

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SLAG BAJA DAN KAPUR TERHADAP CBR
TANAH LEMPUNG LUNAK**

**Diajukan untuk Memenuhi Peryaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh,

Fadli Ulil Absor
30202100005

Satria Hanung Pambudi
3020210019

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH SLAG BAJA DAN KAPUR TERHADAP CBR TANAH LEMPUNG LUNAK



Fadli Ulil Absor
NIM : 30202100005



Satria Hanung Pambudi
NIM : 30202100195

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Mei 2025

Tim Penguji

1. **Dr. Abdul Rochim, ST., MT.**

NIDN : 0608067601

2. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.**

NIDN : 0631128901

Tanda Tangan

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 06 / A.2 / SA – T / III / 2025

Pada hari ini tanggal 05 Maret 2025 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama:

Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Fadli Ulil Absor
NIM : 30202100005

Satria Hanung Pambudi
NIM : 30202100195

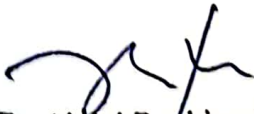
Judul : PENGARUH SLAG BAJA DAN KAPUR TERHADAP CBR TANAH LEMPUNG LUNAK

Dengan tahapan sebagai berikut :

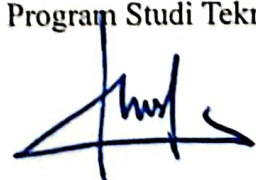
No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	05/03/2025	ACC
2	Seminar Proposal	24/03/2025	
3	Pengumpulan data	06/05/2025	
4	Analisis data	15/04/2025	
5	Penyusunan laporan	07/03/2025	ACC
6	Selesai laporan	16/05/2025	

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama


Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Fadli Ulil Absor

NIM : 30202100005

NAMA : Satria Hanung Pambudi

NIM : 30202100195

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

PENGARUH SLAG BAJA DAN KAPUR TERHADAP CBR TANAH LEMPUNG LUNAK

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 2025

Yang membuat pernyataan 1

Fadli Ulil Absor

NIM : 30202100005

Yang membuat pernyataan 2

Satria Hanung Pambudi

NIM : 30202100195



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Fadli Ulil Absor
NIM : 30202100005
NAMA : Satria Hanung Pambudi
NIM : 30202100195
JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH SLAG BAJA DAN KAPUR
TERHADAP CBR TANAH LEMPUNG LUNAK

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 11 Mei 2025

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

Fadli Ulil Absor

NIM : 30202100005



Satria Hanung Pambudi

NIM : 30202100195

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ ۚ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ ۚ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ ۚ

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia (selama) kamu menyuruh (berbuat) yang makruf, mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Seandainya Ahlulkitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman dan kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.”

(Q.S Ali Imran : 110)

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji , bahwa Sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan “

(QS.Al-Insyirah : 5-6)



PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Sutardi dan Ibu saya Susilowati, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terima kasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya, Kakak saya Hexa Jehan Pradana.
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Fadli Ulil Absor, terima kasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Sutardi dan Samsul Ma'arif, yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data.
7. Sahabat – sahabat saya, Riva, Umar, Samsul Ma'arif, Syarif, Jumar, Charen, Dui, Daril, Paijo, Adil, Rifka Annisa Rini Nur Azizah, Teman-Teman The Shunshin, Kontrakan Mendo, Teman – teman Bengkel Mabur, Teman - Teman Pristel, serta semua Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2021, terima kasih atas semua bantuan, perhatian, dan semangatnya.

Satria Hanung Pambudi

NIM : 30202100195

PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Suwandi dan Ibu saya Rosadah , atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terima kasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga saya, Kakak saya Kana Ma'ula dan Adik saya Aufa Abiyyi dan auliya Afi yang telah mensupport saya.
5. Sahabat sekaligus partner laporan tugas akhir saya Satria Hanung pambudi, terima kasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Sutardi,yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data.
7. Sahabat – sahabat saya, Samsul Ma'arif sahabat dari kecil, Teman – teman Kober, Teman – teman Engineering Mbois Real, Teman – teman gang buntu , serta semua Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2021, terima kasih atas semua bantuan, perhatian, dan semangatnya.
8. Kepada Real Madrid selaku klub sepak bola favorit saya. Terima kasih telah mengajarkan penulis tentang arti Perjuangan untuk mencapai suatu tujuan, dan mengajarkan penulis untuk menghargai sebuah proses ”HALLA MADRID”.

Fadli Ulil Absor

NIM : 30202100005

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia – Nya Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “PENGARUH SLAG BAJA DAN KAPUR TERHADAP CBR TANAH LEMPUNG LUNAK”, guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik serta Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada Kami agar bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Seminar Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada Kami agar bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga Proposal Tugas Akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis tapi juga bagi para pembaca.

Semarang, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

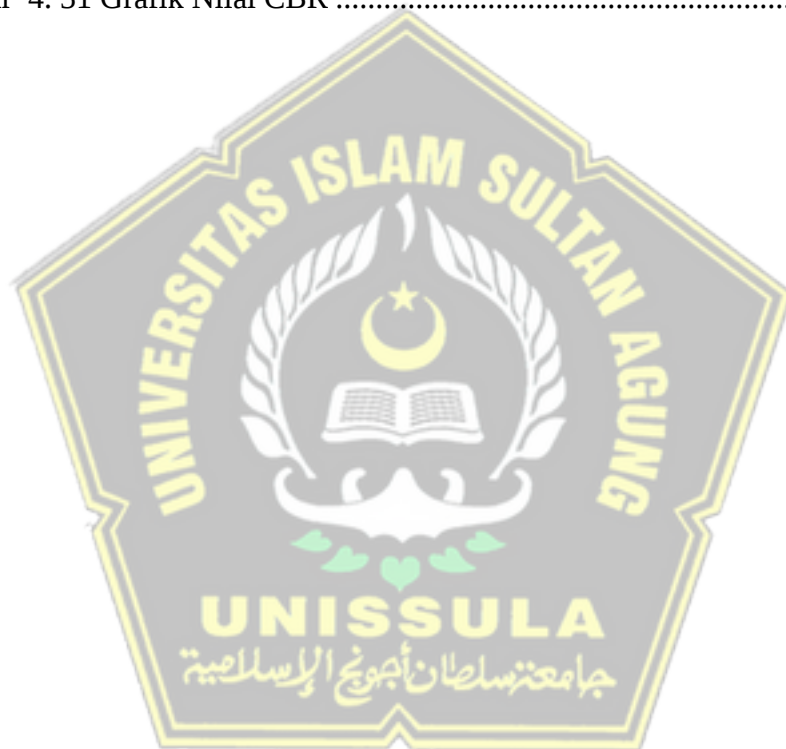
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xxivii
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah.....	2
1.3. Tujuan penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat penelitian.....	3
1.6. Keaslian Kajian	3
1.7. Sistematika Penuhisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Tanah.....	5
2.2 Klasifikasi Tanah.....	5
2.3 Tanah Lunak.....	7
2.3.1 Sifat Fisik Tanah.....	8
2.4 Slag Baja.....	8
2.5 Kapur	10
2.6 Stabilisasi Tanah.....	11
2.6.1 Stabilisasi Mekanis.....	11
2.6.2 Stabilisasi Kimiawi	12
2.7 Pemadatan Tanah (<i>Proctor Standard</i>).....	12
2.8 CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	13
BAB III METODELOGI PENELITIAN	14
3.1. Lokasi dan Subjek Penelitian	14

