukan bahwa nilai CBR (California Bearing Ratio) adalah 608,029%. Sementara itu, dengan penambahan pupuk UREA sebesar 0,5%, 1%, dan 1,5%, nilai CBR berturut-turut adalah 735,036%, 788,321%, dan 788,321%.
3. Nilai CBR pada kondisi terendam selama 4 hari dengan penambahan kapur sebesar 1% dan pupuk UREA sebesar 0,5%, 1%, dan 1,5% mengalami peningkatan sebesar 358,407%, 369,027%, dan 466,372%, berturut-turut.

- **ANALISIS KUAT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN TAMBAHAN FERTILIZER;** oleh Reinaldo Rembet, Steeva G. Rondonuwu, Alva N. Sarajar, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi. Berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi untuk analisis sampel tanah pulutan dengan cara uji triaxial menggunakan metode UU pada variasi penambahan fertilizer Pupuk urea 0%, 2%, 5%, 7%, 10 % dan NPK 0%, 2%, 5%, 7%, 10 % dapat disimpulkan:

1. Nilai kohesi, tegangan normal dan sudut geser tanah tidak terjadi peningkatan terhadap nilai parameter dari tanah awal (tanah asli) tetapi dari hasil grafik menunjukkan cenderung menurunkan kemampuan tanah. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi yaitu kepadatan, kadar air dan perlakuan sampel dari tanah tersebut menyesuaikan dengan tanah asli.
  2. Nilai kuat geser tanah ( $\tau$ ) cenderung mengalami penurunan dari tanah asli untuk sampel pertama dan kedua, sedangkan sampel ketiga terjadi kenaikan dari tanah asli, faktor kepadatan, kadar air dan perlakuan sampel tanah sangat mempengaruhi kekuatan dari tanah tersebut
- **PENGARUH PENAMBAHAN TRAS DAN FLY ASH KELAS F TERHADAP CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG**; oleh Nur Safitriani, Jurusan Sipil, Universitas Bosowa. Berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Bosowa dengan sampel tanah lempung dengan variasi penambahan Fly Ash 10% dan Tras 0%, 5%, 10%, 15% dapat disimpulkan :
    1. Nilai California Bearing Ratio (CBR) mengalami peningkatan pada penambahan Fly ash 10%, serta tiap variasi Tras. Tetapi saat penambahan Tras terhadap tanah dengan kandungan Fly Ash terjadi peningkatan maksimum pada

penambahan Tras 10%, dikarenakan ukuran butir fly ash dan tras menutup pori pori yang ada pada tanah.

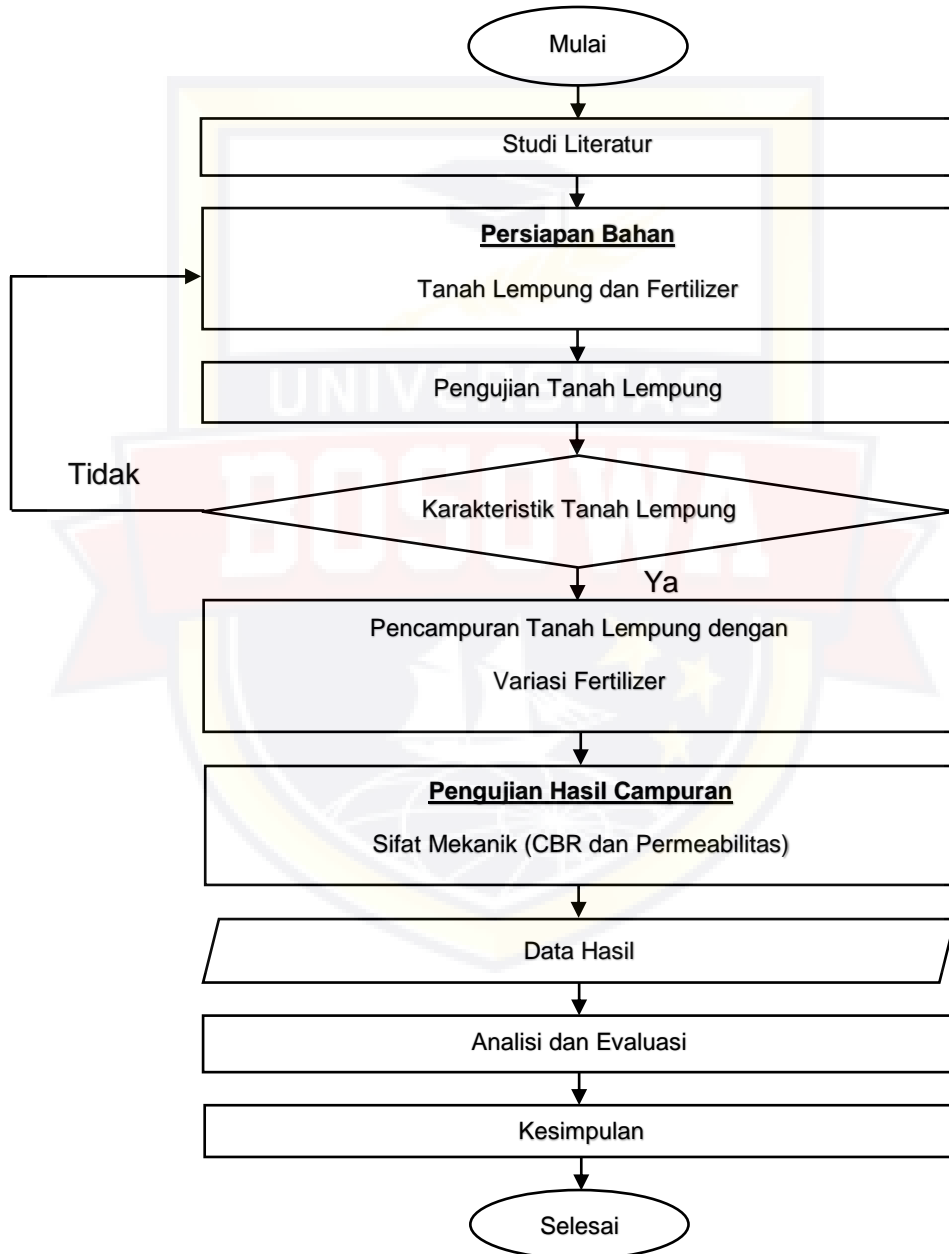
2. Nilai California Bearing Ratio (CBR) mengalami peningkatan pada pada penambahan Fly ash 10%, serta tiap variasi Tras. Tetapi saat penambahan Tras terhadap tanah dengan kandungan Fly Ash terjadi peningkatan maksimum pada penambahan Tras 10%, dikarenakan ukuran butir fly ash dan tras menutup pori pori yang ada pada tanah.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Bagan Alur Penelitian



### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pemeriksaan, pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

### 3.3 Pengadaan Sampel

1. Sampel tanah dalam penelitian ini berasal dari Kabupaten Luwu Timur (Kec. Tomoni Timur / Desa Alambuana ).
2. Fertilizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pupuk Urea yang mengandung Nitrogen dan Pupuk NPK yang mengandung Nitrogen 16%, Posfor 16%, Kalium 16%. Kedua Pupuk ini bisa didapatkan di Toko Bahan Pertanian.
3. Banyaknya Tanah Lempung yang digunakan adalah  $\pm 120$  Kg.

### 3.4. Jenis Pengujian Material

**Tabel 3.1** 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, LL</i> )	SNI 03-1967-2008
4	Batas Plastis ( <i>Plastic limit, PL</i> )	SNI 03-1966-2008
5	Batas Susut	SNI 3422 2008
6	Indeks Plastisitas ( <i>plasticity index, PI</i> )	SNI 03-1966-2008
7	Analisa Saringan	SNI 03-1968-2008
8	Analisi Hydrometer	SNI 03-3423-2008

### 3.5 Variabel Penelitian

Sebagaimana judul penelitian ini adalah “ Analisis Nilai CBR dan Permeabilitas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Fertilizer (Studi Kasus : Tanah Lempung Di Desa Alambuana Kab. Luwu Timur) “

Maka variabel yang digunakan adalah :

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi Tanah dan Pupuk NPK
2. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah komposisi Tanah dan Pupuk Urea

### 3.6 Notasi dan Jumlah Sampel

**Tabel 3.2** Sampel Pengujian untuk Tanah Asli.

No	Pengujian	Material dan Komposisi Campuran	Kode Sampel	Jumlah Sampel (Buah)
1	Pemadatan Tanah (Kompaksi)	Tanah Asli	TA K	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	K1	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	K2	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	K3	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	K4	1 set
2	CBR	Tanah Asli	TA C	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	C1	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	C2	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	C3	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	C4	1 set
3	Permeabilitas	Tanah Asli	TA P	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	P1	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	P2	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	P3	1 set
		Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	P4	1 set
<b>Jumlah total sampel uji</b>				<b>15 set</b>

Keterangan :

- Untuk 1 set kompaksi = 5 Mold Sampel
- Untuk 1 set CBR = 3 Mold Sampel
- Untuk 1 set Permeabilitas = 5 Mold Sampel

**Tabel 3.3** Jumlah Notasi Sampel Kompaksi

No	Tanah Lempung		Urea		NPK		Berat Campuran (gr)
	Presentasi	Berat (gr)	Presentasi	Berat (gr)	Presentasi	Berat (gr)	
1	90%	1800	10%	200	0%	0	2000
2	85%	1700	10%	200	5%	100	2000
3	80%	1600	10%	200	10%	200	2000
4	75%	1500	10%	200	15%	300	2000
	6600		800		600		8000

**Tabel 3.4** Jumlah Notasi Sampel CBR

No	Tanah Lempung		Urea		NPK		Berat Campuran (gr)
	Presentasi	Berat (gr)	Presentasi	Berat (gr)	Presentasi	Berat (gr)	
1	90%	4500	10%	500	0%	0	5000
2	85%	4250	10%	500	5%	250	5000
3	80%	4000	10%	500	10%	500	5000
4	75%	3750	10%	500	15%	750	5000
	16500		2000		1500		20000

**Tabel 3.5** Jumlah Notasi Sampel Permeabilitas

No	Tanah Lempung		Urea		NPK		Berat Campuran (gr)
	Presentasi	Berat (gr)	Presentasi	Berat (gr)	Presentasi	Berat (gr)	
1	90%	450	10%	50	0%	0	500
2	85%	425	10%	50	5%	25	500
3	80%	400	10%	50	10%	50	500
4	75%	375	10%	50	15%	75	500
	1650		200		150		2000

### 3.7. Metode Analisis

Dalam menganalisis data, kami melakukan evaluasi terhadap hasil uji yang telah dilakukan di laboratorium, sebagai berikut :

#### a. Analisis Tanah Asli

1. Kami melakukan analisis terhadap distribusi ukuran butiran dalam sampel tanah yang diuji di laboratorium. Selanjutnya, kami mengklasifikasikan tanah ini berdasarkan klasifikasi tanah yang

ada dan menggolongkannya berdasarkan jenis mineral yang terkandung dalam tanah tersebut.

2. Kami melakukan analisis terhadap kadar air dan berat jenis tanah lempung, khususnya dalam konteks penggunaan sebagai lapisan dasar tanah.
3. Kami melakukan analisis terhadap hasil pemadatan tanah dengan menggunakan Uji Proctor.
4. Kami juga melakukan analisis terhadap hasil pemadatan tanah asli untuk menentukan nilai optimal kadar air yang diperlukan guna meningkatkan kepadatan tanah..

**b. Analisis Tanah yang distabilisasi**

1. Pengaruh Fertilizer terhadap Nilai CBR
2. Pengaruh Fertilizer terhadap permeabilitas



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat Tanah Asli

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik tanah tanpa penambahan bahan tambah di laboratorium, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.1. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	30,87	%
2	Pengujian berat jenis	2,717	
3	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	64,75	%
	2. Batas Plastis	33,04	%
	3. Batas Susut	10,28	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	31,71	%
	5. Activity	0,85	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100,00	%
	#10 (2,00 mm)	99,68	%
	#20 (0,85 mm)	99,38	%
	#40 (0,43 mm)	99,00	%
	#60 (0,25 mm)	96,92	%
	#80 (0,180 mm)	95,48	%
	#100 (0,15 mm)	93,86	%
	#200 (0,075 mm)	82,72	%
5	Pasir	17,26	%
	Lanau	40,36	%
	Lempung	42,38	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	24,46	%
	$\gamma$ dry	1,51	gr/cm <sup>3</sup>

sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2023

#### 4.2 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah Setelah

dicampur Pupuk NPK dan Pupuk Urea

Hasil pengujian sifat mekanis setelah mencampur Urea dan berbagai variasi NPK menyajikan data sebagai berikut:

Tabel 4.2 Sifat Mekanik tanah setelah dicampur Urea dan variasi NPK

<b>Pengujian Kompaksi</b>	<b>Kadar Air Optimum</b>	<b><math>\gamma_d</math> maks</b>
Tanah Asli	24,46%	1,51%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	24,63%	1,56%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	25,33%	1,60%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	26,44%	1,61%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	27,28%	1,68%
<b>Pengujian CBR</b>	<b>Nilai CBR</b>	
Tanah Asli	1,02	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	1,23	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	3,07	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	3,25	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	4,03	
<b>Rembesan (Permeabilitas)</b>	<b>Koefisien Permeabilitas</b>	
Tanah Asli	0,0350	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	0,0315	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	0,0281	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	0,0273	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	0,0241	

sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Universitas Bosowa, 2023

#### 4.3 Hasil Pengujian California Bearing Ratio (CBR) Rendaman (Soaked)

##### a. Nilai CBR tanah Asli dan Tanah dengan Penambahan Urea 10% dan Variasi NPK 5%,10% 15% terhadap nilai CBR

NO	VARIASI CAMPURAN	KODE	NILAI CBR (%)	SELISIH	PENINGKATAN (%)
1	Tanah Asli	TA	1,02	0,21	20,59
2	Tanah Asli + Urea 10%	U10NPK0	1,23		
3	Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	U10NPK5	3,07	1,84	149,59
4	Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	U10NPK10	3,25	0,18	5,86
5	Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	U10NPK15	4,03	0,78	24,00

##### b. Nilai CBR tanah Asli dan Tanah dengan Penambahan Urea

NO	VARIASI CAMPURAN	KODE	Koefisien Permeabilitas (cm/s)	SELISIH	PENURUNAN (%)
1	Tanah Asli	TA	0,0350	0,0035	10,00
2	Tanah Asli + Urea 10%	P1	0,0315		
3	Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	P2	0,0281	0,0034	10,79
3	Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	P3	0,0273	0,0008	2,85
4	Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	P4	0,0241	0,0032	11,72

#### 4.4 Pembahasan Klasifikasi Tanah Asli

##### 4.4.1 AASHTO(American Association Of State Highway and Transportation Officials)

Sistem klasifikasi tanah yang mengadopsi klasifikasi AASHTO berdasarkan uji analisis distribusi butiran dan hasil pengujian batas-batas Atterberg, sebagai berikut :

- Tanah lolos saringan No.200 = 82,72%
- Batas Cair (LL) = 64,75 %
- Batas Plastis (PL) = 33,04 %

- Batas Susut = 10,28 %
- Indeks Plastisitas (IP) = 31,71 %

Berdasarkan analisis metode basah:

- persentase bagian tanah yang lolos saringan no. 200 adalah 82,72% (>30%), sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok: (A-4, A-5; A-6, A-7).
- Batas cair (LL) tanah adalah sebesar 64,75%. Mengingat batas cair yang lebih besar dari 41% akan menempatkan tanah dalam kelompok A-7 (A-7-5, A-7-6)
- Indeks Plastisitas (IP) tanah mencapai nilai sebesar 31,71%. Untuk kelompok A-7, nilai minimum PI adalah 11%, yang berarti tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7 (A-7-5, A-7-6).
- Sementara itu, nilai batas plastis (PL) tanah mencapai 33,04%, yang melebihi nilai ambang 30% untuk kelompok A-7, sehingga tanah tersebut masuk dalam kelompok A-7-5.

Oleh karena itu, tanah yang memenuhi kriteria klasifikasi di atas termasuk dalam kelompok tanah lempung kategori A-7-5.

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

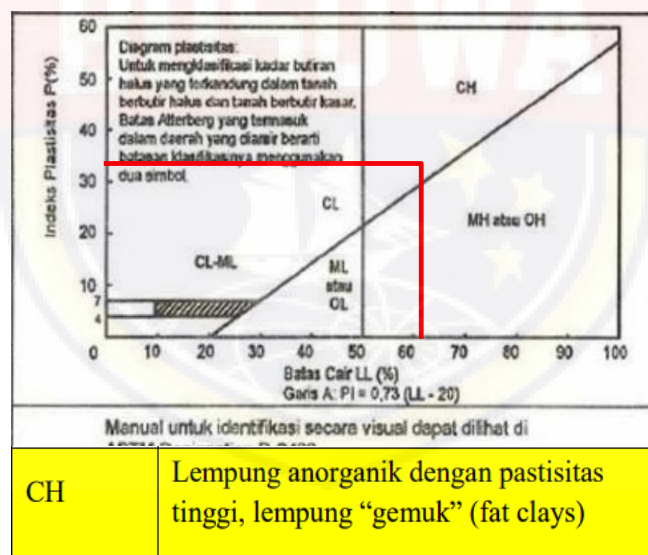
Dari analisis saringan basah, diketahui bahwa tanah lolos saringan no. 200 lebih besar dari 50%, sehingga tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah lempung.

Batas cair (LL) tanah adalah 64,75%, dan indeks plastisitas (PI) adalah 33,71%. Berdasarkan nilai plastisitas, tanah tersebut termasuk dalam kategori CH, karena nilai LL (64,75%) lebih besar dari 50%. Selanjutnya, PI dihitung dengan  $PI = LL - PL$ , yaitu  $PI = 64,75\% - 33,04\% = 31,71\%$ .

Klasifikasi CH mengindikasikan bahwa tanah tersebut merupakan lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.

Dari karakteristik material di atas, seperti plastisitas dan distribusi ukuran partikel, dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut adalah tanah lempung anorganik (clay) dengan sifat plastisitas yang tinggi.