3.2.	Desain Penelitian	14
3.3.	Metode Penelitian	15
3.4.	Alat (Instrumen) dan Bahan	15
3.4.1.	Menyiapkan Alat.....	15
3.4.2.	Menyiapkan Bahan	19
3.5.	Teknik Pengumpulan Data.....	20
3.6.	Teknik Analisis Data	20
3.7.	Bagan Alur.....	21
3.8.	Jadwal Penyelesaian TA.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		23
4.1.	Hasil Penelitian	23
4.2.	Physical Properties Tanah Asli.....	23
4.3.	Analisa Stabilisasi dengan Slag baja dan Kapur di Laboratorium	24
4.2.1.	Grain Size	24
4.2.2.	Atterberg Limits	31
4.2.3.	Direct Shear.....	35
4.2.4.	Proctor Modified.....	40
4.2.5.	California Bearing Ratio (CBR).....	48
4.4.	Akhir pembahasan	64
BAB V PENUTUP.....		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67

DAFTAR GAMBAR

Gamba 2.1 Klasifikasi berdasarkan tekstur menurut Departemen Pertanian Amerika Serikat (<i>U.S. Department of Agriculture/USDA</i>).	7
Gambar 2.2 Bongkahan Steel Slag	9
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah di Ds. Pilangsari , Kec.Sayung, Kab. Demak, Jawa Tengah.	14
Gambar 3.2 Bagan Alur Penelitian	21
Gambar 3.3 Jadwal Penyelesaian TA.....	23
Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Butiran	30
Gambar 4. 2 Grafik Liquid Limit sampel Tanah Asli.....	32
Gambar 4. 3 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 1.....	32
Gambar 4. 4 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 2.....	32
Gambar 4. 5 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 3.....	33
Gambar 4. 6 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 4.....	33
Gambar 4. 7 Grafik ATL Tanah Asli dan Campuran fly ash dan slag baja.....	35
Gambar 4. 8 Grafik Direct Shear Tanah Asli.....	37
Gambar 4. 9 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 1.....	37
Gambar 4. 10 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 2.....	38
Gambar 4. 11 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 3.....	38
Gambar 4. 12 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 4.....	39
Gambar 4. 13 Grafik Nilai Kohesi Tanah Asli dan Campuran Slag baja dan Kapur	40
Gambar 4. 14 Grafik <i>Wopt</i> yang menunjukkan sampel Tanah Asli	45
Gambar 4. 15 Grafik <i>Wopt</i> sampel Tanah Campuran 1	45
Gambar 4. 16 Grafik <i>Wopt</i> sampel Tanah Campuran 2	45
Gambar 4. 17 Grafik <i>Wopt</i> sampel Tanah Campuran 3	46
Gambar 4. 18 Grafik <i>Wopt</i> sampel Tanah Campuran 4.....	46
Gambar 4. 19 Grafik Proctor Modified yang menunjukkan contoh Tanah Asli yang mengandung campuran Fly Ash dan Slag baja.....	47
Gambar 4. 20 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli.....	52
Gambar 4. 21 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 1.....	53

Gambar 4. 22 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 2.....	54
Gambar 4. 23 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 3.....	55
Gambar 4. 24 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 4.....	56
Gambar 4. 25 Grafik CBR	58
Gambar 4. 26 Grafik Nilai CBR Tanah Asli.....	59
Gambar 4. 27 Grafik Nilai CBR Tanah campuran 1.....	60
Gambar 4. 28 Grafik Nilai CBR Tanah campuran 2.....	61
Gambar 4. 29 Grafik Nilai CBR Tanah campuran 3.....	62
Gambar 4. 30 Grafik Nilai CBR Tanah Campuran 4.....	63
Gambar 4. 31 Grafik Nilai CBR	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Terminologi klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir (Mulyono, 2022)	6
Tabel 2.2 Berat Jenis Tanah	8
Tabel 2.3 Sifat Fisik <i>Steel Slag</i>	10
Tabel 3.1 <i>Mix Design</i>	20
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Properties Tanah Asli	23
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Mekanis Tanah Asli	23
Tabel 4. 3 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Asli	24
Tabel 4. 4 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Campuran 1	25
Tabel 4. 5 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Campuran 2	25
Tabel 4. 6 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Campuran 3	26
Tabel 4. 7 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Campuran 4	26
Tabel 4. 8 Nilai Perhitungan Sieve Analysis Tanah Asli	27
Tabel 4. 9 Nilai Perhitungan Sieve Analysis Tanah Tanah Campuran 1	28
Tabel 4. 10 Nilai Perhitungan Sieve Analysis Tanah Tanah Campuran 2	28
Tabel 4. 11 Nilai Perhitungan Sieve Analysis Tanah Tanah Campuran 3	29
Tabel 4. 12 Nilai Perhitungan Sieve Analysis Tanah Tanah Campuran 4	29
Tabel 4. 13 Hasil Grain Size	30
Tabel 4. 14 Nilai Perhitungan Batas Cair	31
Tabel 4. 15 Nilai perhitungan Batas Plastis	34
Tabel 4. 16 Hasil Indeks Plastisitas	34
Tabel 4. 17 Hasil perhitungan penembakan langsung sampel tanah asli dan campuran Slag baja dan Kapur	36
Tabel 4. 18 Hasil Penggambaran Direct Shear	39
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Proctor Modified	41
Tabel 4. 20 Nilai Perhitungan <i>Proctor Modified</i> Tanah Asli	43
Tabel 4. 21 Nilai Perhitungan <i>Proctor Modified</i> campuran kapur kapur kapur ..	44
Tabel 4. 22 Hasil Proctor Modified dari Tanah Asli yang terdiri dari campuran	46
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Tanah asli dan Campuran kapur kapur kapur	48

Tabel 4. 24 Hasil Penetrasi Sampel Tanah campuran Kapur kapur kapur Kalibrasi : 9,391.....	50
Tabel 4. 25 Harga CBR Tanah Asli dan Tanah Campuran Kapur kapur kapur...	57
Tabel 4. 26 Nilai CBR Tanah Asli dan Tanah Campuran Kapur kapur Kapur ...	58



DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI

SiO ₂	[-]	Silikat
Al ₂ O ₃	[-]	Aluminat
A	[m ²]	Luas
D	[m]	Diameter
c	[kg/cm ²]	Kohesi
C _v	[cm ² /s]	Koefisien
W	[%]	Kadar Air
G _s	[-]	Harga berat jenis butiran tanah
e	[-]	Angka pori
σ _n	[kg/cm ²]	Tegangan normal
σ _s	[kg/cm ²]	Tegangan geser
Ø	[°]	Sudut geser
γ _k	[gr/cm ³]	Gamma kering
n	[%]	Kadar pori
γ _b	[gr/cm ³]	Gamma basah
γ _w	[gr/cm ³]	Gamma Air
HAP	[-]	Harga air piknometer
T	[°]	Suhu
KL	[%]	Kadar lumpur
t	[s]	Waktu
Gl	[-]	Indeks grup
PL	[%]	Plastic limit
LL	[%]	Liquid limit
ZAV	[-]	Zeri air void
P	[-]	Beban normal
F	[-]	Luas Penampang

DAFTAR SINGKATAN

PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
USCS	: Unified Soil Classification System
CBR	: California Bearing Ratio
ASTM	: American Society for Testing and Materials
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation
G	: Gravel
S	: Sand
F	: Fines



PENGARUH SLAG BAJA DAN KAPUR TERHADAP CBR TANAH LEMPUNG LUNAK

Abstrak

Tanah dasar merupakan bagian yang sangat penting karena tanah dasar akan mendukung seluruh beban lalu lintas/beban konstruksi dari atasnya. Di Desa Pilangsari, Kec. Sayung, Kab. Demak, Jika tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung rendah, maka bangunan yang ada sering mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh kondisi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan Slag baja dan kapur pada karakteristik tanah serta mengetahui presentase hasil pengujian CBR pada tanah asli di Desa Pilangsari, Kec. Sayung, Kab. Demak, Jawa Tengah. dan tanah yang sudah dikombinasikan dengan kapur kapur kapur

Pengujian penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Unissula dengan metode pengujian yang mencampurkan tanah dengan kapur kapur kapur dalam berbagai persentase, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Jenis pengujian yang dilaksanakan mencakup pengujian berat jenis, kadar air, analisis saringan, *Atterberg limit*, *Proctor standart*, serta *California Bearing Ratio* (CBR).

Merujuk pada hasil pengujian laboratorium, penambahan kapur kapur kapur berpengaruh positif terhadap daya dukung tanah. Semakin tinggi *persentase fly ash* yang ditambahkan, semakin baik sifat mekanis tanah, yang ditunjukkan dengan peningkatan daya dukung tanah. Hasil pengujian CBR *unsoaked* pada sampel tanah asli serta tanah dengan campuran slag baja dan kapur pada berbagai persentase (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) menunjukkan peningkatan nilai CBR *unsoaked* secara bertahap, yaitu 5,60% 7,50%, 8,20%, 10,40%, dan mencapai 13,40% pada campuran kapur kapur kapur 20%.

Kata Kunci: kapur , kapur, CBR, , Lempung, Daya Dukung Tanah, Stabilitas Tanah

THE EFFECT OF STEEL SLAG AND LIME ON CBR OF SOFT CLAY SOIL

Abstract

The base soil is a very important part because the base soil will support all traffic loads/construction loads from above. In Pilangsari Village, Sayung District, Demak Regency, if the existing base soil is clay soil that has low bearing capacity, then the existing buildings often experience damage caused by soil conditions. This study aims to analyze the effect of adding steel slag and lime on soil characteristics and to determine the percentage of CBR test results on native soil in Pilangsari Village, Sayung District, Demak Regency, Central Java. and soil that has been combined with steel slag and lime

This research test was conducted in the Unissula laboratory with a test method that mixes soil with steel slag and lime in various percentages, namely 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The types of tests carried out include specific gravity, water content, sieve analysis, Atterberg limit, Proctor standard, and California Bearing Ratio (CBR).

Referring to the results of laboratory tests, the addition of fly ash has a positive Referring to the results of laboratory tests, the addition of steel slag and lime has a positive effect on the bearing capacity of the soil. The higher the percentage of fly ash added, the better the mechanical properties of the soil, which is indicated by an increase in the bearing capacity of the soil. The results of unsoaked CBR tests on original soil samples and soil with a mixture of steel slag and lime at various percentages (0%, 5%, 10%, 15%, and 20%) showed a gradual increase in the unsoaked CBR value, namely 5.60% 7.50%, 8.20%, 10.40%, and reaching 13.40% in a mixture of steel slag and lime 20%.

Keywords: *steel slag, lime, CBR, clay, soil bearing capacity, soil stability*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah dasar yang biasanya sangat penting bilamana tanah pada bagian tersebut akan sangat mendukung beban lalu lintas/beban konstruksi pada bagian yang ada pada bagian keseluruhannya. Contoh pada tanah dibagian dasar ada berupa sample tanah lempung yang memiliki nilai daya dukung bernilai rendah, dan terjadilah kerusakan pada bangunan bangun tersebut.

Tanah lunak pada kali ini dengan memiliki jenis tanah yang memiliki daya dukung yang sangat rendah, air pada tanah ini sangat berpengaruh besar terhadap perilaku fisik dan mekanisnya. Dengan demikian pula, penggunaan tanah lempung ini adalah sebagai bahan konstruksi, kadar air tanah pengujian kali ini punya peran yang penting. Dengan bentuk massa yang kering tanah lempung ini memiliki kekuatan yang lebih besar jika ditambahkan air akan berperilaku plastis, untuk itu kondisi tanah lempung dengan kembang susut yang tinggi (ekspansif) akan memunculkan permasalahan yang cukup besar jika digunakan untuk bangunan. Permasalahan yang kerap terjadi yaitu retak pada dinding, terangkatnya pondasi, dan jalan yang bergelombang.

Sifat karakteristik pada tanah lempung lunak yaitu dalam keadaan kering tanah tersebut akan bersifat keras dan jika dalam keadaan basah atau kadar air tinggi akan bersifat plastis, Jadi pada tanah lempung akan mengalami perubahan volume besar dan semua itu terjadi karena banyak sedikitnya kadar air atau peranan air pada tanah tersebut.

Sebagian besar daerah di Indonesia memiliki karakteristik tanah lempung lunak seperti yang telah disebutkan diatas, Seperti halnya di daerah Lamongan memiliki tanah lempung lunak dengan nilai plastisitas tinggi. Hasil Indeks Plastisitas tanah lempung di Lamongan yaitu $> 25\%$, maka dari itu di daerah Lamongan memiliki dataran yang mengalami kembang kusut yang besar (ekspansif). Tidak hanya itu Tanah ekspansif pula mempunyai sifat-sifat yang sangat mudah mengalami perubahan pada volume karena memiliki potensi kembang susut yang sangat tinggi,

tanah mengalami kembang pada saat musim penghujan dan menyusut pada saat musim kemarau (Ardiyanti & Andajani, 2014)

1.2. Rumusan masalah

Beberapa masalah yang akan jadi pokok pembahasan didalam penelitian i merujuk pada latar belakang yang akan dijelaskan, adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik tanah asli di desa Pilangsari, Kec. Sayung, Kab. Demak, Jawa Tengah?
2. Bagaimana pengaruh kekuatan tanah yang akan di campur menggunakan slag baja dan kapur?
3. Berapa hasil dari uji CBR pada tanah asli serta tanah yang sudah dicampurkan menggunakan slag baja dan kapur ?

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisa pengaruh kekuatan sampel tanah asli yang dipilih dari Desa Pilangsari, Kec. Sayung, Kab. Demak, Jawa Tengah.
2. Mengetahui pengaruh campuran bahan slag baja dan kapur terhadap karakteristik tanah yang diambil.
3. Menentukan persentase hasil uji CBR di tanah asli serta tanah yang sudah tercampur menggunakan slag baja dan kapur.

1.4. Batasan Masalah

Mempertimbangkan terbatasnya waktu maupun kemampuan terhadap ruang lingkup permasalahan yang begitu luas, maka diperlukan pembatasan masalah agar lebih dalam melakukan penelitian yaitu :

1. Sample tanah yang dianalisis dipilih dari Desa Pilangsari, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.
2. Penggunaan Jenis slag baja dan kapur biasa.

3. Penelitian ini dilakukan pada laboratorium yang merangkup pengukuran berat Jenis, kadar air, batas *Atterberg*, analisa saringan, *proctor standar*, *direct shear* dan CBR.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat yang didapat daripada penelitian ini yaitu:

1. Menyediakan informasi tentang kondisi dan karakteristik tanah yang diteliti.
2. Memahami seberapa signifikan dampak yang terjadi setelah penambahan slag baja dan kapur terhadap karakteristik tanah yang sedang diteliti.
3. Bisa digunakan sebagai referensi atau bahan evaluasi bagi para pihak yang hendak melaksanakan studi lebih lanjut tentang peningkatan tingkat CBR melalui penambahan slag baja dan kapur pada tanah lempung lunak.

1.6. Keaslian Kajian

Tulisan dalam tugas akhir ini merupakan hasil karya asli penulis. Bagian yang memuat referensi dan sumber berisi dalam bentuk teks dan referensi esai.