**Gambar 4.1** Sistem Klasifikasi Tanah USCS ( Unified Soil Classification System)



#### 4.4.3 Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi di udara pada volume yang sama dan pada suhu tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang mampu lolos

saringan No. 40 menggunakan labu ukur. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa berat jenis tanah tersebut adalah 2,717. Dengan nilai berat jenis tersebut, tanah tersebut termasuk dalam kategori lempung anorganik yang memiliki rentang nilai berat jenis antara 2,68 hingga 2,75.

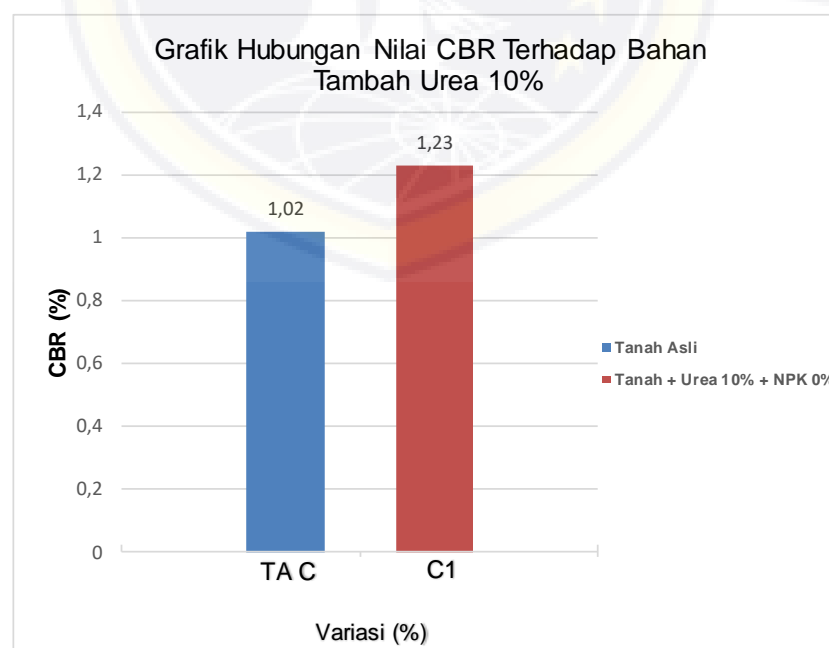
Tabel 4.3 Tabel Pembagian Jenis tanah berdasarkan berat jenis

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

#### 4.5. Sifat Mekanik Tanah

##### 4.5.1 Pengujian CBR (Soaked) dan Permeabilitas pada tanah asli dan penambahan Urea.

###### a. Penambahan Urea 10% terhadap nilai CBR

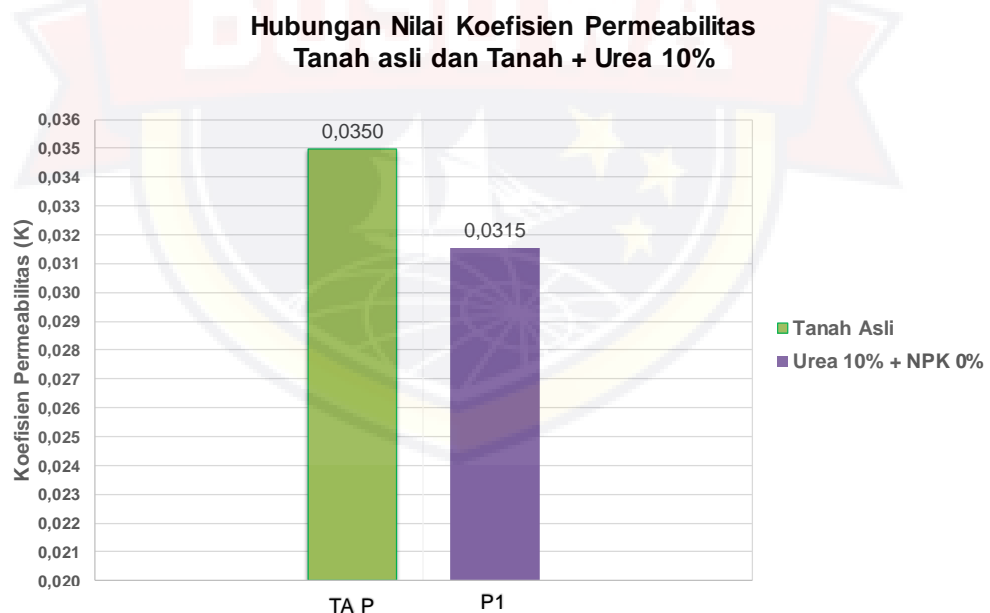


Gambar 4.2 Grafik Hubungan nilai CBR Terhadap Tanah Asli dan Urea

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai CBR (California Bearing Ratio) dari tanah dengan tambahan urea sebesar 10% mengalami peningkatan dibandingkan dengan tanah asli. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa hasil penelitian ini belum mencapai nilai CBR minimum yang diharapkan, yaitu 6%. Nilai CBR tanah asli sebelum penambahan urea adalah sebesar 1,02, sementara setelah penambahan urea sebesar 10%, nilai CBR meningkat menjadi 1,23. Peningkatan ini mencapai sekitar 0,21 atau sekitar 20,59%,

#### b. Penambahan Urea 10% terhadap Permeabilitas

Adapun Perbandingan Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Asli dan tanah dengan penambahan Urea dapat dilihat pada grafik berikut :

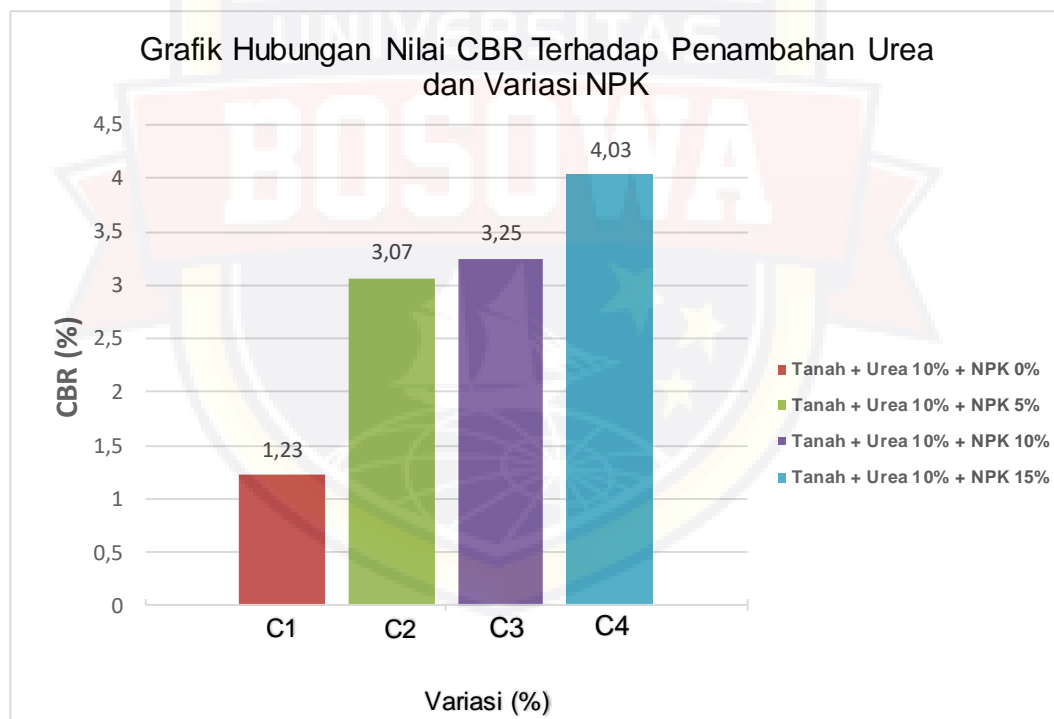


Gambar 4.3 Grafik Hubungan koefisien permeabilitas Terhadap Tanah Asli dan Urea

Hasil penelitian menunjukkan perubahan yang cukup menarik dalam nilai permeabilitas tanah setelah ditambahkan urea sebesar 10%. Permeabilitas tanah asli adalah sebesar 0,0350. Namun, setelah penambahan urea sebesar 10%, nilai permeabilitas menurun menjadi 0,0315, mengalami penurunan sebesar 0,0035 atau sekitar 10%.

#### 4.5.2 Pengujian CBR (*Soaked*) dan Permeabilitas pada tanah asli dengan penambahan Urea dan Variasi NPK.

##### a. Penambahan Variasi NPK terhadap nilai CBR



Gambar 4.4 Grafik Hubungan nilai CBR Terhadap Variasi NPK

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai CBR (California Bearing Ratio) dari tanah dengan tambahan urea 10% telah mengalami peningkatan yang dibandingkan dengan tanah asli. Meskipun demikian, hasil penelitian ini belum

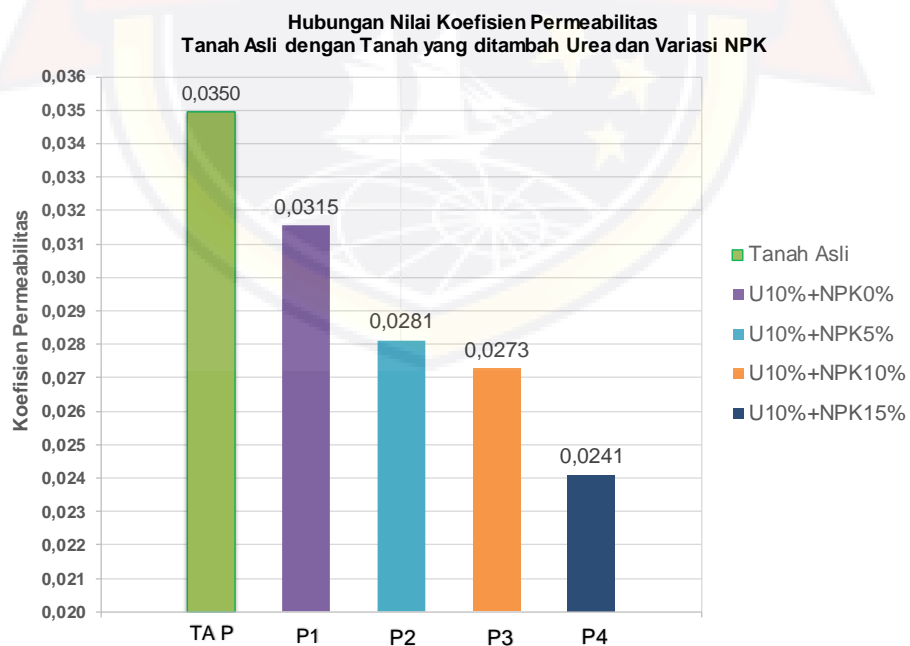


mencapai nilai CBR minimum yang diharapkan, yaitu 6%. Tanah dengan tambahan urea sebesar 10% memiliki nilai CBR sebesar 1,23, yang menunjukkan peningkatan yang cukup besar.

Selanjutnya, ketika tanah ditambahkan dengan urea 10% + NPK 5%, terjadi peningkatan nilai CBR mencapai 3,07%. Peningkatan nilai CBR yang lebih tinggi terlihat ketika tanah ditambahkan dengan urea 10% + NPK 10%, dengan nilai CBR mencapai 3,25%. Bahkan, penambahan urea 10% + NPK 15% menghasilkan peningkatan lebih lanjut dalam nilai CBR menjadi 4,03%.

#### b. Penambahan Variasi NPK terhadap nilai K Permeabilitas

Adapun Perbandingan Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Asli dan tanah dengan penambahan variasi NPK dapat dilihat pada grafik berikut :



S

Gambar 4.5 Grafik Hubungan koefisien permeabilitas Terhadap Tanah Asli dan Tanah yang ditambah Urea dan variasi NPK

Pertama, tanah dengan tambahan urea 10% memiliki nilai permeabilitas sebesar 0,0315. Namun, ketika tanah ditambahkan dengan urea 10% + NPK 5%, terjadi penurunan nilai permeabilitas menjadi 0,0281. Penurunan ini menunjukkan bahwa kombinasi urea dan NPK pada tingkat 5% mengurangi tingkat permeabilitas tanah.

Kemudian, penurunan permeabilitas menjadi lebih signifikan ketika tanah ditambahkan dengan urea 10% + NPK 10%, dengan nilai permeabilitas mencapai 0,0273. Peningkatan kandungan NPK menjadi 10% telah mengurangi permeabilitas tanah secara signifikan.

Hasil yang paling menonjol adalah ketika tanah ditambahkan dengan urea 10% + NPK 15%, yang menghasilkan nilai permeabilitas sebesar 0,0241.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Tanah yang menjadi objek penelitian termasuk dalam kelompok lempung anorganik dengan klasifikasi A-7-5. Sifat plastisitas yang tinggi pada tanah tersebut sesuai dengan klasifikasi CH, yang merujuk pada lempung anorganik dengan tingkat plastisitas yang signifikan. Analisis indeks plastisitas dan batas cair juga mengonfirmasi klasifikasi ini. Selain itu, berdasarkan pengukuran berat jenis tanah, tanah tersebut dapat dikategorikan sebagai lempung anorganik dengan berat jenis berada dalam rentang 2,68 hingga 2,75.
2. Hasil penelitian ini mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan dalam nilai CBR (California Bearing Ratio) serta permeabilitas tanah yang dipengaruhi oleh penambahan urea sebesar 10%. Nilai CBR awal tanah adalah sebesar 1,02, yang mengalami peningkatan sebesar 0,21 atau 20,50% setelah penambahan urea. Di sisi lain, nilai permeabilitas tanah mengalami penurunan sebesar 0,0035 atau sekitar 10% setelah penambahan urea.
3. Penambahan urea dan variasi NPK pada Nilai CBR tanah meningkat, mulai dari 1,23 dengan penambahan urea 10%, hingga mencapai 4,03 pada kombinasi urea 10% + NPK 15%. Di sisi lain, permeabilitas tanah mengalami penurunan dengan penambahan urea, terutama ketika NPK

ditambahkan pada tingkat 10% dan 15%, dengan nilai permeabilitas terendah sebesar 0,0241.

## 5.2 Saran

1. Penggunaan tanah ini dalam pengembangan perlu mempertimbangkan sifat plastisitas dan karakteristik ukuran partikelnya. Penggunaan bahan tambahan seperti Urea dan NPK memiliki potensi untuk meningkatkan daya dukung dan ketahanan tanah terhadap rembesan air. Namun, penting untuk melakukan analisis yang mendalam guna menentukan jumlah optimal dari tambahan material tersebut.
2. Potensi peningkatan daya dukung dan ketahanan terhadap rembesan air melalui penambahan Urea dan variasi NPK dapat menjadi alternatif yang signifikan dalam perancangan struktur yang memanfaatkan tanah sebagai bahan dasar.
3. Diperlukan penelitian lanjutan untuk memahami efek jangka panjang dari penambahan Urea dan NPK terhadap sifat-sifat tanah serta dampaknya terhadap lingkungan sekitarnya.
4. Pada penelitian selanjutnya, perlu untuk mengembangkan komposisi variasi urea dan NPK agar dapat mencapai target nilai CBR sebesar 6%. Selain itu, disarankan juga untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi hasil penelitian, seperti kondisi tanah, metode aplikasi pupuk, dan parameter lain yang relevan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan relevan dalam konteks peningkatan nilai CBR.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I. G., & Istri, A. Y. U. (2014). ( *Studi Kasus di Desa Tanah Awu , Lombok Tengah ) Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar Mataram. 8(2), 15–19.*
- American Association of State Highway and Transportation Officials. 1991. *Standard Specifications for Highway Bridges (14th ed).* AASHTO. Washington, D.C
- Atterberg, A. (1911). *Uber Die Physikalise Bodenuntersuchung Und Uber Die Plastizitatder Tone, Int. Mitt. Boden, Vol.1*
- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). Cara uji analisis ukuran butir tanah SNI 3423:2008. *Sni 3423:2008, 1–27.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). SNI 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah. *Badan Standardisasi Nasional, 1–8.*
- Chairullah, B. (2011). Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Untuk Material Tanah Dasar Sub Grade dan Sub Base Jalan Raya. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, 1(September), 61–70.*
- Das, B. M. (1995). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik. *Penerbit Erlangga, 1–300.*
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.*
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Mekanika Tanah II. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.*

- Bowles, Joseph E, (1986), *Sifat-Sifat Fisis Geoteknis Tanah edisi kedua*,  
*Erlangga, Jakarta.*
- Braja, M Das, (1993), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid I*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Dr. Ir. H Darwis. (2018). *Dasar- Dasar Mekanika Tanah.*
- Das, B.M. (1988). *Prinsip-Prinsip Geoteknik. Jilid 1, Jakarta; Penerbit Erlangga*
- Das, B.M. (1995). *Prinsip-Prinsip Geoteknik. Jilid 2, Jakarta; Penerbit Erlangga*
- Hardiyatmo, H. C. (2019). *Mekanika Tanah Edisi ke Tujuh*
- Enden Mina, Rama Indera Kusuma , Inten Setyowati Lestari Subowo. 2016.  
*Pengaruh Fly Ash Terhadap Nilai CBR dan Sifat-sifat Propertis Tanah.*  
*Diunduh 25 Maret 2021*
- Mustaqim, Rochmad Rizqi. (2019). *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Pupuk Urea Dan Kapur Terhadap Nilai Cbr Dan Parameter Kuat Geser Tanahnya*
- Safitriani, Nur. 2021. *Pengaruh Penambahan Tras Dan Fly Ash Kelas F Terhadap Cbr Dan Permeabilitas Tanah Lempung*
- SNI 1964;2008. (2008). SNI 1964:2008 Uji Berat Jenis Tanah. *Sni 1964:2008, SNI, 1–24.*
- SNI 3422;2008. (2008). SNI 3422:2008 Cara uji penentuan batas susut tanah. *Sni 3422:2008, 1–18*



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

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

Project : Penelitian Tugas Akhir  
Judul : "ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Univ. Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Dikerjakan oleh : Agus Hary Susetyo

**Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli**

No	Parameter	Hasil	Satuan
		Tanah Asli	
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	30,87	%
2	Pengujian berat jenis	2,717	
3	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	64,75	%
	2. Batas Plastis	33,04	%
	3. Batas Susut	10,28	%
	4. Indeks Plastisitas (PI)	31,71	%
	5. Activity	0,85	
4	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100,00	%
	#10 (2,00 mm)	99,68	%
	#20 (0,85 mm)	99,38	%
	#40 (0,43 mm)	99,00	%
	#60 (0,25 mm)	96,92	%
	#80 (0,180 mm)	95,48	%
	#100 (0,15 mm)	93,86	%
	#200 (0,075 mm)	82,72	%
5	Pasir	17,26	%
	Lanau	40,36	%
	Lempung	42,38	%
6	Pengujian Kompaksi		
	Kadar Air Optimum	24,46	%
	$\gamma$ dry	1,51	gr/cm <sup>3</sup>

Diperiksa Oleh:

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Agus Hary Susetyo  
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

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli dengan Bahan Tambah Fertilizer  
Tanggal : 15 Juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

Pengujian Kompaksi	Kadar Air Optimum	$\gamma_d$ maks
Tanah Asli	24,46%	1,51%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	24,63%	1,56%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	25,33%	1,60%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	26,44%	1,61%
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	27,28%	1,68%
Pengujian CBR	Nilai CBR	
Tanah Asli	1,02	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	1,23	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	3,07	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	3,25	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	4,03	
Rembesan (Permeabilitas)	Koefisien Permeabilitas	
Tanah Asli	0,0350	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 0%	0,0315	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%	0,0281	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%	0,0273	
Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15%	0,0241	

Diperiksa Oleh:

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Agus Hary Susetyo  
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

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 15 Mei 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**TABEL KADAIR AIR**

No. Cawan	-	1	2
Berat Cawan, W1	gram	6,5	6,1
Berat Cawan + Tanah Basah,W2	gram	58,3	58,33
Berat Cawan + Tanah Kering,W3	gram	46,08	46,02
Berat Tanah Kering, $W_s=W_3-W_1$	gram	39,58	39,92
Berat Air, $W_w=W_2-W_3$	gram	12,2	12,31
Kadar Air, $w=(W_w/W_s)*100$	%	<b>30,87</b>	<b>30,86</b>
Rata-rata	%	<b>30,87</b>	

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 15 Mei 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN BERAT JENIS**

(SNI 1964:2008)

Sampel	-	I	II
Berat Piknometer, (W1)	gram	58,4	58,9
Berat Piknometer + Air, (W2)	gram	124,2	124,39
Berat Piknometer + Air + Tanah, (W3)	gram	140	140,2
Berat Tanah Kering, (Ws)	gram	25	25
Temperatur	°C	29	29
Faktor Koreksi, $\alpha = \gamma T / \gamma_{20}$		0,99598	0,99598
Berat Jenis (Gs)		2,717	2,716
Berat Jenis rata-rata		<b>2,717</b>	

**Tabel Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Berat Jenis**

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

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



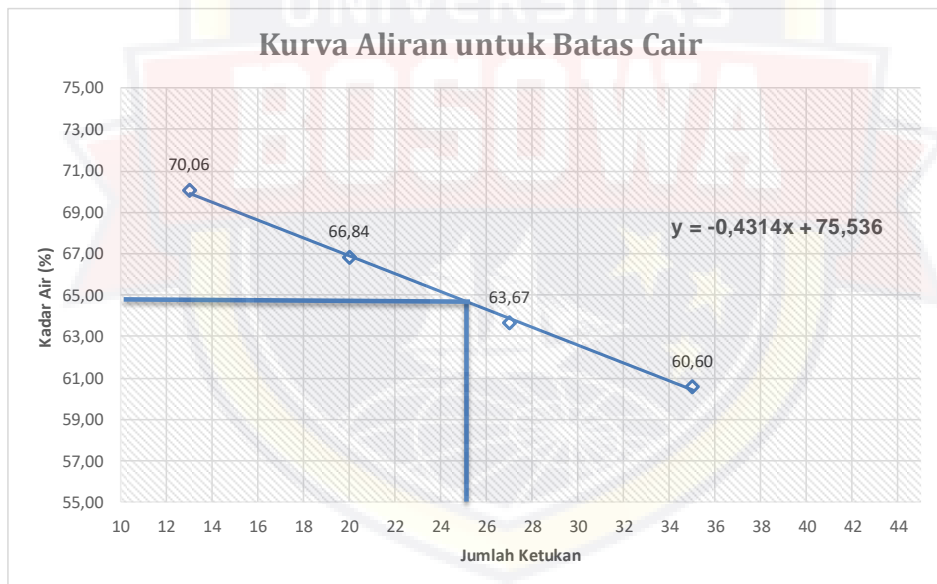
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

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

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
 Judul : "ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
 YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
 (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
 Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli  
 Tanggal : 15 Mei 2023  
 Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

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

No. Test	-	Batas Cair (LL)							
		13		20		27		35	
Jumlah Pukulan	-	13		20		27		35	
No. Cantainer	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
Berat Tanah Basah + Container (W1)	gr	31,7	27,4	24,6	29,8	30,7	29,5	28,7	29,9
Berat Tanah Kering + Container (W2)	gr	22,2	19,56	17,7	20,8	20,9	20,1	19,6	20,3
Berat Container (W3)	gr	8,7	8,5	8,4	8,6	8,3	8,1	8,3	8,4
Berat Air (Ww=W1-W2)	gr	9,5	7,8	6,9	9,0	9,8	9,4	9,1	9,6
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	gr	13,5	11,1	9,3	12,2	12,6	12,0	11,3	11,9
Kadar Air, Ww/Wd x 100%	%	70,05	70,06	66,84	66,83	63,67	63,66	60,59	60,60
Rata-rata		70,06		66,84		63,67		60,60	



Batas Cair (LL) didapat pada pukulan 25  
 Jadi, LL :  $-0,4314 \ln(25) + 75,536 = 64,75 \%$

Diperiksa Oleh:

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 15 Mei 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

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

No Test	-	1	2
No. Container	-	A1	A2
Berat Tanah Basah + Container (W1)	Gram	15,9	15,8
Berat Tanah Kering + Container (W2)	Gram	15,1	15,1
Berat Container (W3)	Gram	12,8	12,3
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	0,8	0,7
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	Gram	2	2,8
Kadar Air, (Ww/Wd x 100%)	%	33,05	33,04
Kadar Air Rata-rata	%	33,04	

$$\text{Indeks Plastisitas PI} = \text{LL} - \text{PL} \\ = 64,75 - 33,04 = 31,71 \%$$

$$\text{Activity, A} = \frac{\text{PI}}{\% \text{ Clay Sizes} - 5} \\ = \frac{31,71}{42,38 - 5,00} \\ = \frac{31,71}{37,38} \\ = 0,85$$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 15 Mei 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

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

No. Test	-	1	2
Berat Mould (W1)	Gram	11,8	12,3
Berat Mould + Tanah Basah (W2)	Gram	35,34	36,57
Berat Mould + Tanah Kering (W3)	Gram	25,83	26,74
Berat Air Raksa yang dipakai untuk - mengisi mangkok shringkage (W4)	Gram	250	250
Berat Air Raksa yang dipindahkan oleh tanah yang di test, (W5)	Gram	153	163
Berat Tanah Basah, $Ww=W2-W1$	Gram	23,54	24,27
Berat Tanah Kering, $Wd=W3-W1$	Gram	14,03	14,44
Berat Air, $Wa=W2-W3$	Gram	9,51	9,83
Berat Cawan Petri, (Wp)	Gram	39,5	40,6
Berat Jenis Air Raksa (r)	Gram	13,6	13,6
Volume tanah basah, $Vw=(W4-Wp)/r$	m <sup>3</sup>	15,48	15,40
Volume tanah kering, $Vd=(W5-Wp)/r$	m <sup>3</sup>	8,35	9,00
Kadar air = $Wa/Wd \times 100\%$	%	57,90	57,80
Batas susut : $SL = Kadar\ air - ((Vw-Vd)/Wd) \times 100\%$	%	10,27	10,28
SL rata-rata	%	10,28	

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



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

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



Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
		CL	Lempung organik dengan pastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus”( lean clay )
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organic dengan pastisitas rendah
	Lanau dan lempung Batas cair lebih dari 50%	MH	Lanau-organik atau pasir halus diatomae atau lanau diatomae, lanau yang elastis
		CH	Lempung anorganik dengan pastisitas tinggi, lempung “gemuk” (fat clays)
		OH	Lempung organik dengan pastisitas sedang sampai dengan tinggi



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

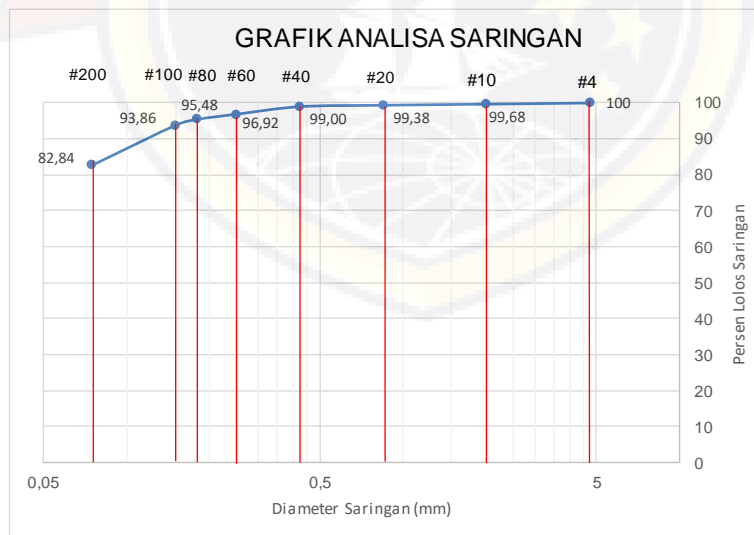
Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S-1)  
Judul : "ANALISIS NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 15 Mei 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

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

	Berat (gram)
Berat tanah kering oven	500,00
Berat tanah kering tertahan sar. 200 sesudah dicuci	101,40
Berat tanah lolos saringan 200 setelah dicuci	398,60

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4,75	0	0	0	100
10	2,00	1,6	1,6	0,32	99,68
20	0,85	1,5	3,1	0,62	99,38
40	0,43	1,9	5	1,00	99,00
60	0,25	10,4	15,42	3,08	96,92
80	0,18	7,2	22,62	4,52	95,48
100	0,15	8,1	30,72	6,14	93,86
200	0,075	55,1	85,82	17,16	82,84
Pan	-		164,28		



Diperiksa Oleh:

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 15 Mei 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

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

Berat Jenis : 2,717 gram/cm<sup>3</sup>  
Zero Correction : 1  
Meniscus Correction : 1  
Gs Correction : 0,961  
{a = 1.65 Gs/[(Gs-1)xGs]} :  
Berat Tanah, Ws : 50 gram

Rcp = R + Temperatur Correction - Zero Correction  
Rcl = R + Meniscus Correction

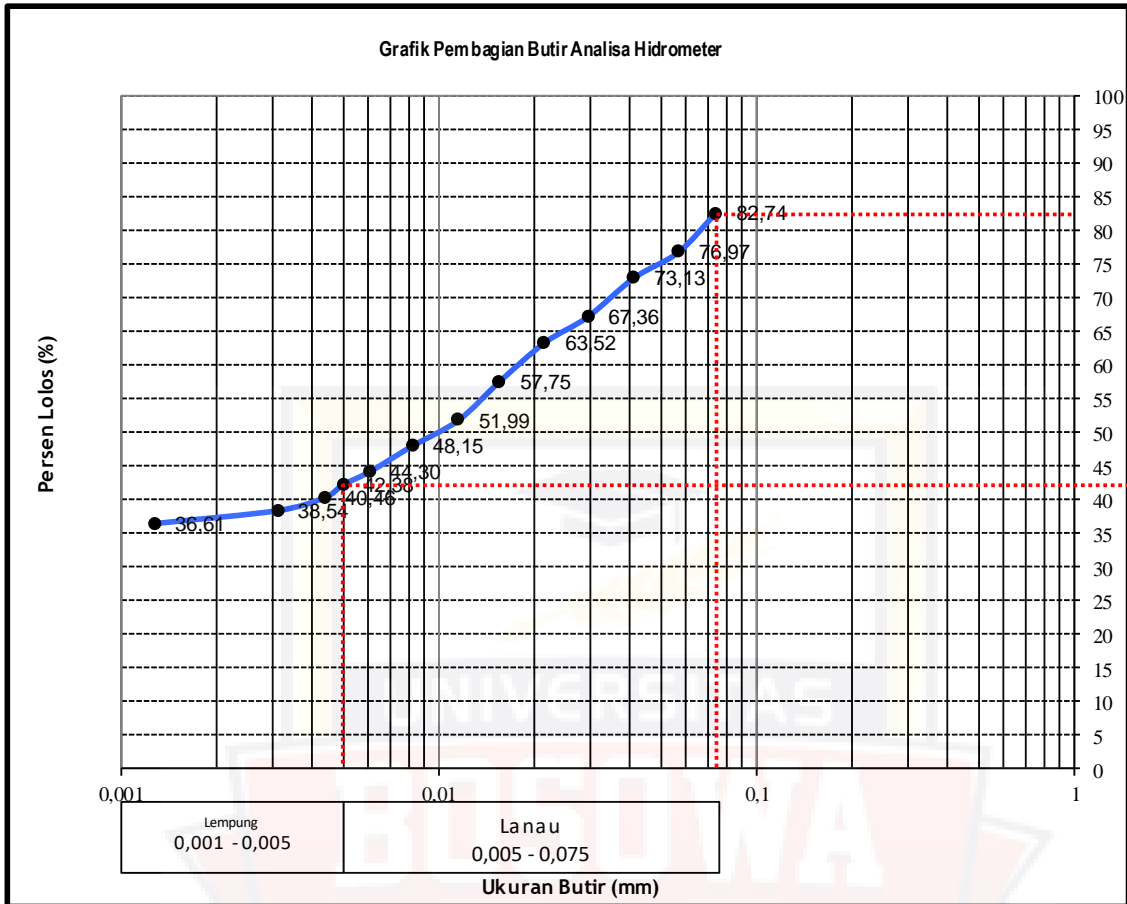
Waktu (menit)	T (°C)	R	Rcp	% Butiran Halus a.Rcp/Ws x 100 %	Rcl	L (cm)	K	D=K (L/t) <sup>0,5</sup>
0,25	29	41	43	82,74	44	8,9	0,01240	0,07399
0,5	29	38	40	76,97	36	10,4	0,01240	0,05655
1	29	36	38	73,13	33	10,9	0,01240	0,04094
2	29	33	35	67,36	31	11,2	0,01240	0,02934
4	29	31	33	63,52	26	12,0	0,01240	0,02148
8	29	28	30	57,75	23	12,5	0,01240	0,01550
15	29	25	27	51,99	21	12,9	0,01240	0,01150
30	29	23	25	48,15	19	13,2	0,01240	0,00823
60	29	21	23	44,30	13	14,2	0,01240	0,00603
90	29	20	22	42,38	11	14,5	0,01240	0,00498
120	29	19	21	40,46	9	14,8	0,01240	0,00435
240	29	18	20	38,54	8	15,0	0,01240	0,00310
1440	29	17	19	36,61	7	15,2	0,01240	0,00127





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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



Sumber : Hary Christady Hardyatmo, MEKANIKA TANAH 1 Edisi ke Tujuh, 2017  
(Klasifikasi Ukuran butir menurut ASTM)

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

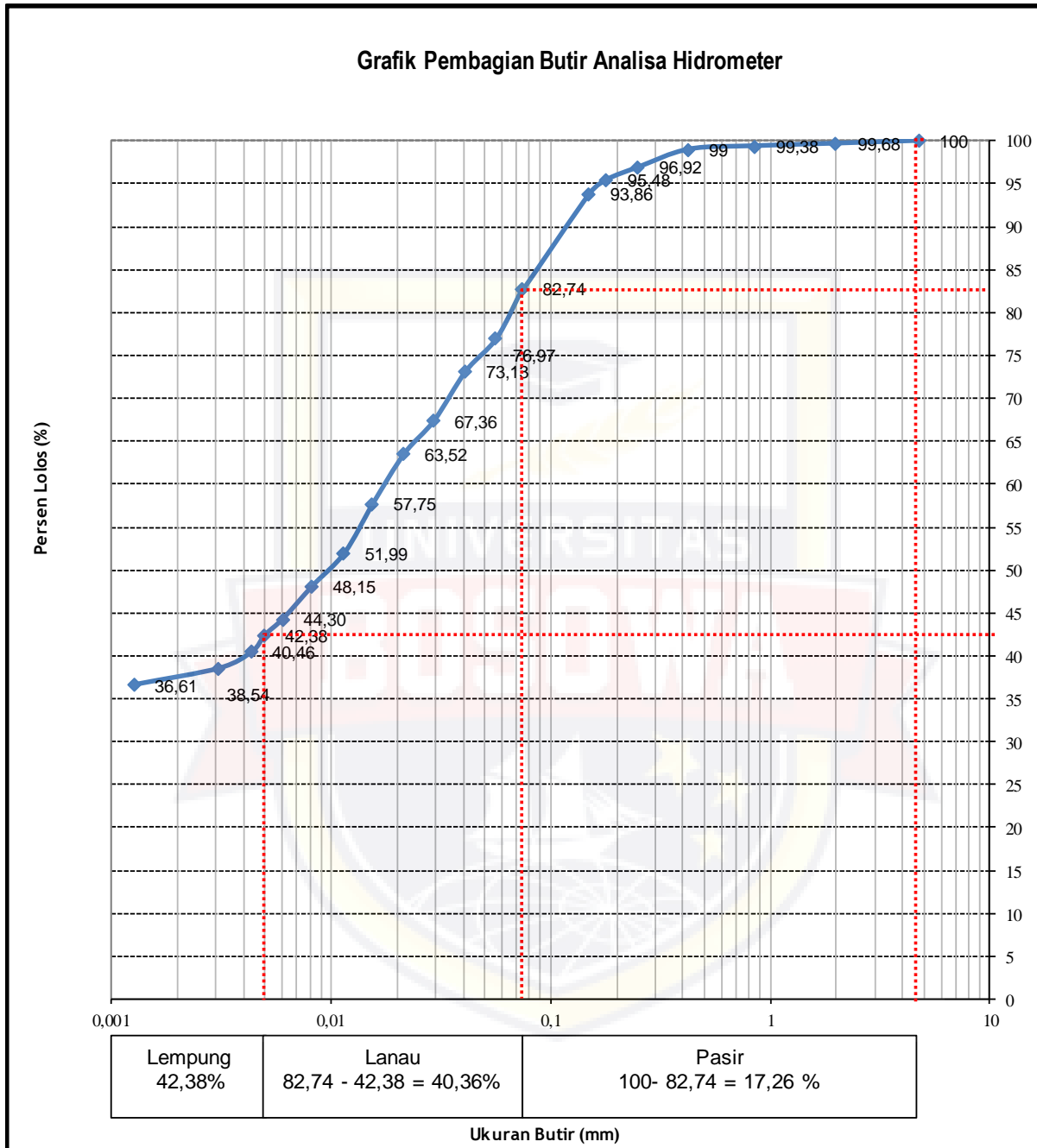
Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