1.7. Sistematika Penulisan

Struktur penyusunan dalam Tugas Akhir ini disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan, orisinalitas kajian, serta sistematika dalam penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian tentang definisi tanah, jenis tanah lempung, komponen yang membentuk tanah, klasifikasi tanah, karakteristik fisik tanah, karakteristik mekanik tanah, slag baja, kapur, metode stabilisasi tanah dengan menggunakan slag baja dan kapur, kemampuan daya dukung tanah, serta penelitian sebelumnya yang serupa.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini tersusun atas metode pengujian tanah, bahan-bahan yang dipergunakan pada penelitian, lokasi penelitian, persiapan peralatan, serta diagram implementasi penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil dari penelitian serta diskusi terkait hasil yang sudah diperoleh.

BAB V HASIL PENUTUP

Bagian ini menyajikan hasil penelitian serta ringkasan dari proposal yang berkaitan dengan penelitian tersebut.

Pada bagian penutup tugas akhir ini, terdapat beberapa komponen yaitu daftar pustaka, hasil penelitian, dan lampiran-lampiran. Daftar pustaka mencakup berbagai referensi yang digunakan, seperti jurnal dan buku yang relevan dengan penelitian. Sementara itu, lampiran berisi analisis akhir serta data yang telah melalui proses pengolahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Tanah ini memiliki materia agregat dan air yang tidak dapat tersementasi (terikat secara kimia) satu dengan yang lain kemudain dari bahan-bahan organik yang sudah lapuk (yang berpartikel padat) disampign itu zat dan gas menjadi pengisi pada ruang kosong di partikel padat tersebut menurut (Das, 1995). Menurut (Notohadiprawiro, 1998) gejala alam pada permukaan tanah biasanya disebut dengan tanah dengan membentuk suatu mintakat (*zone*) yang bisa disebut sebagai pedosfer, tersusun dari massa galir (*loose*) berupa pecahan dan juga lapukan batuan (*rock*) menyatu dengan bahan organik, Tidak hanya itu tanah bisa memiliki fungsi untuk pendukung pada pondasi dari bangunan.

Sedangkan berdasarkan (Saifudin Sarief, 1986) tanah adalah benda alamiah yang ada pada permukaan bumi yang terdiri pada partikel- partikel mineral yang merupakan hasil dari pelapukan batuan pada bahan organik (sisa dari pelapukan hewan dan tumbuhan) yang membuat media pertumbuhan pada tanaman memiliki sifat-sifat tertentu sebagai mana akibat dari perpaduan faktor-faktor alami, misalnya jasad hidup, iklim, bahan induk, lama pembentukan, dan bentuk wilayah. Sifat – sifat penting pada tanah yaitu: struktur pada bagian tanah dan kandungannya, sifat pada tanah untuk menyiapkan air dan unsur yang cukup seimbang untuk tumbuhan (Arsyad & Rustiadi, 2008)

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi merupakan suatu upaya untuk mengelompokkan suatu objek berdasarkan kesamaan sifat – sifat tertentu. Mengklasifikasi tanah sangat berbeda dengan klasifikasi di dunia tumbuhan maupun binatang yang untuk membedakan dapat dilakukan dengan mudah, karena memiliki perbedaannya yang sangat jelas terlihat pada permukaan tanah (Rayes, 2017). Klasifikasi pada tanah adalah ilmu yang digunakan untuk mempelajari cara-cara membedakan sifat-sifat tanah satu sama lain, dan mengelompokkan bagian tanah ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan dengan kesamaan sifat yang dimiliki (Mega et al., 2010). Cara membedakan unsur dan tekstur pada tanah adalah sistem klasifikasi yang

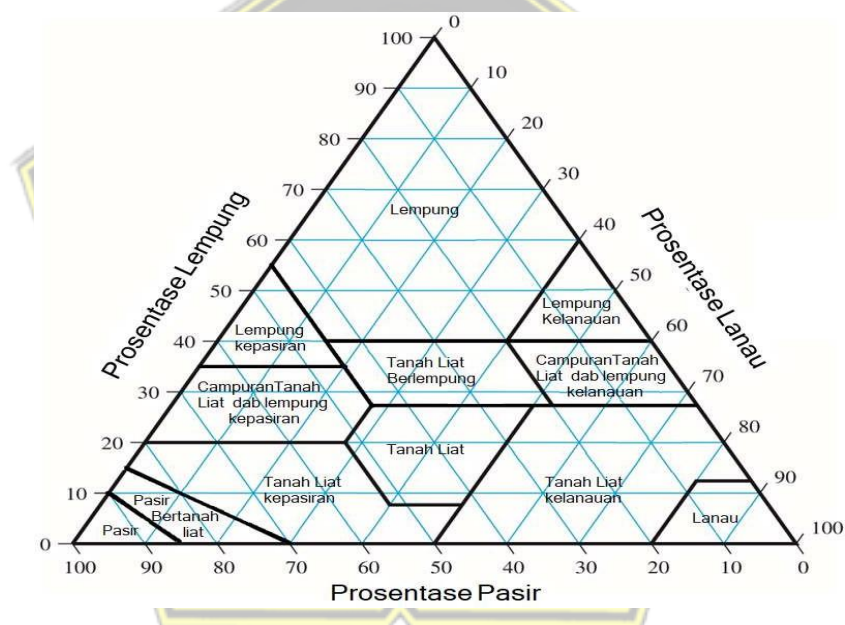
menggunakan USDA dan dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (U.S. Department of Agriculture/USDA). Cara kali ini menggunakan dari segi ukuran butiran pada tanah (Mulyono, 2022).

Tabel 2.1 Terminologi klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir (Mulyono, 2022)

Tanah	Deskripsi	Ukuran Butir
Bongkahan Batuan (boulder)*	Tertahan saringan ukuran 300 mm	$> 300 \text{ mm}$
Kerakal/Berangkal (cobbles)*	Lolos saringan ukuran 300 mm dan tertahan pada saringan 75 mm	$300 \text{ mm} - 75 \text{ mm}$
Kerikil (Gravel)	Lolos saringan ukuran 75 mm dan tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm)	$19 \text{ mm} - 4,75 \text{ mm}$
Krikil Kasar (Coarse Gravel)	Lolos saringan ukuran 75 mm serta tertahan pada saringan ukuran 19 mm	$75 \text{ mm} - 19 \text{ mm}$
Kerikil Halus (Fine Gravel)	Lolos saringan ukuran 19 mm pasir tertahan 4,75 mm	$19 \text{ mm} - 4,75 \text{ mm}$
Pasir (Sand)	Lolos saringan No. 4 (4,75 mm) serta tertahan saringan No. 200 (0,075 mm)	$4,75 \text{ mm} - 0,075 \text{ mm}$
Pasir kasar (Coarse Sand)	lolos saringan ukuran No. 4 (4,75 mm) serta tertahan saringan No. 10 (2 mm)	$4,75 \text{ mm} - 2,00 \text{ mm}$
Pasir sedang (Medium Sand)	lolos saringan No. 10 (2 mm) serta tertahan pada saringan No. 40 (0,425 mm)	$2,00 \text{ mm} - 0,425 \text{ mm}$
Pasir halus (Fine Sand)	lolos saringan No. 40 (0,425 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm)	$0,425 \text{ mm} - 0,075 \text{ mm}$
Lempung (clay)	lolos saringan No. 200 (0,075 mm) yang dalam satu rentang kadar air tertentu bersifat plastis dan mempunyai kekuatan yang cukup besar pada saat kering udara	$< 0,075 \text{ mm}$
Lanau (Silt)	lolos saringan No. 200 (0,075 mm), yang non plastis atau sangat sedikit plastis dan dapat memberikan sedikit atau tidak ada kekuatan pada saat kering udara	$< 0,075 \text{ mm}$
Lempung organik	tanah lempung dengan kadar organik yang cukup untuk mempengaruhi sifat-sifat tanah. nilai batas cair kering oven kurang dari 75% nilai batas cair tanpa pengeringan	
Lanau organik	tanah lanau dengan kadar organik yang cukup untuk mempengaruhi sifat-sifat tanah. nilai batas cair kering oven kurang dari 75% batas cair tanpa pengeringan.	
Gambut (peat)	bahan alam yang terjadi dengan substansi kadar organik tinggi, mengandung serat tumbuhan pada berbagai tingkat pembusukan, berwarna coklat tua sampai hitam	

* Bongkahan Batuan (boulder) dan Kerakal/Berangkal (cobbles) tidak termasuk tanah atau bagian dari klasifikasi tanah atau deskripsi tanah, kecuali deskripsi lainnya: dengan kadar tidak lebih dari 5% (Samtani & Nowatski, 2006)

- Pasir atau biasa yang disebut (*sand*) merupakan pemisahan butiran yang memiliki diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm
- Lanau atau yang biasa disebut (*Silt*) merupakan butir yang memiliki diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm
- Lempung atau yang biasa disebut (*Clay*) merupakan butiran yang memiliki Dm yang lebih kecil dari 0,002 mm



Gambar 2.1 Klasifikasi berdasarkan tekstur menurut Departemen Pertanian Amerika Serikat (U.S. Department of Agriculture/USDA).

Tanah yang lunak bisa didefinisikan menjadi salah satu contoh tanah kohesif yang terdiri dari bagian butiran-butiran yang sangat kecil seperti halnya tanah lempung atau tanah lanau. Berdasarkan pada Pedoman Kimpraswil No: Pt T-8-2002 B (2002) tanah lunak berkaitan dengan tanah-tanah yang jika kita lihat dengan sangat cermat dapat menyebabkan berbagai masalah seperti ketidak setabilan dan penurunan yang belum dapat ditolerir dalam jangka panjang. Berbeda dengan tanah

lempung lainnya, tanah lunak memiliki daya dukung yang rendah, kompresibilitas yang tinggi, permeabilitas yang kecil, dan gaya geser yang kecil. Tanah lunak umumnya memiliki karakteristik berikut:

1. Nilai Kuat geser yang rendah
2. Nilai Kuat geser berkurang jika kadar air bertambah
3. Kuat gesernya berkurang jika struktur tanahnya terganggu
4. Jika basah sifatnya plastis dan mudah mampat
5. Menyusut jika kering dan mengembang basah
6. Kompresibilitasnya sangat besar
7. Volume berubah jika waktu bertambah akibat rangkai beban yang konstan
8. Merupakan material yang kedap air

2.3.1 Sifat Fisik Tanah

Dalam pemeriksaan granuler, sifat tanah bisa jadi mempengaruhi dalam pemeriksaan granuler yang relevan; tetapi, identifikasi dapat juga dilakukan dengan mengamati sifat dan permukaannya. Mayoritas tanah terdapat 2 (dua) atau 3 (tiga) bagian: butiran dan pori-pori udara pada tanah. Sedangkan pada tanah yang memiliki nilai jenuh terdapat 2 (dua) bagian: butiran keras dan tanah berbentuk butiran, pori-pori udara, dan air pori. Sementara pada tanah tidak jenuh terdapat 3 (tiga) bagian: tanah padat, tanah berpori dan air yang memiliki pori pori. Pada Tabel 2.2 di bawah ini ditampilkan nilai berat jenis untuk beragam jenis tanah.

Tabel 2.2 Berat Jenis Tanah

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

(Hardiyatmo, 2002)

2.4 Slag Baja

Steel slag adalah sisa dari proses pembuatan sample baja. Steel slag. Slag terjadi akibat lelehan dari salah satu sisa yang kompleks silikat dan oksida yang membeku pada saat didinginkan. *Steel slag* seperti yang kita tau adalah bagian dari baja yang memiliki nilai komposisi yang tinggi dan ada karena sisa sisa pembuatan baja dari pabrik yang akan dibuang begitu saja. Demikian slag baja ini dapat kita kelola menjadi bahan campuran agregat halus maupun kasar pada suatu kontruksi. Dengan terkumpulnya semua jenis cairan dan material implutis yang sudah teroksidasi adalah terbentuknya berat jenis yang berbeda. (Iswardoyo, 2016).



Gambar 2.2 Bongkahan *Steel Slag*

Lembaga ESDM mengungkapkan karakter atau sifat steel slag yang berupa limbah adalah contoh pembeban atau pemberat baja yang berbentuk cair, menjadi bagian campuran bahan sisa dari luluran atau pembakaran logam dan pelapis tanas (PT. Ispat Indo, 2008). Sisa slag yang tercampur dapat memperbaiki sifat asli atau kadar air pada suatu tanah. Sisa baja tercampur pada tanah membuat nilai kadar air di tanah meningkat dan menjadikan tanah padat dan mengikat pada nilai air optimumnya. Oleh karena itu pada pengujian ini menggunakan sisa baja untuk meningkatkan nilai cbr pada tanah lempung yang kita pakai. Dengan cara mencampur atau menambahkan sisa slag baja dan kapur dapat meningkatkan beberapa nilai pengujian termasuk pengujian kuat geser atau direct shear (Iswardoyo, 2016). Menurut (Herlangga, 2014) dalam (Susanto et al., 2022) senyawa yang terkandung didalamnya, berikut: SiO_2 sebesar 35,20 %, Fe_2O_3 19,60 %, Al_2O_3 36,01 %, MgO 2,96 %, CaO 26,52 %, Na_2O 3,21 %, MnO 2,64 %.

Tabel 2.3 Sifat Fisik Steel Slag

Sifat	Nilai
Berat Jenis	3.2 - 3.6
Berat Volume, kg/m^3	1600 – 1920
Absorpsi	Up to 3%

Sumber: PT. Ispat Indo, 2008

2.5 Kapur

Kapur merupakan Calcium Oksida (CaO) yang terbuat dari unsur batu karbon yang sengaja dipanaskan menggunakan api yang besar. Pencampuran dan Penambahan kapur pada tanah bisa merubah tekstur tanah lempung menjadi berkelakuan mendekati lanau atau pasir, Oleh karena itu penggumpalan pada partikel Sehingga dapat mengurangi secara signifikan partikel dan berukuran lempung (0,002 mm) dibanding dengan lempung aslinya. Dengan mendapatkan kondisi tanah yang dapat memenuhi Cara untuk memperbaiki nilai spesifikasi pada tanah bisa dengan mencampur dengan sample lain atau menggunakan kapur, fly ash, arang,

semen,dll,dan bisa juga memanaskan atau meleburkan secara kimia(Nurmaidah, 2022). Menstabilkan tanah menggunakan semen sebetulnya sama seperti menstabilkan tanah dan mencampurkan tanah menggunakan kapur karena sifat dari kedua bahan tersebut hampir sama bedanya kalau kapur tidak cocok untuk campuran tanah yang berbutir.bahan yang sering kita jumpai pada keseharian kita adalah kapur yaitu digunakan untuk pencampuran tanah lunak karena ia memiliki sifat keas jika tercampur dengan tanah lunak dan juga dilihat dari segi keawetan dan nilai dukung yang tinggi (Irvan et al., 2023).