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

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

**GRAFIK PEMBAGIAN BUTIR ANALISA HIDROMETER**



Sumber : Hary Christady Hardyatmo, MEKANIKA TANAH 1 Edisi ke Tujuh, 2017

(Klasifikasi Ukuran butir menurut ASTM)

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
 YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
 (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
 Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli  
 Tanggal : 15 Mei 2023  
 Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN KOMPAKSI**

(SNI 03-1742-1989)

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Kadar Air Akhir	ml	17,427	21,045	24,193	28,194	30,325

**BERAT ISI BASAH**

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	4770	4540	4407	4408	5050
Berat Tanah Basah + Mould	gram	6106	6173	6215	6220	6517
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1336	1633	1808	1812	1467
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Volume Basah $y_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,844	1,729	1,639	1,538	1,490

**KADAR AIR**

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	40,4	39,9	38,3	41,1	45,6	46,6	53,1	52,6	38,6	40,3
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	35,59	35,20	33,10	35,30	38,18	38,80	43,40	42,95	31,80	32,76
Berat Air (Ww)	gram	4,81	4,7	5,2	5,8	7,42	7,8	9,7	9,7	6,8	7,54
Berat Cawan	gram	8,0	8,2	8,4	7,8	7,5	6,5	9	8,7	9,4	7,9
Berat Tanah Kering	gram	27,59	27	24,7	27,5	30,7	32,3	34,4	34,25	22,4	24,9
Kadar Air ( $\omega$ )	%	17,43	17,42	21,04	21,05	24,19	24,20	28,20	28,19	30,32	30,33
Kadar Air Rata-rata	%	17,427	21,045	24,193	28,194	30,325					

**BERAT ISI KERING**

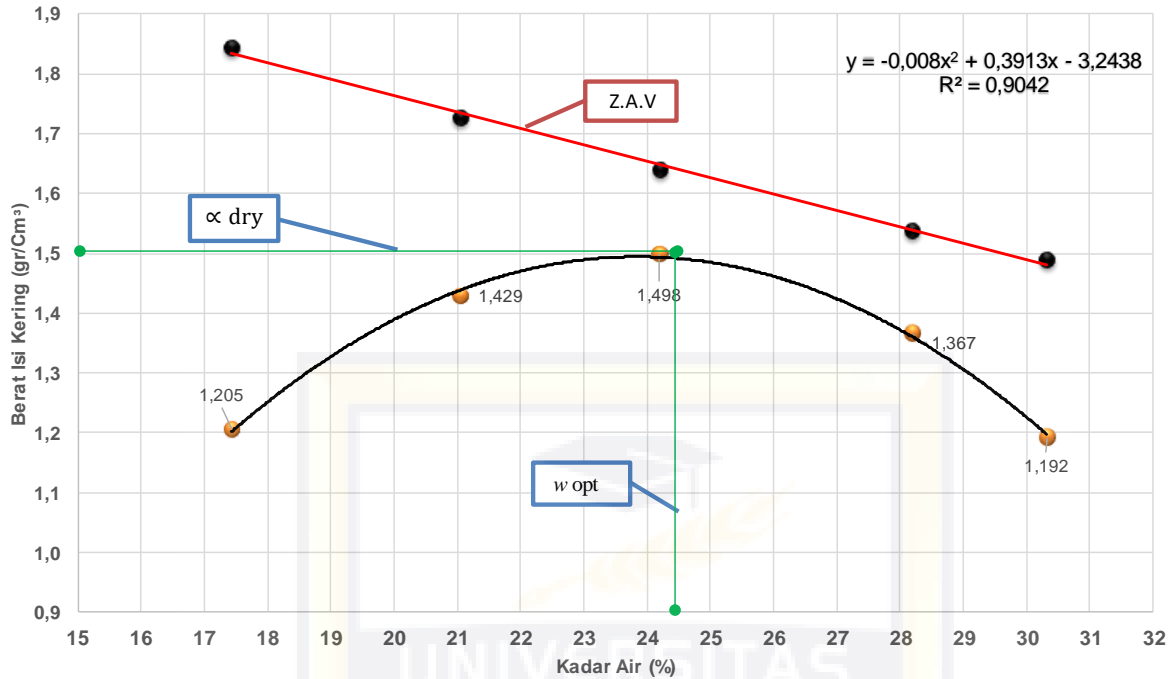
Berat Tanah Basah, W wet	gram	1336	1633	1756	1654	1467
Kadar Air Rata-rata	%	17,427	21,045	24,193	28,194	30,325
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{\omega}{100}\right)}$	gram	1137,729	1349,085	1413,933	1290,234	1125,648
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Isi Kering $y_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,205	1,429	1,498	1,367	1,192
Berat Isi Basah $y_{wet} = \frac{Gs}{1 + (\omega \times Gs)}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,844	1,729	1,639	1,538	1,490

Berat Jenis (Gs) = 2,717



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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



$$\begin{aligned} 0,0080 x^2 & & 0,3913 x & & -3,2438 & & Y = & & -0,0080000 x^2 & + & 0,39130 x & + & -3,2438 \\ & & & & & & = & & -0,016000000 & + & 0,39130 & + & -3,2438 \\ & & & & & & = & & \mathbf{24,46} & & \mathbf{Kadar Air Optimum} & & \\ & & & & & & = & & \mathbf{1,51} & & \mathbf{yd maks.} & & \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
 YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
 (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
 Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli + Urea 10%  
 Tanggal : 15 Juli 2023  
 Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN KOMPAKSI**

(SNI 03-1742-1989)

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Kadar Air Akhir	ml	18,270	25,560	21,529	29,185	31,121

**BERAT ISI BASAH**

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	4770	4540	4407	4408	5050
Berat Tanah Basah + Mould	gram	6801	6671	6565	6501	7146
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1436	1733	1756	1754	1567
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Volume Basah $\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,816	1,603	1,714	1,515	1,472

**KADAR AIR**

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	48,1	47,6	42,2	43,9	47,7	52,4	41,3	42,9	41,8	40,3
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	42,60	42,10	36,70	38,40	42,50	46,60	35,80	37,40	36,30	34,80
Berat Air (Ww)	gram	5,5	5,5	5,5	5,5	5,2	5,8	5,5	5,5	5,5	5,5
Berat Cawan	gram	8,0	8,2	8,4	7,8	7,5	6,5	9	8,7	9,4	7,9
Berat Tanah Kering	gram	34,6	33,9	28,3	30,6	35,0	40,1	26,8	28,7	26,9	26,9
Kadar Air ( $\omega$ )	%	15,90	17,42	21,04	21,05	14,86	24,20	20,52	28,19	30,32	20,45
Kadar Air Rata-rata	%	18,270	25,560	21,529	29,185	31,121					

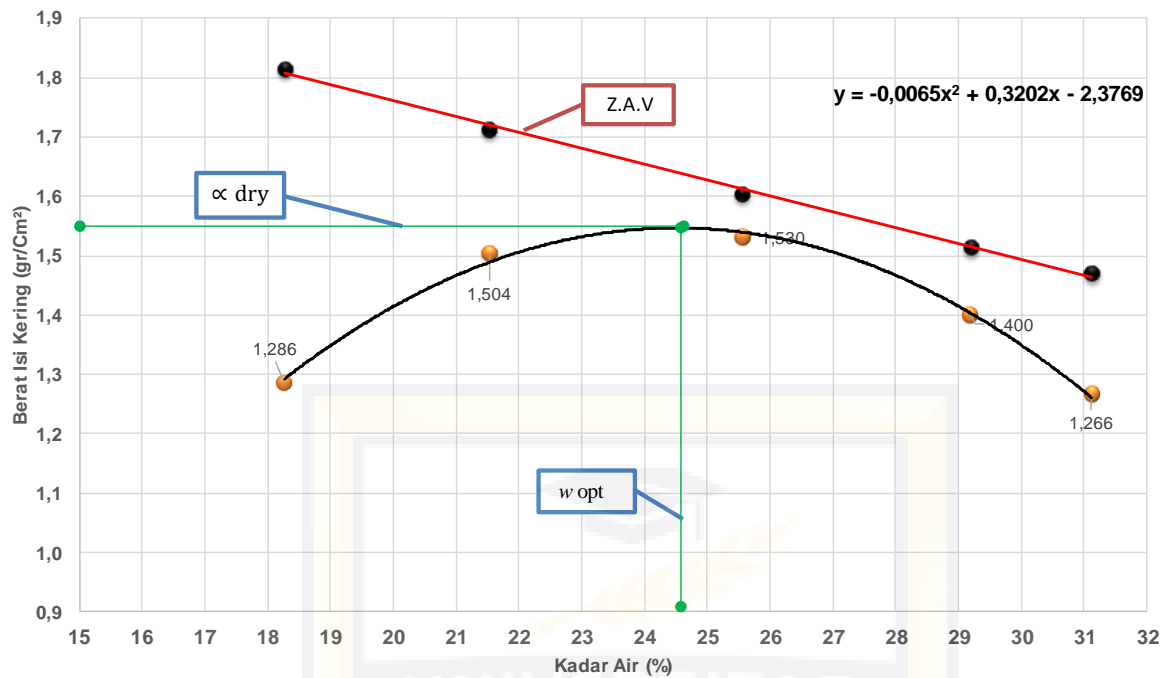
**BERAT ISI KERING**

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1436	1733	1756	1754	1567
Kadar Air Rata-rata	%	18,270	25,560	21,529	29,185	31,121
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{\omega}{100})}$	gram	1214,171	1380,217	1444,923	1357,743	1195,079
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,286	1,530	1,504	1,400	1,266



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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



$$\begin{aligned} 0,0065 x^2 & & 0,3202 x & & -2,377 & & Y = & & -0,0065000 x^2 & + & 0,32020 x & + & -2,3769 \\ & & & & & & = & & -0,013000000 & + & 0,32020 & + & -2,3769 \\ & & & & & & = & & \mathbf{24,63} & & \mathbf{Kadar Air Optimum} & & \\ & & & & & & = & & \mathbf{1,56} & & \mathbf{yd maks.} & & \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
 YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
 (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
 Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%  
 Tanggal : 15 Juli 2023  
 Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN KOMPAKSI**

(SNI 03-1742-1989)

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Kadar Air Akhir	ml	19,288	26,547	22,490	30,200	31,821

**BERAT ISI BASAH**

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	4770	4540	4407	4408	5050
Berat Tanah Basah + Mould	gram	6306	6088	6328	6220	6583
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1536	1548	1921	1812	1533
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Volume Basah $\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,803	1,658	1,706	1,582	1,567

**KADAR AIR**

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	40,4	39,9	38,3	41,1	74,8	67,6	53,1	52,6	38,6	40,3
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	35,59	35,20	33,10	35,30	38,18	38,80	43,40	42,95	31,80	32,76
Berat Air (Ww)	gram	4,81	4,7	5,2	5,8	36,62	28,8	9,7	9,7	6,8	7,54
Berat Cawan	gram	8,0	8,2	8,4	7,8	7,5	6,5	9	8,7	9,4	7,9
Berat Tanah Kering	gram	27,59	27	24,7	27,5	30,7	32,3	34,4	34,25	22,4	24,9
Kadar Air ( $\omega$ )	%	17,43	17,42	21,04	21,05	119,4	24,20	28,20	28,19	30,32	30,33
Kadar Air Rata-rata	%	19,288	26,547	22,490	30,200	31,821					

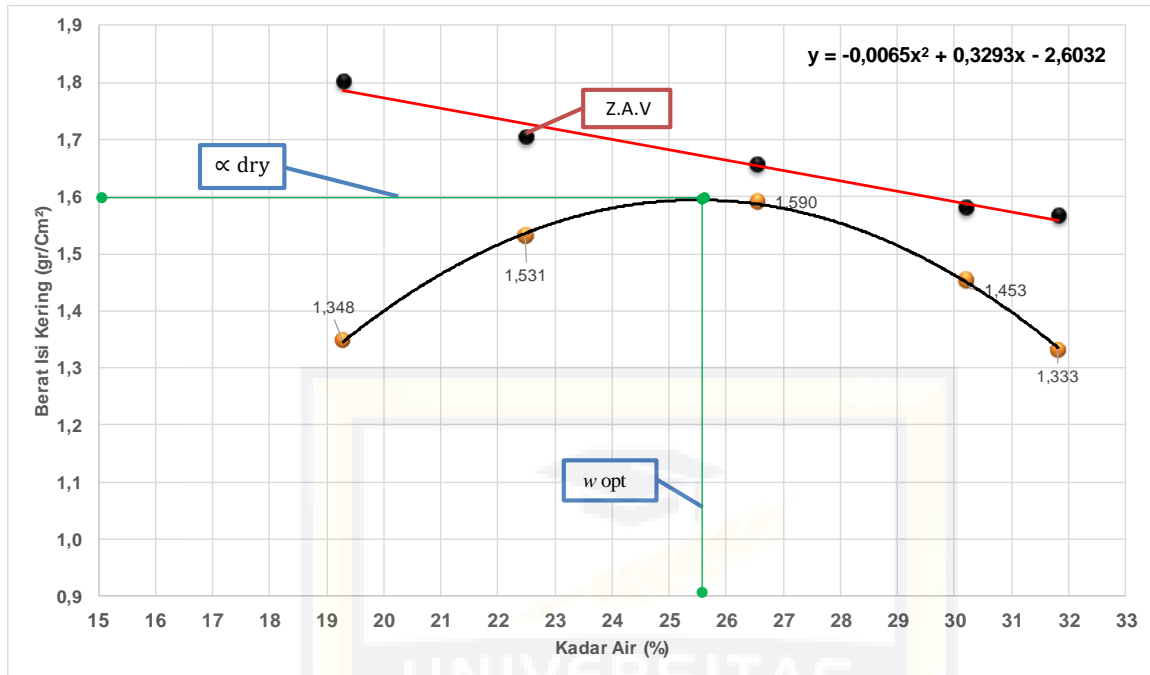
**BERAT ISI KERING**

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1536	1548	1921	1722	1533
Kadar Air Rata-rata	%	19,288	26,547	22,490	30,200	31,821
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{\omega}{100}\right)}$	gram	1287,640	1223,261	1568,291	1322,581	1162,941
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,348	1,590	1,531	1,453	1,333



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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



$$\begin{aligned} 0,0065 x^2 & 0,3293 x & -2,603 & Y = & -0,0065000 x^2 & + & 0,32930 x & + & -2,6032 \\ & & & = & -0,013000000 & + & 0,32930 & + & -2,6032 \\ & & & = & 25,33 & & \text{Kadar Air Optimum} & & \\ & & & = & 1,60 & & \text{yd maks.} & & \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
 YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
 (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
 Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%  
 Tanggal : 15 Juli 2023  
 Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN KOMPAKSI**

(SNI 03-1742-1989)

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Kadar Air Akhir	ml	20,274	27,550	23,500	31,189	32,200

**BERAT ISI BASAH**

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	4770	4540	4407	4408	5050
Berat Tanah Basah + Mould	gram	6436	6228	6185	6220	6717
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1666	1688	1778	1812	1667
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Volume Basah $\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,752	1,648	1,706	1,588	1,570

**KADAR AIR**

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	40,4	39,9	38,3	41,1	49,7	42,6	53,1	52,6	38,6	40,3
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	35,59	35,20	33,10	35,30	38,18	38,80	43,40	42,95	31,80	32,76
Berat Air (Ww)	gram	4,81	4,7	5,2	5,8	11,52	3,8	9,7	9,7	6,8	7,54
Berat Cawan	gram	8,0	8,2	8,4	7,8	7,5	6,5	9	8,7	9,4	7,9
Berat Tanah Kering	gram	27,59	27	24,7	27,5	30,7	32,3	34,4	34,25	22,4	24,9
Kadar Air ( $\omega$ )	%	17,43	17,42	21,04	21,05	37,55	24,20	28,20	28,19	30,32	30,33
Kadar Air Rata-rata	%	20,274	27,550	23,500	31,189	32,200					

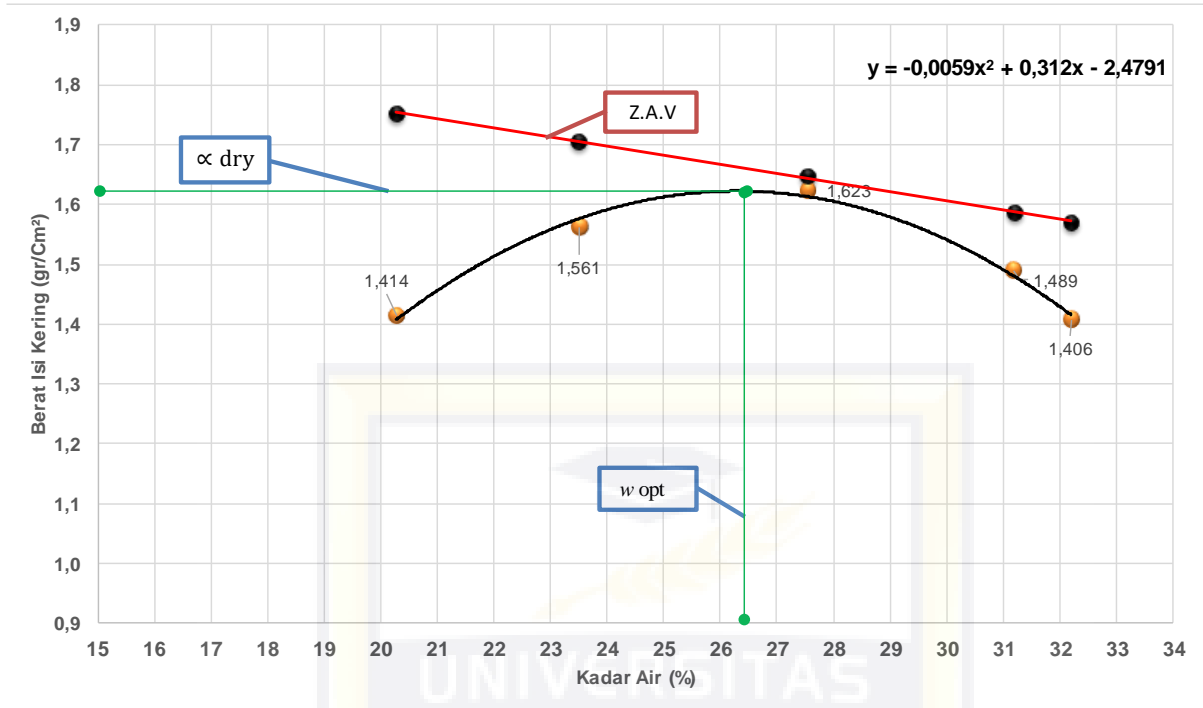
**BERAT ISI KERING**

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1666	1688	2016	1732	1667
Kadar Air Rata-rata	%	20,274	27,550	23,500	31,189	32,200
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{\omega}{100})}$	gram	1385,171	1323,403	1632,389	1320,233	1260,968
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,414	1,623	1,561	1,489	1,406



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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



0,0059 x2	0,3120 x	-2,479	Y=	-0,0059000 x2	+	0,31200 x	+	-2,4791
			=	-0,011800000	+	0,31200	+	-2,4791
			=	<b>26,44</b>		<b>Kadar Air Optimum</b>		
			=	<b>1,61</b>		<b>yd maks.</b>		

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
 YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
 (STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
 Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
 Sampel : Tanah Asli + Urea 10% + 15%  
 Tanggal : 15 Mei 2023  
 Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN KOMPAKSI**

(SNI 03-1742-1989)

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	32,57	32,57	32,57	32,57	32,57
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Kadar Air Akhir	ml	21,300	28,460	24,511	32,218	33,174

**BERAT ISI BASAH**

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	4770	4540	4407	4408	5050
Berat Tanah Basah + Mould	gram	6566	6657	6121	6220	6710
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1796	2117	1714	1812	1660
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Volume Basah $\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,721	1,685	1,694	1,653	1,646

**KADAR AIR**

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	40,4	39,9	38,3	41,1	68,0	72,7	53,1	52,6	38,6	40,3
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	35,59	35,20	33,10	35,30	38,18	38,80	43,40	42,95	31,80	32,76
Berat Air (Ww)	gram	4,81	4,7	5,2	5,8	29,82	33,9	9,7	9,7	6,8	7,54
Berat Cawan	gram	8,0	8,2	8,4	7,8	7,5	6,5	9	8,7	9,4	7,9
Berat Tanah Kering	gram	27,59	27	24,7	27,5	30,7	32,3	34,4	34,25	22,4	24,9
Kadar Air ( $\omega$ )	%	17,43	17,42	21,04	21,05	97,2	24,20	28,20	28,19	30,32	30,33
Kadar Air Rata-rata	%	21,300		28,460		24,511		32,218		33,174	

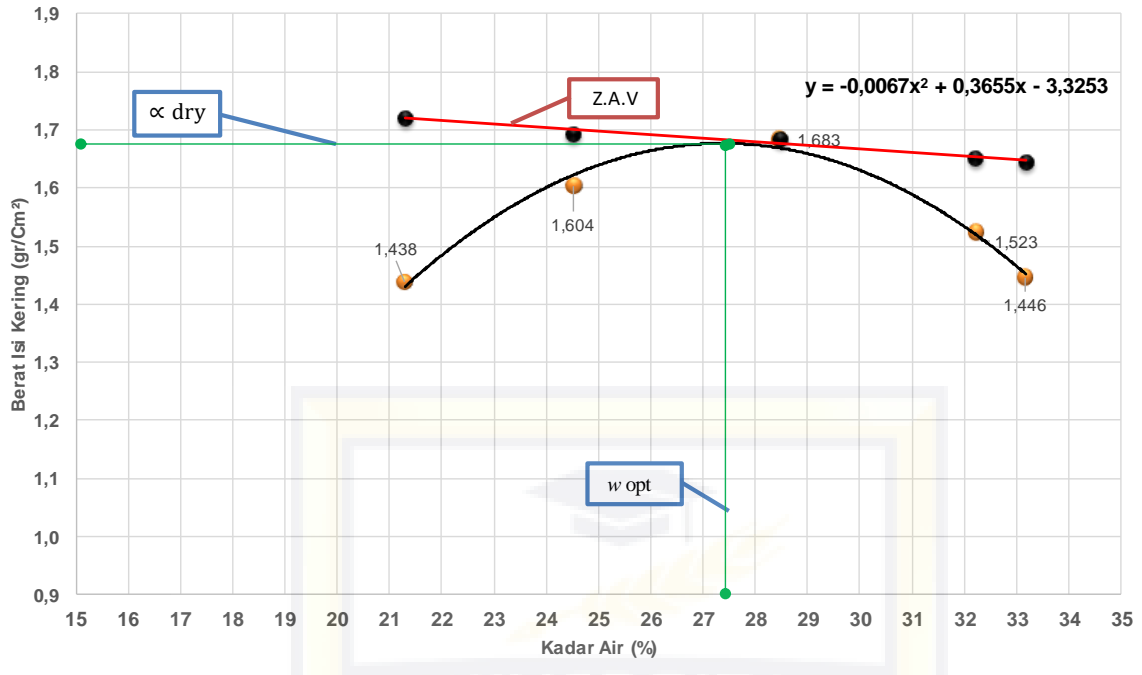
**BERAT ISI KERING**

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1796	2117	2189	1732	1660
Kadar Air Rata-rata	%	21,300	28,460	24,511	32,218	33,174
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{\omega}{100})}$	gram	1480,627	1647,984	1758,078	1309,958	1246,490
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	944	944	944	944	944
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,438	1,683	1,604	1,523	1,446



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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



$$\begin{aligned} Y &= 0,0067 x^2 + 0,3655 x - 3,325 \\ &= -0,013400000 + 0,36550 + -3,3253 \\ &= 27,28 \quad \text{Kadar Air Optimum} \\ &= 1,68 \quad \text{yd maks.} \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 16 Juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH**

ASTM D2434-68 (Reapproved 2006)

Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (constant Head)

Nomor Sampel	1	2	3	4	5
Volume Air yang (ml)	464	488	518	526	538
Waktu (t)	300	300	300	300	300
Suhu °C	25	25	25	25	25
Beda Energi (h)	22	22	22	22	22
Diameter Sampel Tanah (cm)	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Tinggi Sampel Tanah (cm)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Luas Sampel Tanah (cm <sup>2</sup> )	33,17	33,17	33,17	33,17	33,17
Debit (ml/detik)	1,55	1,63	1,73	1,75	1,79
Rata - Rata Debit	1,69				
Koefisien Permeabilitas $k = \frac{VL}{Aht}$ (Cm/detik)	0,032	0,034	0,036	0,036	0,037
Rata - Rata	0,0350				

Diperiksa Oleh:

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + Urea 10%  
Tanggal : 16 Juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH**

ASTM D2434-68 (Reapproved 2006)

Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (constant Head)

Nomor Sampel	1	2	3	4	5
Volume Air yang ( <i>ml</i> )	442	416	452	476	500
Waktu ( <i>t</i> )	300	300	300	300	300
Suhu °C	25	25	25	25	25
Beda Energi ( <i>h</i> )	22	22	22	22	22
Diameter Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Tinggi Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Luas Sampel Tanah ( <i>cm</i> <sup>2</sup> )	33,17	33,17	33,17	33,17	33,17
Debit ( <i>ml/detik</i> )	1,47	1,39	1,51	1,59	1,67
Rata - Rata Debit	1,52				
Koefisien Permeabilitas $k = \frac{vL}{Aht}$ ( <i>Cm/detik</i> )	0,030	0,029	0,031	0,033	0,034
Rata - Rata	0,0315				

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + Urea 10% + NPK 5%  
Tanggal : 16 Juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH**

ASTM D2434-68 (Reapproved 2006)

Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (constant Head)

Nomor Sampel	1	2	3	4	5
Volume Air yang ( <i>ml</i> )	374	370	418	424	452
Waktu ( <i>t</i> )	300	300	300	300	300
Suhu °C	25	25	25	25	25
Beda Energi ( <i>h</i> )	22	22	22	22	22
Diameter Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Tinggi Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Luas Sampel Tanah ( <i>cm<sup>2</sup></i> )	33,17	33,17	33,17	33,17	33,17
Debit ( <i>ml/detik</i> )	1,25	1,23	1,39	1,41	1,51
Rata - Rata Debit	1,36				
Koefisien Permeabilitas $k = \frac{VL}{Aht}$ ( <i>Cm/detik</i> )	0,026	0,026	0,029	0,029	0,031
Rata - Rata	0,028				

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + Urea 10% + NPK 10%  
Tanggal : 16 Juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH**

ASTM D2434-68 (Reapproved 2006)

Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (constant Head)

Nomor Sampel	1	2	3	4	5
Volume Air yang ( <i>ml</i> )	356	370	394	418	438
Waktu ( <i>t</i> )	300	300	300	300	300
Suhu °C	25	25	25	25	25
Beda Energi ( <i>h</i> )	22	22	22	22	22
Diameter Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Tinggi Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Luas Sampel Tanah ( <i>cm<sup>2</sup></i> )	33,17	33,17	33,17	33,17	33,17
Debit ( <i>ml/detik</i> )	1,19	1,23	1,31	1,39	1,46
Rata - Rata Debit	1,32				
Koefisien Permeabilitas $k = \frac{VL}{Aht}$ ( <i>Cm/detik</i> )	0,025	0,026	0,027	0,029	0,030
Rata - Rata	0,027				

Diperiksa Oleh:

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + Urea 10% + NPK 15 %  
Tanggal : 16 Juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

## PENGUJIAN PERMEABILITAS TANAH

ASTM D2434-68 (Reapproved 2006)

Standard Test Method for Permeability of Granular Soil (constant Head)

Nomor Sampel	1	2	3	4	5
Volume Air yang ( <i>ml</i> )	300	322	348	374	402
Waktu ( <i>t</i> )	300	300	300	300	300
Suhu °C	25	25	25	25	25
Beda Energi ( <i>h</i> )	22	22	22	22	22
Diameter Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Tinggi Sampel Tanah ( <i>cm</i> )	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Luas Sampel Tanah ( <i>cm<sup>2</sup></i> )	33,17	33,17	33,17	33,17	33,17
Debit ( <i>ml/detik</i> )	1,00	1,07	1,16	1,25	1,34
Rata - Rata Debit	1,16				
Koefisien Permeabilitas $k = \frac{VL}{Aht}$ ( <i>Cm/detik</i> )	0,021	0,022	0,024	0,026	0,028
Rata - Rata	0,024				

Diperiksa Oleh:

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

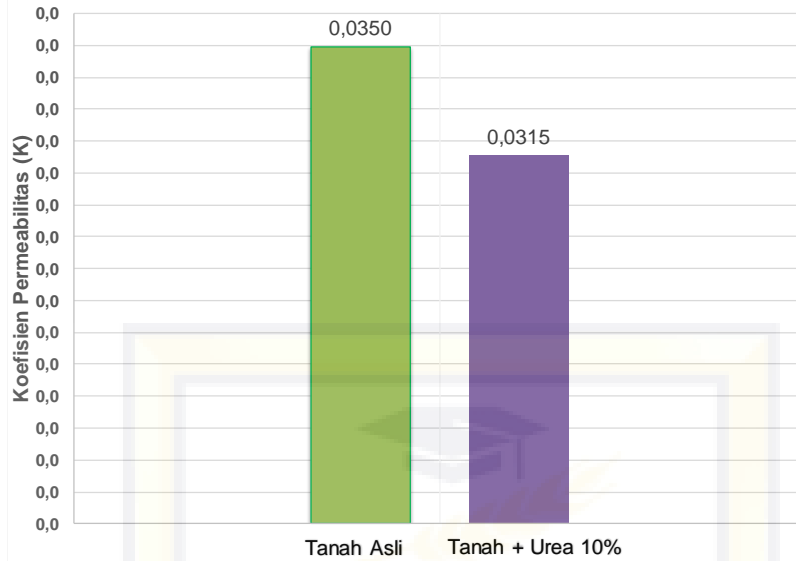
Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



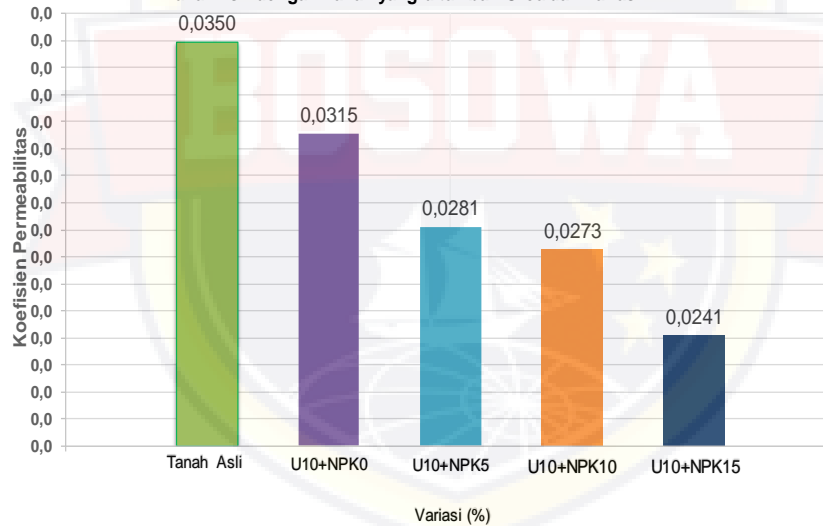
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

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

**Hubungan Nilai Koefisien Permeabilitas  
Tanah asli dan Tanah + Urea 10%**



**Hubungan Nilai Koefisien Permeabilitas  
Tanah Asli dengan Tanah yang ditambah Urea dan Variasi NPK**



Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

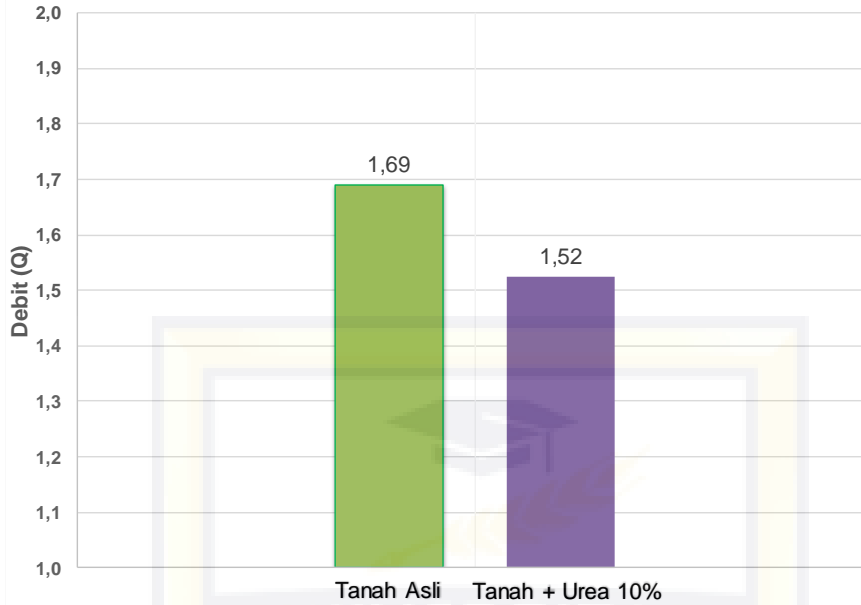
Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



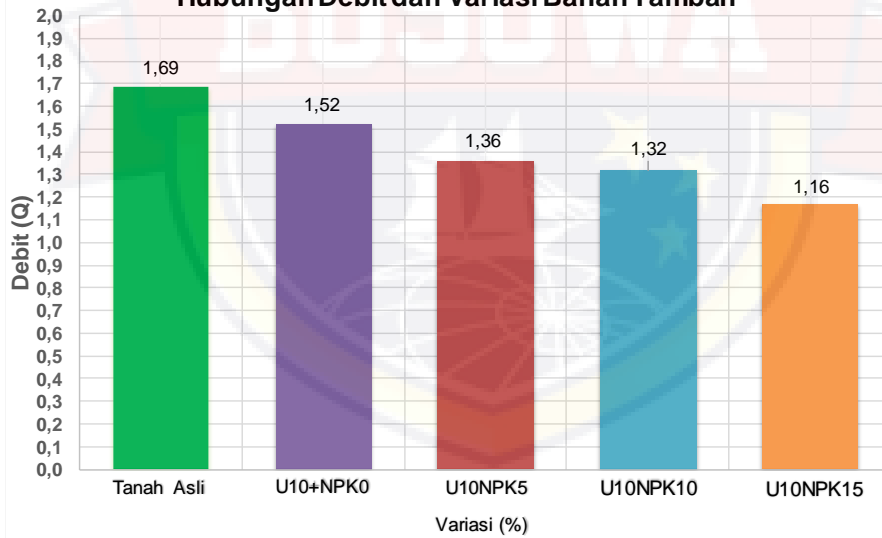
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

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

**Hubungan Nilai Debit  
Tanah asli dan Tanah + Urea 10%**



**Hubungan Debit dan Variasi Bahan Tambah**



Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**10X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	47,7	51,55
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,75	43,85
Berat Air	gram	6,95	7,703
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,55	34,95
Kadar Air, $w$	%	22,03	22,04
Kadar Air Rata - Rata	%	22,03	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7015
Berat tanah Basah + Mould	gram	11765
Berat Tanah Basah	gram	4750
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2896,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,64
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,34