2.6 Stabilisasi Tanah

Contoh permasalahan yang sering dialami oleh tanah lunak pada penurunan yang sangat amat terlampaui besar pada saat tanah yang menerima beban diatasnya. Untuk dapat bisa memecahkan permasalahan tersebut maka akan dilakukan penyetabilan. Stabilisasi pada tanah merupakan suatu metode yang digunakan sebagai upaya yang dilakukan supaya menaikkan nilai sifat pada tanah yaitu dengan cara menambahkan tanah uji dengan suatu material untuk meningkatkan beberapa karakteristik dari tanah serta berperan sebagai bahan pengikat tanah. Tujuan untuk stabilisasi pada tanah adalah sebagai berikut :

1. Agar meningkatkan daya dukung tanah
2. Agar memperkecil penurunan lapisan tanah
3. Agar menurunkan permeabilitas dan swelling potensial tanah
4. Agar mempertahankan potensi tanah yang ada

2.6.1 Stabilisasi Mekanis

Penyetabilan kali ini biasanya dilakukan dengan cara memadatkan jebis menggunakan alat mekanis contohnya mesin bilas, besi berat yang kemudian di hantamkan ke permukaan tanah (Karimah et al., 2014). Proses mencampurkan dua jenis tanah dengan karakteristik gradasi yang berbeda guna mendapatkan karakteristik bahan yang memenuhi syarat kekuatan yang dibutuhkan dikenal sebagai stabilisasi mekanis. Proses ini dapat dicapai dengan menggali tanah yang

karakteristiknya kurang baik lalu menggantinya dengan tanah dengan nilai karakteristik yang lebih baik.

Menurut Lambe (1962) melalui Hardiyatmo, 2022 menyatakan bahwa stabilisasi mekanis ialah salah satu suatu proses yang menyangkut pada dua cara dan perubahan pada sifat – sifat tanah:

1. Penyusunan ulang partikel – partikel tanah yang sudah melewati pencampuran beberapa lapisan tanah, kemudian dilakukan pembentukan kembali tanah yang telah terganggu, serta pemadatan.
2. Penambahan atau penyingkiran partikel-partikel tanah, mengubah sifat fisik tanah dengan mencampurkan dan memisahkan fraksi tanah tertentu, tetapi metode ini dibandingkan dengan metode stabilisasi lain memiliki tingkat yang sangat rendah.

2.6.2 Stabilisasi Kimiawi

Untuk melakukan stabilisasi kali ini banyak bahan-bahan yang tentunya dapat meningkatkan beberapa nilai dari pengujian misal contohnya fly ash, arang, kapur, sisa limbah, yang jelas bahan-bahan diatas dapat memperbaiki sifat-sifat pada tanah dengan perbandingan dan pencampuran yang tentunya di hitung dengan teliti agar menghasilkan sebuah campuran yang dapat memperbaiki nilai pengujian di laboratorium.

Bahan tambahan yang akan dipakai kali ini yaitu limbah baja yang mempunyai keuntungan dapat menambah atau mengurangi pada kandungan air dan tanah karena kandungan komposisi pada limbah baja seperti CaO dan MgO dapat sebagai penetralisir dari sifat kembang susut tanah. Selain itu juga penggunaan limbah baja ini untuk memanfaatkan limbah yang tertimbun di lokasi sekitaran perusahaan yang sangat banyak dan terbuang sia-sia. Cara kali ini dilakukan supaya bisa mengukur nilai daya dukung tanah dengan mencampurkan dengan nilai perbandingan dari sisa-sisa limbah tersebut (slag) (Ardiyanti & Andajani, 2014).

2.7 Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*)

Pemadatan yaitu proses dimana partikel tanah disusun kembali lebih rapat dengan mengurangi rongga pada tanah tanpa pengurangan kadar air (Tumpu et al., 2024).

Derajat pada nilai pdat tanah dapat diketahui dengan menggunakan parameter dan unit berat terkait . Proctor (1993) telah ditemukan nilai antara hubungan tanah dengan air melalui beberapa proses yaitu dengan cara melakukan penumbukan untuk hitungan tertentu dan pencampuran atau penambahan air disetiap pengujian sampai mendapatkan nilai atau kadar air optimum maksimal dan kemudian dilakukan pencarian kadar air pada setiap sampelnya (Soehardi, 2017).

2.8 CBR (*California Bearing Ratio*)

Menurut (Simanjuntak et al., 2017) Pengujian CBR merupakan hasil dari perbandingan dengan dilakukannya pembebanan . Pengetesan CBR dipakai untuk menentukan kesanggupan pada lapisan dasar material tanah, pondasi bawah, serta pada material daur ulang yang biasanya dipakai untuk proyek lapangan terbang dan perkerasan jalan. Pengetesan CBR pada laboratorium dilakukan dengan berbagai macam benda uji, biasanya bergantung pada densitas kering dan kadar air ynag ingin dicapai. Pada pengujian CBR yang dilakukan di lab biasanya kita mempersiapkan berbagai macam peralatan contohnya sample atau benda uji, perendaman jika diperlukan, dan yang jelas pemadatan, hubungan kurva dengan beban penetrasi. CBR design juga dapat ditentukan dengan cara pengujian CBR ini, yaitu menggunakan kurva hubungan antara CBR dan densitas kering dari setiap benda yang diuji (Irvan et al., 2023).

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Subjek Penelitian

Contoh sample tanah untuk penelitian Tugas Akhir ini diambil dari Desa Pilangsari , Kec. Sayung, Kab. Demak. Tepatnya sampel tanah asli dapat kita lihat pada Peta **Gambar 3.1** di bawah ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah di Ds. Pilangsari ,
Kec.Sayung, Kab. Demak, Jawa Tengah.

Sumber: Google Maps, 2025

3.2. Desain Penelitian

Desain penelitian disusun berdasarkan referensi dari berbagai sumber, seperti jurnal, buku panduan, diktat kuliah, pedoman peraturan, serta literatur lainnya. Sumber-sumber tersebut digunakan untuk memperoleh dasar teori dan parameter yang akan diperlukan dalam menganalisis suatu permasalahan serta memahami perilaku tanah terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya.

3.3. Metode Penelitian

Metode pada penelitian mengenai Tugas Akhir ini dilakukan melalui eksperimen pada Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Pengujian ini bertujuan agar meningkatkan nilai karakteristik tanah asli yang didapat pada lapangan dengan metode stabilisasi kimia menggunakan slag baja dan kapur.

Cara percobaan yang dipakai pada eksperimen ini dengan menambahkan slag baja dan kapur pada tanah asli untuk mengetahui nilai CBR. Sebagai kelompok kontrol yaitu tanah asli tanpa tambahan bahan. Sedangkan sebagai kelompok eksperimen yaitu tanah asli campuran slag baja dan kapur. Dari pengamatan dan rencana pencampuran ini, di harapkan untuk mengetahui pengaruh terhadap penambahan bahan itu.

3.4. Alat (Instrumen) dan Bahan

3.4.1. Menyiapkan Alat

Mengidentifikasi dan menyiapkan peralatan yang digunakan dalam proses percobaan dari awal hingga akhir. Peralatan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat uji kadar air, berat jenis tanah, analisis saringan, batas *Atterberg*, uji geser langsung (*direct shear*), *Proctor Standart*, serta *California Bearing Ratio* (CBR). Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan berbagai peralatan lain yang tersedia di Laboratorium Geoteknik, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, juga digunakan sesuai dengan standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM).

- Kadar Air

Pengujian ini menentukan persentase kandungan berat air dalam tanah relatif terhadap berat tanah dalam kondisi kering, dengan hasil yang dinyatakan dalam bentuk persentase.