**PENETRASI**

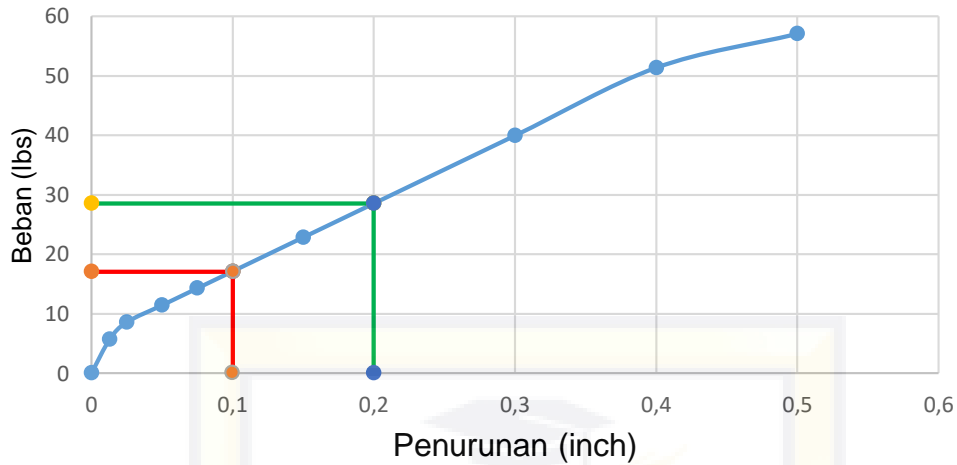
Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	1	5,7
0,025	1,5	8,55
0,050	2	11,4
0,075	2,5	14,25
0,100	3	17,1
0,150	4	22,8
0,200	5	28,5
0,300	7	39,9
0,400	9	51,3
0,500	10	57



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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

Grafik Hubungan Penurunan dan Beban



PERHITUNGAN CBR

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	17,1	0,570
0,2	28,5	0,633

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**35X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	46,36	49,13
Berat Tanah Kering + Container	gram	39,6	42
Berat Air	gram	6,76	7,13
Berat Countainer	gram	8,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,4	33,1
Kadar Air, $\omega$	%	21,53	21,54
Kadar Air Rata - Rata	%	21,53	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	6991
Berat tanah Basah + Mould	gram	12637
Berat Tanah Basah	gram	5646
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2896,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,95
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,60

**PENETRASI**

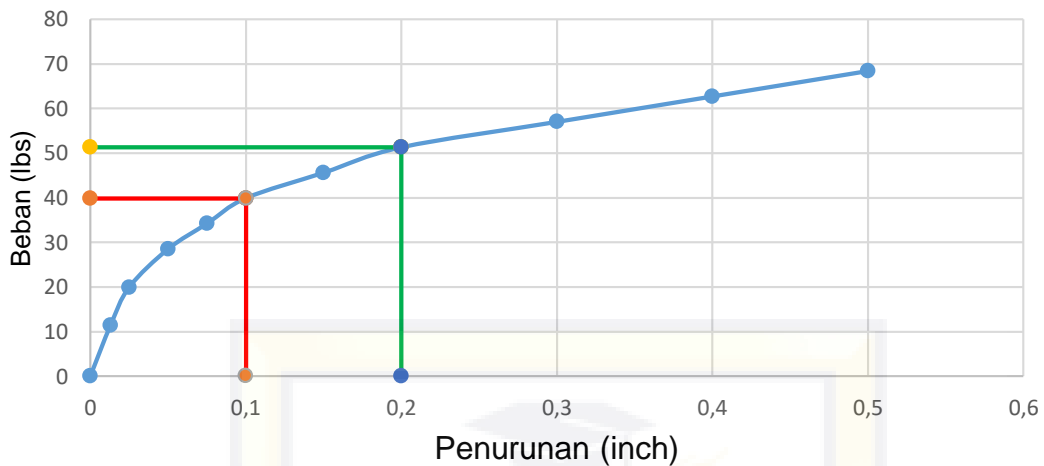
Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	2	11,4
0,025	3,5	19,95
0,050	5	28,5
0,075	6	34,2
0,100	7	39,9
0,150	8	45,6
0,200	9	51,3
0,300	10	57
0,400	11	62,7
0,500	12	68,4



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

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

Grafik Hubungan Penurunan dan Beban



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	39,9	1,330
0,2	51,3	1,140

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**65X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	47,7	51,3
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,9	43,9
Berat Air	gram	6,8	7,4
Berat Countainer	gram	8,3	8,6
Berat Tanah Kering	gram	32,6	35,3
Kadar Air, $\omega$	%	20,86	20,96
Kadar Air Rata - Rata	%	20,91	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7615
Berat tanah Basah + Mould	gram	14091
Berat Tanah Basah	gram	6476
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2896,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	2,24
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,85

**PENETRASI**

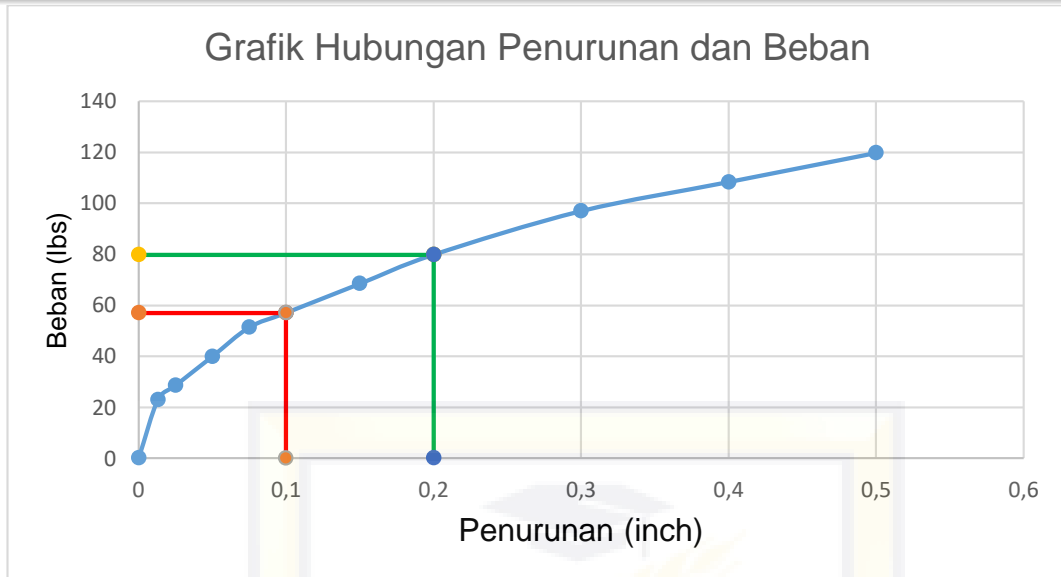
Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	4	22,8
0,025	5	28,5
0,050	7	39,9
0,075	9	51,3
0,100	10	57
0,150	12	68,4
0,200	14	79,8
0,300	17	96,9
0,400	19	108,3
0,500	21	119,7





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

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



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	57	1,900
0,2	79,8	1,773

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

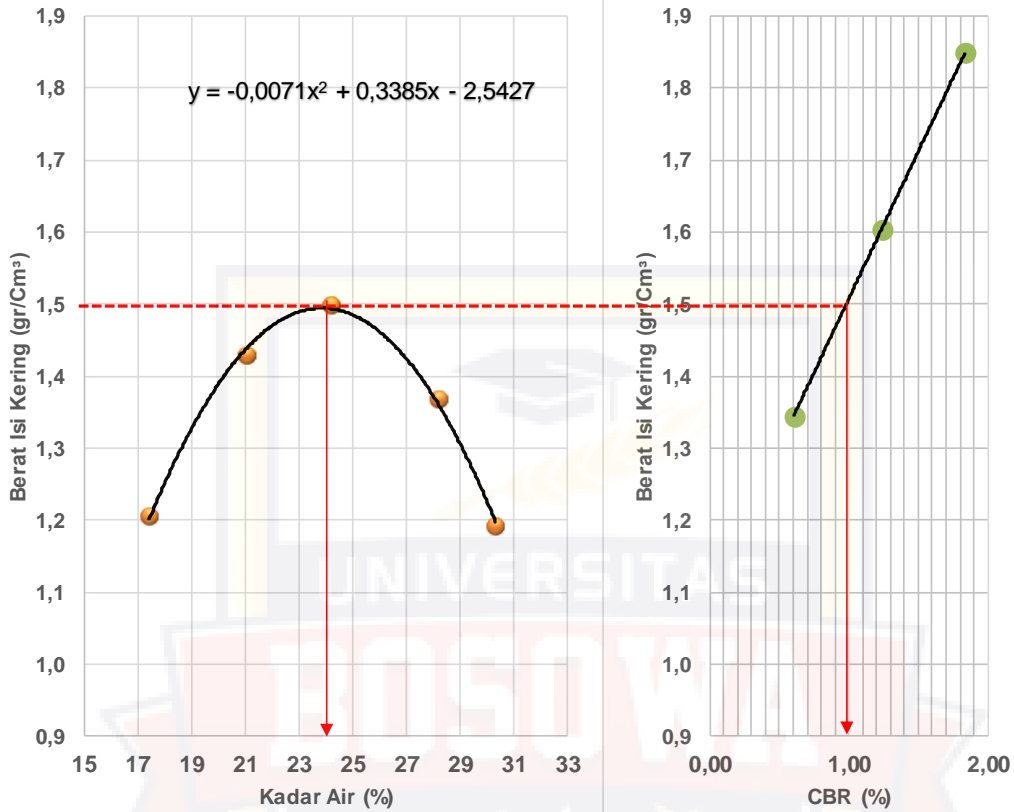
Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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

GRAFIK HUBUNGAN KOMPAKSI DAN CBR



CBR = 1,02

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10%  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**10X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	48,6	52,00
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,65	43,75
Berat Air	gram	7,95	8,246
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,45	34,85
Kadar Air, $\omega$	%	23,65	23,66
Kadar Air Rata - Rata	%	23,66	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7466
Berat tanah Basah + Mould	gram	11564
Berat Tanah Basah	gram	4098
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2320,1
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,77
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,43

**PENETRASI**

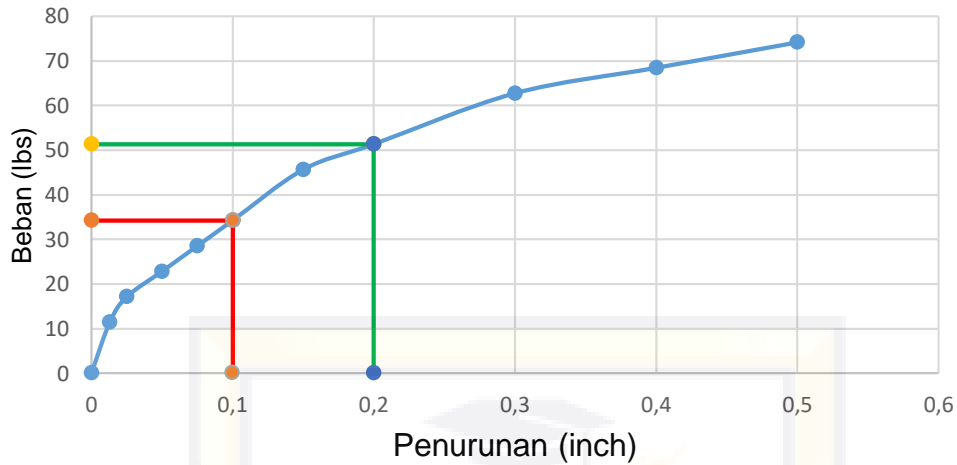
Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan (inchi)	Pembacaan Dial PER (Div)	Beban (lbs)
0	0	0
0,013	2	11,4
0,025	3	17,1
0,050	4	22,8
0,075	5	28,5
0,100	6	34,2
0,150	8	45,6
0,200	9	51,3
0,300	11	62,7
0,400	12	68,4
0,500	13	74,1



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

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

Grafik Hubungan Penurunan dan Beban



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	34,2	1,140
0,2	51,3	1,140

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10%  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**35X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	47,6	50,23
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,65	43,75
Berat Air	gram	6,95	6,48
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,45	34,85
Kadar Air, $\omega$	%	22,10	18,59
Kadar Air Rata - Rata	%	20,35	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7101
Berat tanah Basah + Mould	gram	11564
Berat Tanah Basah	gram	4463
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2226,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	2,00
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,67

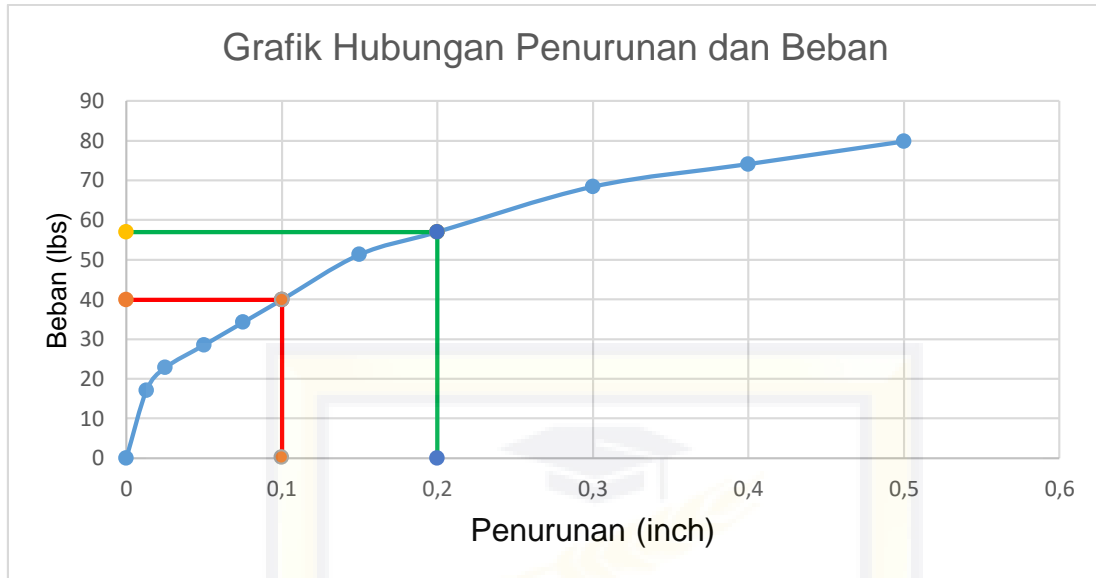
**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	3	17,1
0,025	4	22,8
0,050	5	28,5
0,075	6	34,2
0,100	7	39,9
0,150	9	51,3
0,200	10	57
0,300	12	68,4
0,400	13	74,1
0,500	14	79,8



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

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



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	39,9	1,330
0,2	57	1,267

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10%  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**65X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	47,58	51,43
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,65	43,75
Berat Air	gram	6,93	7,68
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,45	34,85
Kadar Air, $\omega$	%	22,03	22,04
Kadar Air Rata - Rata	%	22,04	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7020
Berat tanah Basah + Mould	gram	12443
Berat Tanah Basah	gram	5423
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2286,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	2,37
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,94

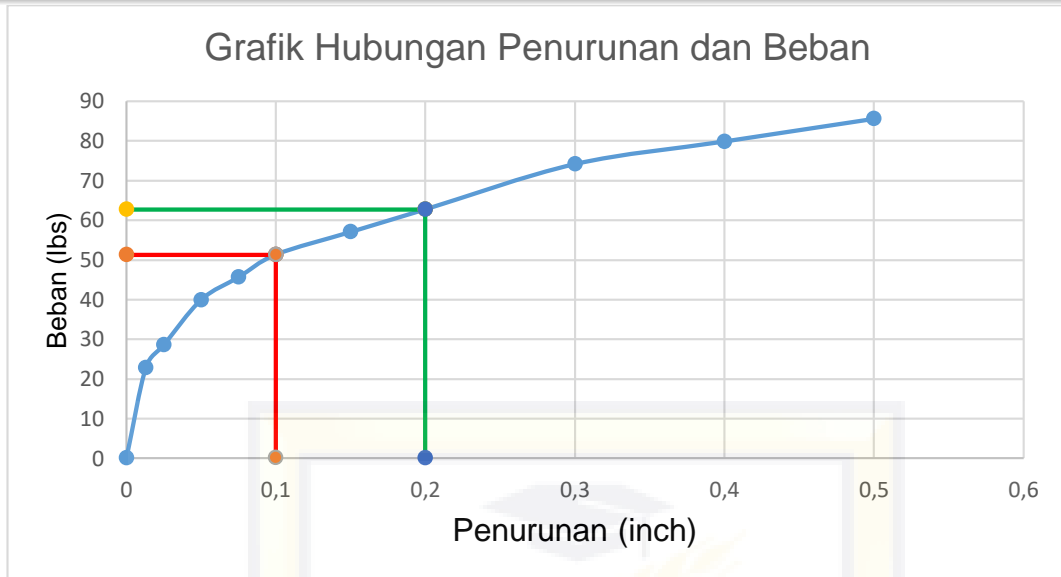
**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan (inchi)	Pembacaan Dial PER (Div)	Beban (lbs)
0	0	0
0,013	4	22,8
0,025	5	28,5
0,050	7	39,9
0,075	8	45,6
0,100	9	51,3
0,150	10	57
0,200	11	62,7
0,300	13	74,1
0,400	14	79,8
0,500	15	85,5



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

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



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	51,3	1,710
0,2	62,7	1,393

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa

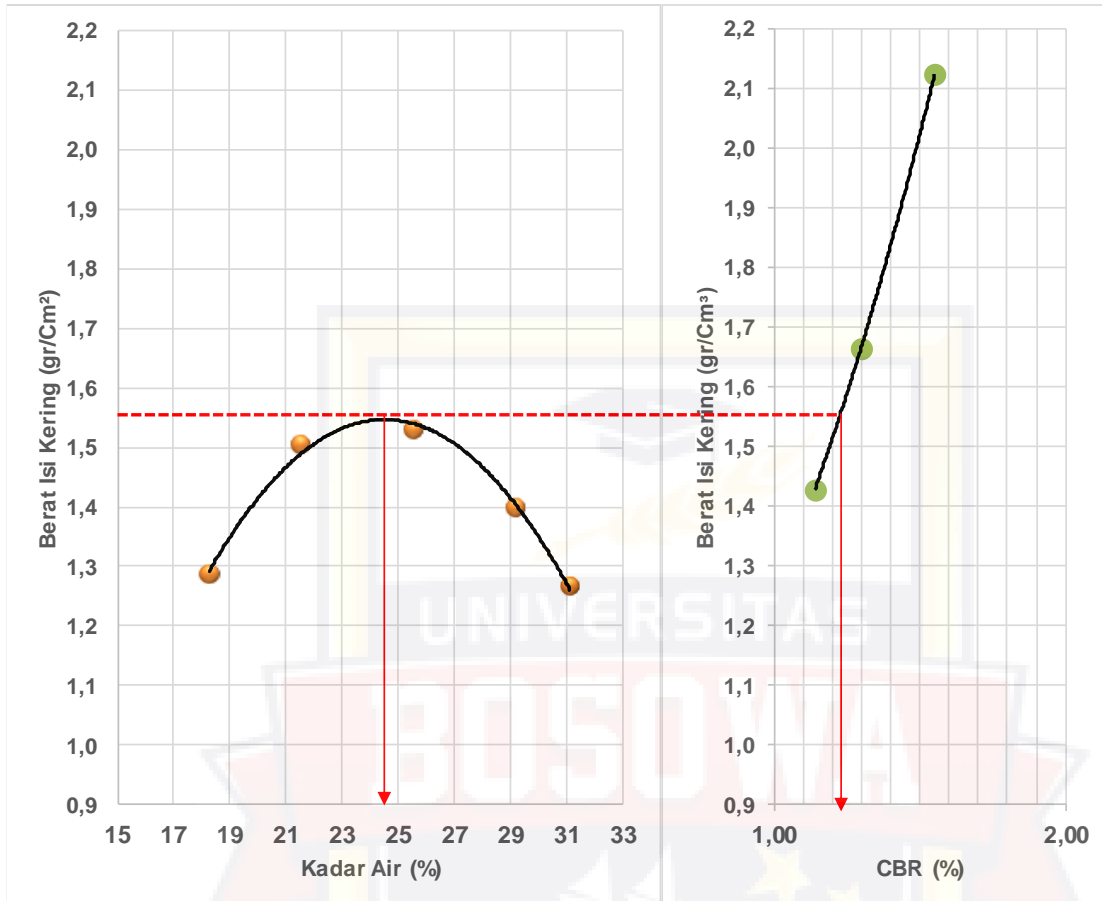




LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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

GRAFIK HUBUNGAN KOMPAKSI DAN CBR



CBR = 1,23

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 5%  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**10X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	47,46	51,31
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,55	43,65
Berat Air	gram	6,905	7,66
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,35	34,75
Kadar Air, $\omega$	%	22,03	22,04
Kadar Air Rata - Rata	%	22,03	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7515
Berat tanah Basah + Mould	gram	11754
Berat Tanah Basah	gram	4239
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2349,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,80
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,48

**PENETRASI**

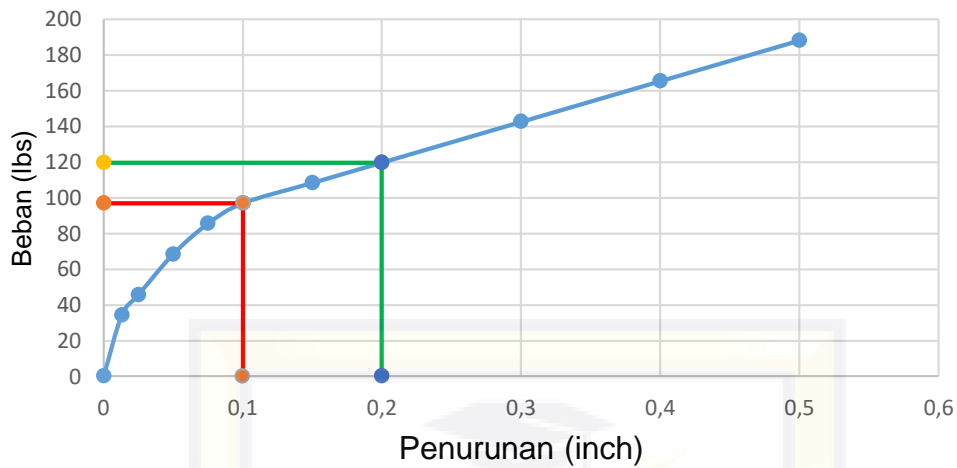
Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	6	34,2
0,025	8	45,6
0,050	12	68,4
0,075	15	85,5
0,100	17	96,9
0,150	19	108,3
0,200	21	119,7
0,300	25	142,5
0,400	29	165,3
0,500	33	188,1



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

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

Grafik Hubungan Penurunan dan Beban



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	96,9	3,230
0,2	119,7	2,660

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 5%  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**35X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	42,4	45,1
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,55	43,65
Berat Air	gram	1,85	1,45
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,35	34,75
Kadar Air, $\omega$	%	5,90	4,17
Kadar Air Rata - Rata	%	5,04	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	6991
Berat tanah Basah + Mould	gram	11004
Berat Tanah Basah	gram	4013
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2216,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,81
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,72

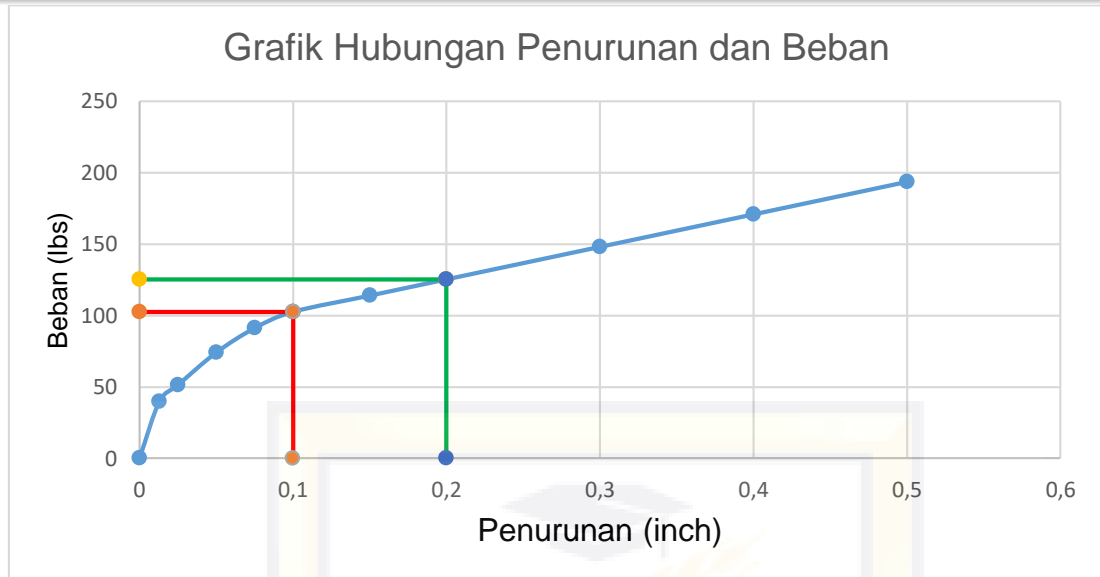
**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan (inchi)	Pembacaan Dial PER (Div)	Beban (lbs)
0	0	0
0,013	7	39,9
0,025	9	51,3
0,050	13	74,1
0,075	16	91,2
0,100	18	102,6
0,150	20	114
0,200	22	125,4
0,300	26	148,2
0,400	30	171
0,500	34	193,8



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

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



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	102,6	3,420
0,2	125,4	2,787

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 5%  
Tanggal : 17 juli 2023  
Dikerjakan Oleh : Agus Hary Susetyo

**65X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	48,01	51,93
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,55	43,65
Berat Air	gram	7,46	8,279
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,35	34,75
Kadar Air, $\omega$	%	23,80	23,82
Kadar Air Rata - Rata	%	23,81	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7515
Berat tanah Basah + Mould	gram	13631
Berat Tanah Basah	gram	6116
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2396,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	2,55
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	2,06

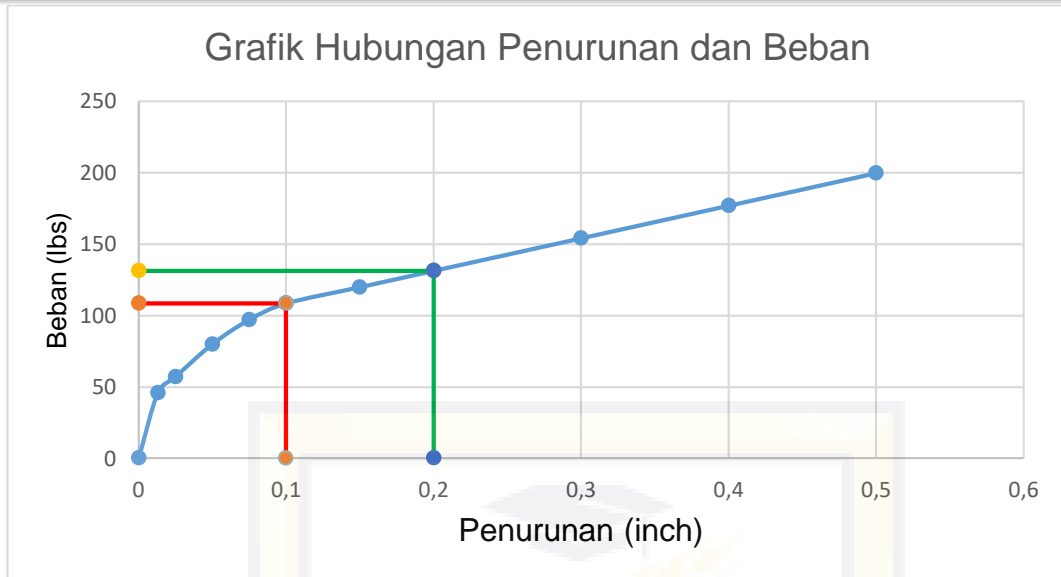
**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	8	45,6
0,025	10	57
0,050	14	79,8
0,075	17	96,9
0,100	19	108,3
0,150	21	119,7
0,200	23	131,1
0,300	27	153,9
0,400	31	176,7
0,500	35	199,5



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

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



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	108,3	3,610
0,2	131,1	2,913

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

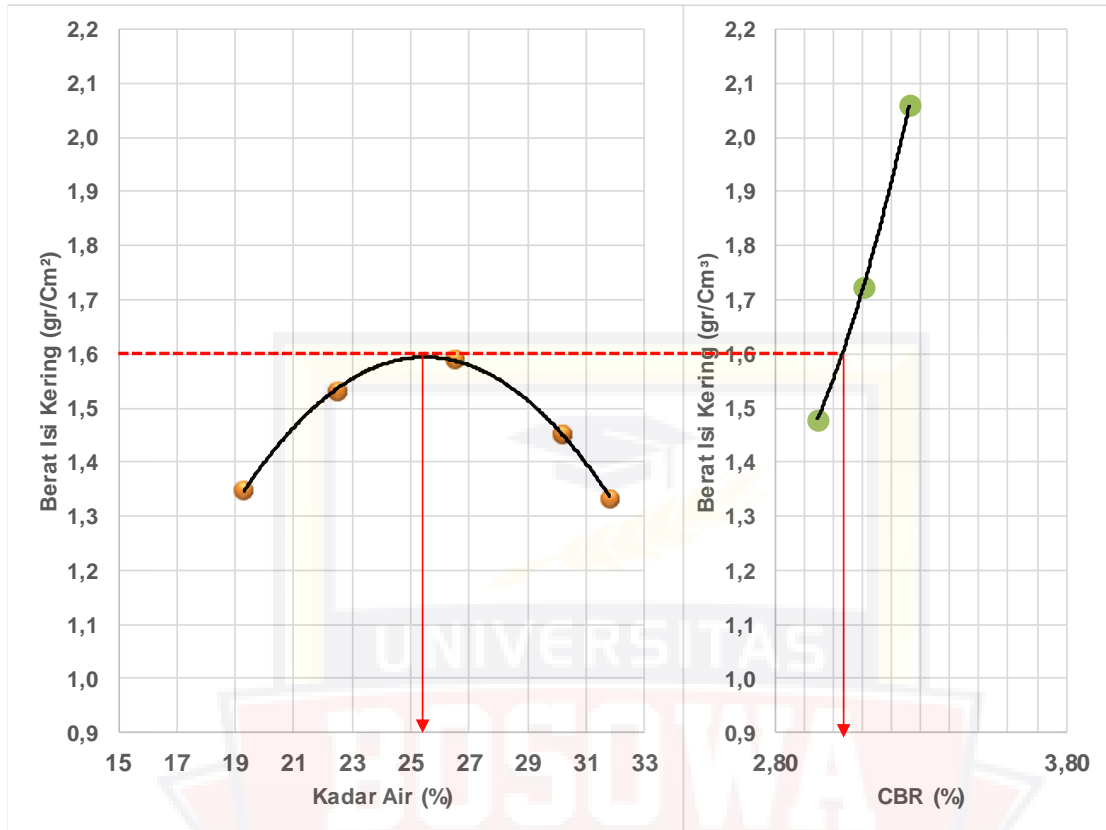
Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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

GRAFIK HUBUNGAN KOMPAKSI DAN CBR



CBR = 3,07

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 10%  
Tanggal : 21 Juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**10X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	48,47	52,31
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,45	43,45
Berat Air	gram	8,019	8,863
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,25	34,55
Kadar Air, $w$	%	25,66	25,65
Kadar Air Rata - Rata	%	25,66	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7015
Berat tanah Basah + Mould	gram	11443
Berat Tanah Basah	gram	4428
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2340,6
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,73
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,51

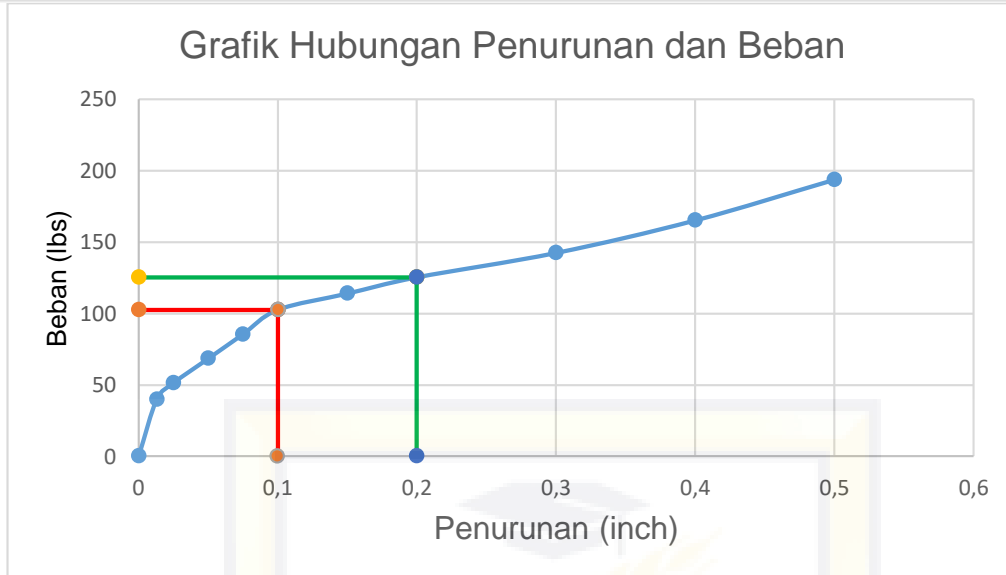
**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan (inchi)	Pembacaan Dial PER (Div)	Beban (lbs)
0	0	0
0,013	7	39,9
0,025	9	51,3
0,050	12	68,4
0,075	15	85,5
0,100	18	102,6
0,150	20	114
0,200	22	125,4
0,300	25	142,5
0,400	29	165,3
0,500	34	193,8



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

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



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	102,6	3,420
0,2	125,4	2,787

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 10%  
Tanggal : 21 Juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**35X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	45	48
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,45	43,45
Berat Air	gram	4,55	4,55
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,25	34,55
Kadar Air, $\omega$	%	14,56	13,17
Kadar Air Rata - Rata	%	13,86	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7115
Berat tanah Basah + Mould	gram	11665
Berat Tanah Basah	gram	4550
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2296,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,98
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,74

**PENETRASI**

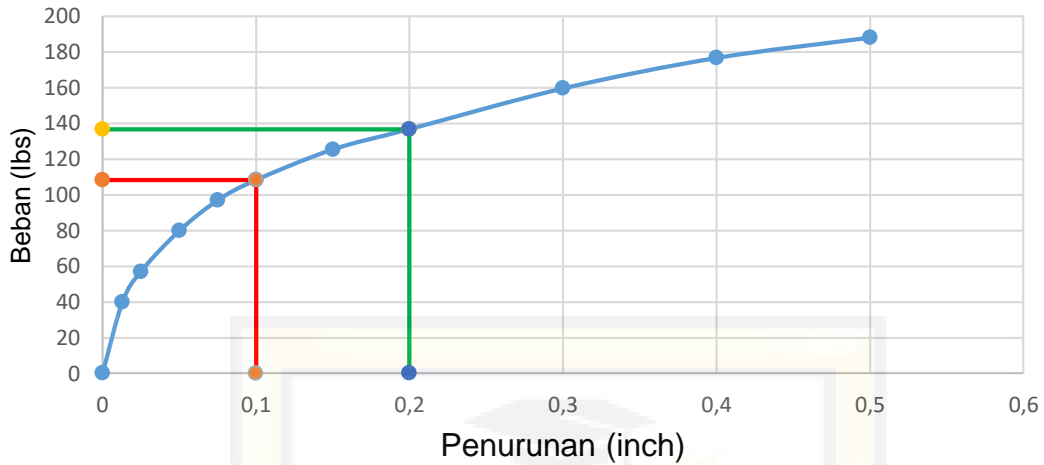
Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan (inchi)	Pembacaan Dial PER (Div)	Beban (lbs)
0	0	0
0,013	7	39,9
0,025	10	57
0,050	14	79,8
0,075	17	96,9
0,100	19	108,3
0,150	22	125,4
0,200	24	136,8
0,300	28	159,6
0,400	31	176,7
0,500	33	188,1