Alat yang dipakai:

1. Neraca
2. Oven
3. Cawan

- Berat Jenis Tanah (Gs)

Pengujian pada berat jenis tanah (Gs) merupakan rasio dengan berat pada tanah dan berat air dalam suhu khusus dan volum yang setara. Peralatan yang dipakai:

1. Piknometer
2. anak timbangan dan *Neraca*
3. Oven
4. Thermometer
5. Air destilasi (*Aquadest*)

- Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

- a. Ukuran Butir (*Grain Size*)

Pengujian memiliki tujuan dalam mengelompokkan tanah dan menetapkan distribusi dimensi partikel tanah.

Peralatan yang dipergunakan dalam praktikum :

1. Saringan dengan diameter berkisar(Ø 4,76 mm hingga Ø 0,074 mm)
2. Mesin pengayak getar.
3. *Neraca analitis* beserta anak timbangannya
4. Oven
5. Cawan

Tahapan pelaksanaan Pengujian ukuran butir (*grain size*) antara lain adalah.

- a. Ambil sampel tanah kering dalam jumlah yang cukup (misalnya sampel tanah bor dari kedalaman 1 meter), lalu timbang dengan berat A gram
- b. Masukkan sampel ke cawan ukuran besar, tambahkan air, dan rendam sekitar 1 hari.
- c. Cuci sampel menggunakan saringan berdiameter 0,075 mm (No. 200), lalu pisahkan bagian lumpur.
- d. Sampel yang telah bersih dari lumpur dikeringkan dalam oven, kemudian ditimbang dengan berat B gram.
- e. Susun saringan alat penggetar menggunakan ukuran diameter yang semakin kecil ke arah bawah.
- f. Letakkan sampel yang sudah ditimbang pada saringan teratas, lalu lakukan penggetaran selama sekitar 5 menit.

- g. Timbang setiap sampel yang tertinggal pada masing-masing saringan dan tempatkan dalam cawan.

Metode penggambaran atau perhitungan.

- 1) Berat sebuah sampel awal $= A \text{ gr}$
 Berat sampel setelah dicuci dan dikeringkan $= B \text{ gr}$ Berat lumpur yang terpisah $= A-B$
- 2) Total berat tanah yang tertinggal pada saringan dengan ukuran $\emptyset 4,75 \text{ mm}$ hingga $\emptyset 0,075 \text{ mm}$ $= C \text{ gr}$
 selisih berat $= (B-C) \text{ gr}$
- 3) Kadar lumpur
$$= \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$$

Dengan α : berat pada tanah yang tersisa pada dasar saringan.

- 4) Grafik bisa dibuat pada tabel, berdiameter ($\emptyset$) saringan menjadi sumbu horizontal (*absis*) dan persen lolos (*percent finer*) sebagai sumbu vertikal (*ordinat*).
- *Atterberg Limits* (Batas-batas Konsistensi)
 - a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian memiliki tujuan dalam mengukur kadar air pada keadaan transisi antara keadaan cair dan plastis.

Peralatan yang dipergunakan dalam praktikum ini:

1. Alat cassagrande beserta coletnya
2. Saringan no. 40 (0,425mm)
3. Cawan berukuran besar
4. Oven
5. Neraca analitis
6. Eksikator, alat untuk pendinginan

Prosedur Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*):

- 1) Siapkan sebuah sampel tanah dalam jumlah ukuran cukup, kemudian keringkan di dalam oven selama kurang lebih 24 jam. Setelah kering, tumbuk dan ayak menggunakan saringan No. 40 (0,425 mm).
- 2) Ambil sebagian sampel tanah, letakkan dalam mangkuk, tambahkan

aquadest, lalu aduk hingga merata dan homogen.

- 3) Setelah homogen, masukkan sampel ke dalam mangkuk *Cassagrande*, ratakan, lalu buat celah di tengahnya menggunakan colet.
- 4) Putar engkol alat *Cassagrande* sehingga mangkuk melalui ketukan dengan tinggi jatuh ± 1 cm pada laju sekitar 2 putaran per detik.
- 5) Hentikan pemutaran saat celah tanah menutup sepanjang ± 2 cm.
- 6) Lakukan percobaan sebanyak empat kali menggunakan variasi kadar air. Dua kali di bawah 25 ketukan dan dua kali di atas 25 ketukan, dengan perkiraan tanah menutup sepanjang 2 cm.

Ambil sampel dari setiap percobaan untuk dianalisis kadar airnya.

- *Direct Shear*

Uji *direct shear* digunakan untuk mengukur kekuatan geser pada tanah secara langsung. Pengujian ini menggunakan beberapa peralatan utama, yaitu:

1. Perangkat uji *direct shear*
2. Timbangan beserta anak timbangannya
3. Alat pemotong serta cetakan berbentuk cincin. Prosedur pengujian *direct shear*, yaitu :
 - a. Menyiapkan perangkat uji, stopwatch, dan mengatur dial ke posisi nol.
 - b. Membentuk sampel tanah menggunakan ring pencetak, lalu menempatkannya ke dalam wadah uji.
 - c. Memasang beban vertikal (normal) untuk menghasilkan tegangan normal (σ_n).
 - d. Mengoperasikan alat penggerak dengan kecepatan konstan sekitar satu putaran setiap ± 2 detik, sambil mengaktifkan stopwatch untuk mencatat tegangan geser (σ_s).
 - e. Merekam nilai tertinggi pada jarum penunjuk saat pergeseran terjadi, termasuk waktu yang dibutuhkan.
 - f. Mengulangi percobaan sebanyak tiga kali dengan variasi berat 8 kilogram, 16 kg, dan 24 kg untuk memperoleh perbedaan tegangan, supaya *outputnya* dapat dianalisis dalam bentuk grafik.

- *Proctor Standart*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air optimal (W_{opt}) yang

dibutuhkan dalam proses pemadatan tanah, serta mengukur berat volume basah maksimum (γ_b), berat volume kering maksimum (γ_k), dan persentase porositas tanah.

Pada praktikum ini, alat yang digunakan mencakup sebagai berikut :

1. Perangkat Proctor beserta alat pemadatnya.
 2. Jangka sorong untuk pengukuran presisi.
 3. Pisau perata untuk meratakan sampe.
 4. Timbangan untuk mengukur berat sampel.
 5. *Neraca* analitis beserta anak timbangannya.
 6. Cawan uji untuk menampung sampel.
 7. Oven pengering untuk menghilangkan kadar air.
 8. Gelas ukur untuk mengukur volume cairan.
 9. Saringan no. 4 (diameter 4,76 mm) untuk pemisahan partikel.
- *California Bearing Ratio* (CBR)
Pengujian kali ini dilakukan agar mengetahui tingkat CBR pada tanah atau campuran pada tanah dengan agregat yang telah dimampatkan pada laboratorium dengan jumlah air spesifik. Nilai CBR diperoleh dengan membandingkan beban penetrasi material yang diuji dengan beban material standar pada kedalaman serta kecepatan penetrasi yang sama.
Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:
 1. Mesin penetrasi (*Loading Machine*)
 2. Die silinder
 3. Cakram Pemotong Logam (Cakram Kertas)
 4. Alat Penumpukan dengan Uji Kompresi
 5. Alat untuk mengukur pengembangan (*Swell*)
 6. Pembeban keping
 7. Pistol penetrasi
 8. Pengukur beban dan pengukur penetrasi
 9. Alat tingbang

3.4.2. Menyiapkan Bahan

Berikut ini merupakan sebagian bahan yang digunakan dalam penelitian :

- Tanah

Sampel tanah yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung yang diperoleh dari Desa Pilangsari , Kec. Sayung Kab. Demak Jawa Tengah.