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

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

Grafik Hubungan Penurunan dan Beban



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	108,3	3,610
0,2	136,8	3,040

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 10%  
Tanggal : 21 Juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**65X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	48,72	52,59
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,45	43,45
Berat Air	gram	8,265	9,141
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,25	34,55
Kadar Air, $\omega$	%	26,45	26,46
Kadar Air Rata - Rata	%	26,45	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7191
Berat tanah Basah + Mould	gram	12983
Berat Tanah Basah	gram	5792
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2236,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	2,59
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	2,05

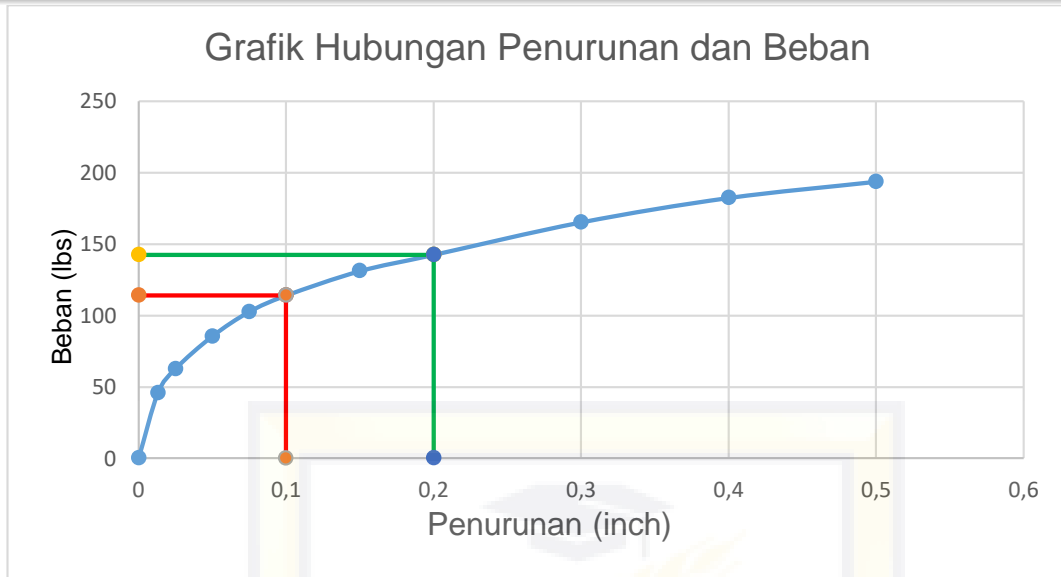
**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	8	45,6
0,025	11	62,7
0,050	15	85,5
0,075	18	102,6
0,100	20	114
0,150	23	131,1
0,200	25	142,5
0,300	29	165,3
0,400	32	182,4
0,500	34	193,8



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

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



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	114	3,800
0,2	142,5	3,167

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

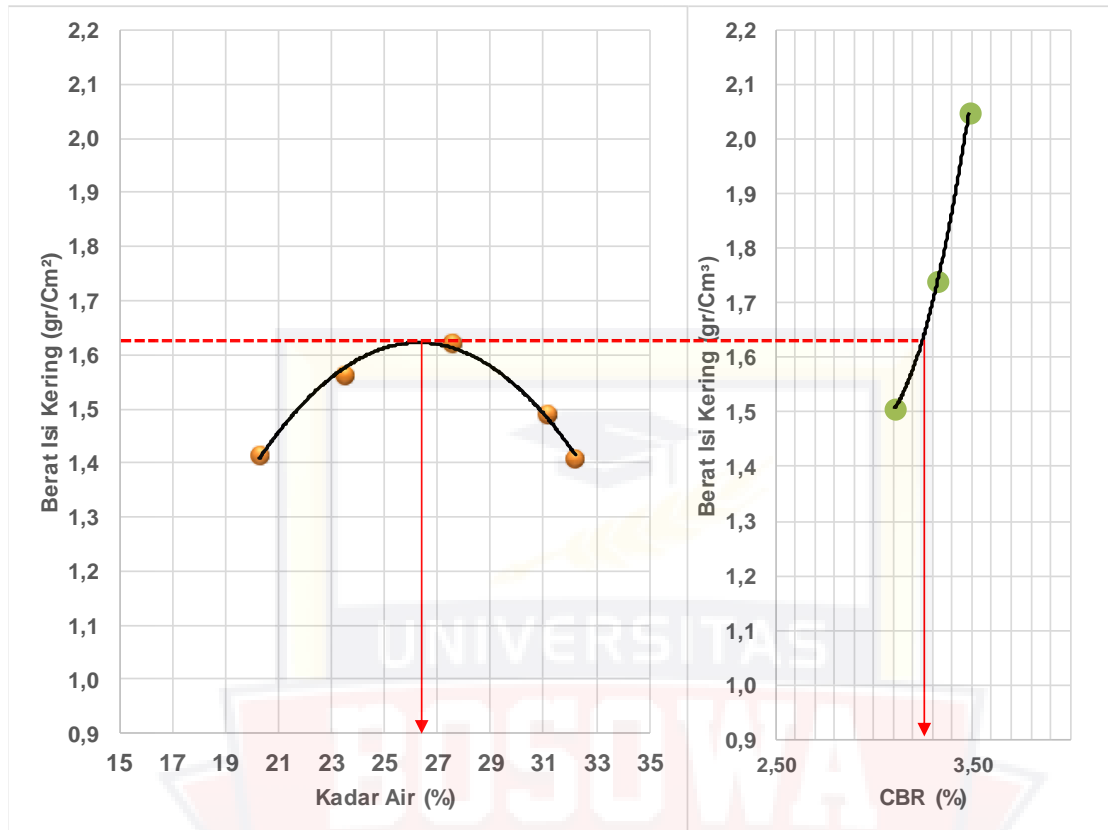
Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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

GRAFIK HUBUNGAN KOMPAKSI DAN CBR



CBR = 3,25

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 15%  
Tanggal : 21 Juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**10X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	49,30	53,39
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,25	43,35
Berat Air	gram	9,047	10,036
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,05	34,45
Kadar Air, $\omega$	%	29,14	29,13
Kadar Air Rata - Rata	%	29,13	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7042
Berat tanah Basah + Mould	gram	11619
Berat Tanah Basah	gram	4577
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2548,3
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,80
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,39

**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan	Pembacaan Dial	Beban
(inchi)	PER (Div)	(lbs)
0	0	0
0,013	6	34,2
0,025	8	45,6
0,050	12	68,4
0,075	15	85,5
0,100	17	96,9
0,150	20	114
0,200	22	125,4
0,300	26	148,2
0,400	29	165,3
0,500	32	182,4

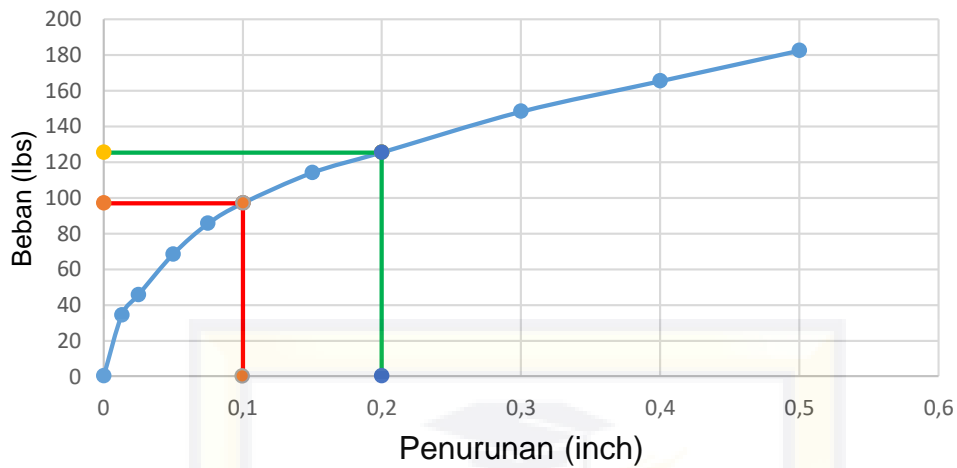




**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA**

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

Grafik Hubungan Penurunan dan Beban



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	96,9	3,230
0,2	125,4	4,180

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 15%  
Tanggal : 21 Juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**35X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	44,8	46,7
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,25	43,35
Berat Air	gram	4,55	3,35
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,05	34,45
Kadar Air, $\omega$	%	14,65	9,72
Kadar Air Rata - Rata	%	12,19	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7015
Berat tanah Basah + Mould	gram	11466
Berat Tanah Basah	gram	4451
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2246,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	1,98
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	1,77

**PENETRASI**

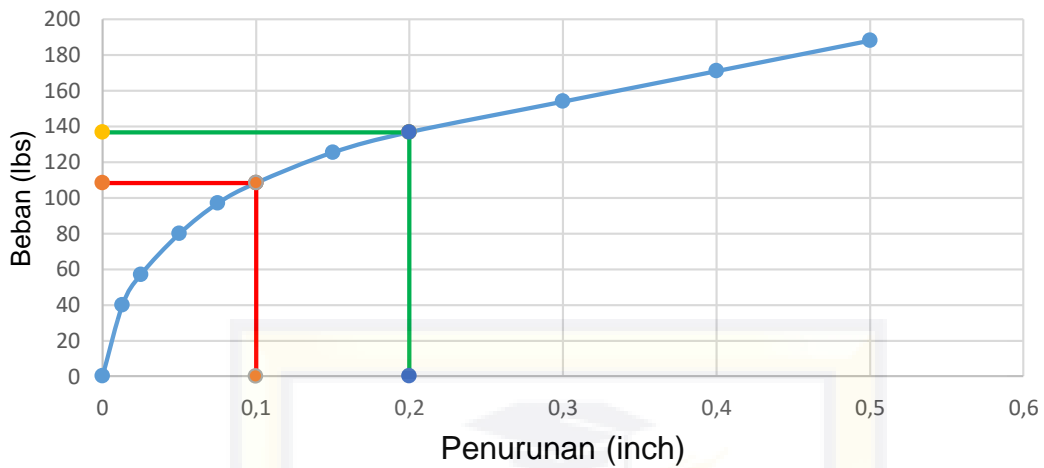
Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan (inchi)	Pembacaan Dial PER (Div)	Beban (lbs)
0	0	0
0,013	7	39,9
0,025	10	57
0,050	14	79,8
0,075	17	96,9
0,100	19	108,3
0,150	22	125,4
0,200	24	136,8
0,300	27	153,9
0,400	30	171
0,500	33	188,1



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

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

Grafik Hubungan Penurunan dan Beban



**PERHITUNGAN CBR**

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	108,3	3,610
0,2	136,8	4,560

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
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 NILAI CBR DAN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG  
YANG DISTABILISASI DENGAN FERTILIZER  
(STUDI KASUS : TANAH LEMPUNG DI DESA ALAM BUANA KAB. LUWU TIMUR)"  
Lokasi : Lab. Mekanika Tanah Jurusan Sipil FT. Universitas Bosowa  
Sampel : Tanah Asli + UREA 10% + NPK 15%  
Tanggal : 21 Juli 2023  
Dikerjakan : Agus Hary Susetyo

**65X TUMBUKAN**

**KADAR AIR**

No. Container	-	1	2
Berat Tanah Basah + Container	gram	49,14	53
Berat Tanah Kering + Container	gram	40,25	43,35
Berat Air	gram	8,89	9,65
Berat Countainer	gram	9,2	8,9
Berat Tanah Kering	gram	31,05	34,45
Kadar Air, $\omega$	%	28,63	28,01
Kadar Air Rata - Rata	%	28,32	

**BERAT ISI**

Berat Mould	gram	7405
Berat tanah Basah + Mould	gram	13669
Berat Tanah Basah	gram	6264
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	2296,7
Berat Isi Basah	gram/cm <sup>3</sup>	2,73
Berat Isi Kering	gram/cm <sup>3</sup>	2,13

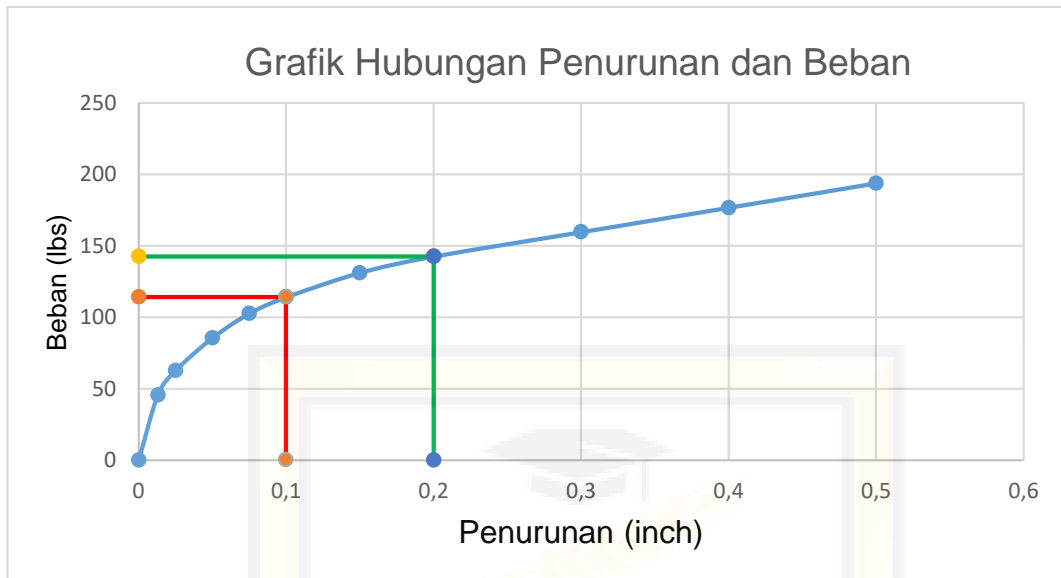
**PENETRASI**

Proving Ring Calibration 28 KN, lbs/Dev = 5,7		
Penurunan (inchi)	Pembacaan Dial PER (Div)	Beban (lbs)
0	0	0
0,013	8	45,6
0,025	11	62,7
0,050	15	85,5
0,075	18	102,6
0,100	20	114
0,150	23	131,1
0,200	25	142,5
0,300	28	159,6
0,400	31	176,7
0,500	34	193,8



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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



PERHITUNGAN CBR

Penurunan inchi	Beban	CBR (%)
0,1	114	3,800
0,2	142,5	4,750

Untuk Penuruan 1 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1000)$

Untuk Penuruan 2 inch,  $CBR = \text{Beban}/(3 \times 1500)$

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

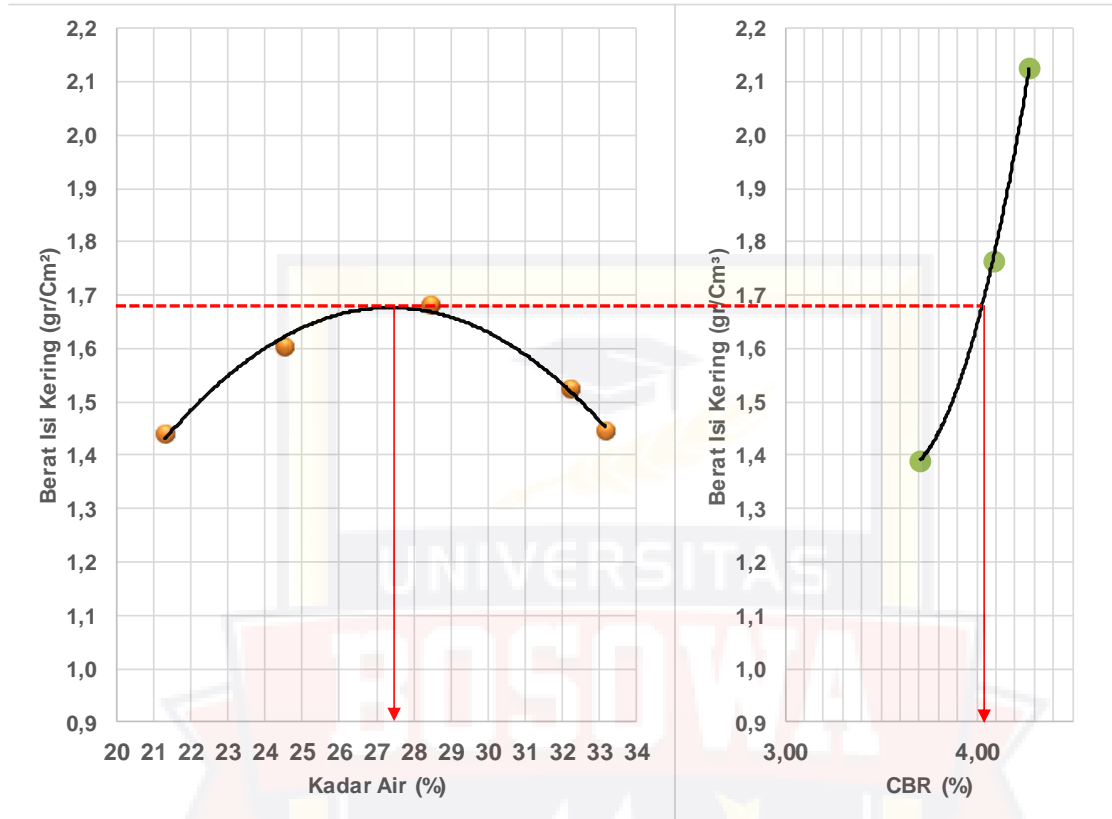
Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA

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

GRAFIK HUBUNGAN KOMPAKSI DAN CBR



CBR = 4,03

Diperiksa Oleh:

Hasrullah, ST.  
Asisten Lab.

Makassar, Juli 2023

Diuji Oleh:

Agus Hary Susetyo  
Mahasiswa



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

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

---







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

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

---







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

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

---