- Air

Air yang biasa dipakai untuk penelitian ini berasal dari Laboratorium Geoteknik, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

- Slag baja dan kapur

Slag baja dan kapur yang dipergunakan sebagai material stabilisasi pada penelitian Tugas Akhir ini diperoleh dari.

Tabel 3.1 Mix Design

Kode	Mix Design	Berat Tanah	SB	K	Sampel
A0	Tanah Asli + 0% (K + Sb)	100%	0%	0%	1
A5	Tanah Asli 95% + 5% (K + Sb)	95%	0%	5%	1
A10	Tanah Asli 90% + 10% (K+ Sb)	90%	5%	5%	1
A15	Tanah Asli 85% + 15% (K+ Sb)	85%	10%	5%	1
A20	Tanah Asli 80% + 20% (K+ Sb)	80%	15%	5%	1

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Data primer maupun sekunder adalah dua metode yang dipergunakan pada penelitian ini. Data primer diketahui dengan cara observasi langsung, pengujian laboratorium, serta wawancara dengan pihak terkait. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari berbagai literatur yang berisi informasi ilmiah mengenai Penambahan slag baja dan kapur Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Lunak.

3.6. Teknik Analisis Data

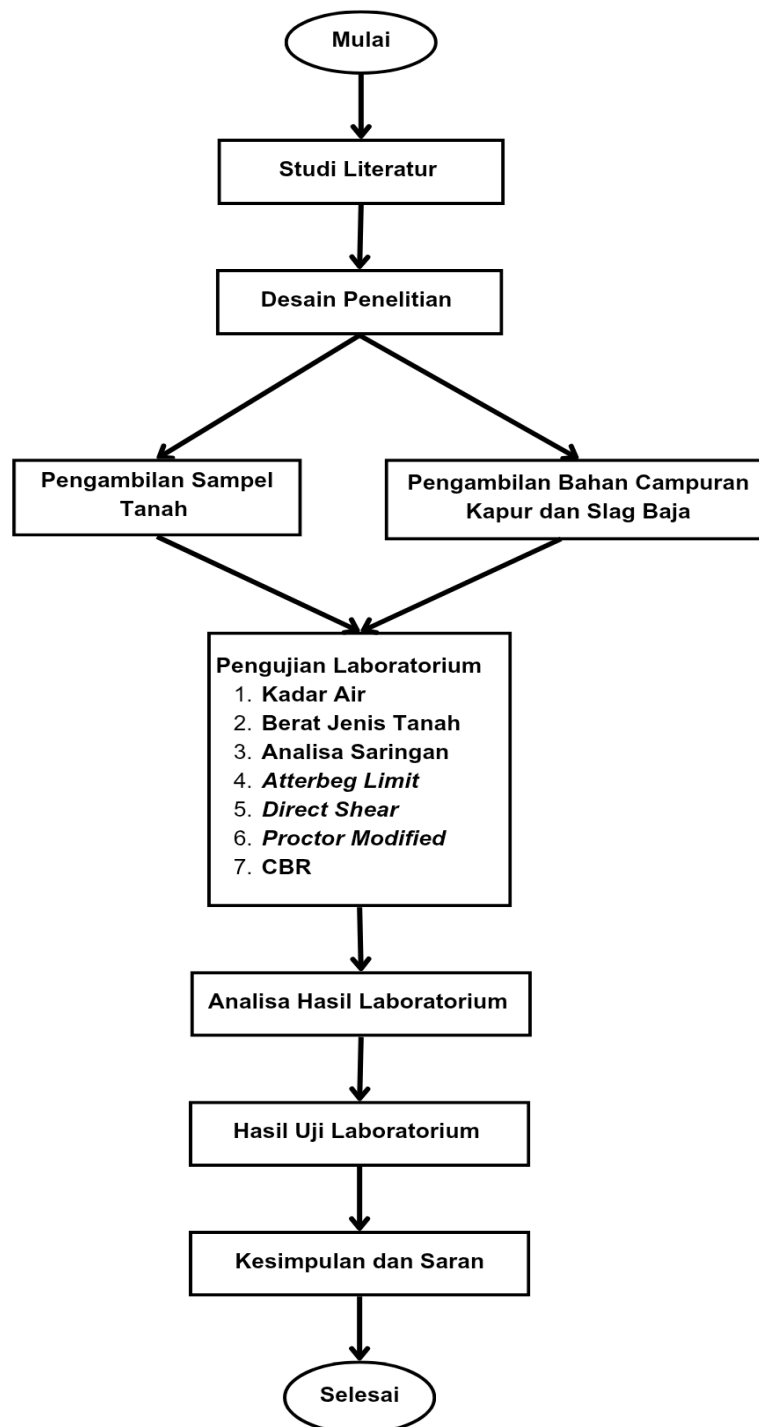
Metode analisis data dilaksanakan dengan cermat untuk memastikan penyelesaian permasalahan secara akurat dan tepat. Semakin kompleks suatu permasalahan, semakin mendalam analisis yang diperlukan. Oleh karena itu, data serta konsep dasar teori menjadi penting sebagai dasar dalam melakukan

analisis yang sistematis dan tepat.

Analisis tanah lempung dengan campuran slag baja dan kapur sebagai stabilisator dilakukan di praktikum yang sudah dilakukan di laboratorium. Data digunakan untuk melengkapi parameter tanah yang telah tersedia.



3.7. Bagan Alur

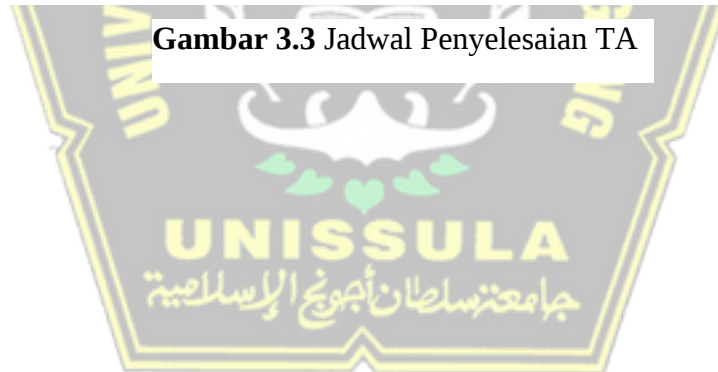


Gambar 3.2 Bagan Alur Penelitian

3.8. Jadwal Penyelesaian TA

		FEBRUARI				MARET				APRIL				MEI				JUNI			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Disposisi TA																				
2	Pengumpulan Refrensi dan Literatur Terkait																				
3	Mulai Menulis BAB (1 - 3)																				
4	Diskusi dan Revisi dengan Dosen Pembimbing, Submit Proposal Serta Seminar Proposal																				
5	Mulai Penelitian, Melengkapi BAB Hasil Penelitian (BAB 4, Diskusi dan Revisi dengan Dosen Pembimbing)																				
6	Melengkapi Pembahasan (BAB 5) dan Kesimpulan Serta Saran, Mulai Penyusunan draft Lengkap Tugas Akhir																				
7	Diskusi dan Revisi dengan Dosen Pembimbing, Submit draft final Tugas Akhir																				
8	Pelaksanaan seminar hasil																				
9	Revisi Akhir Tugas Akhir, Pelaksanaan Seminar Pendadaran, Pembuatan Publikasi																				

Gambar 3.3 Jadwal Penyelesaian TA



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Tugas akhir ini menganalisa tanah lempung yang distabilisasi dengan slag baja dan kapur. Sampel tanah lempung diambil di lokasi Pilangsari, Kec. Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Metode studi yang digunakan pada Tugas Akhir ini eksperimen (pengujian) yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNISSULA. Dari data tersebut dapat di analisis sifat-sifat tanah yang distabilisasi dengan penambahan slag baja dan kapur. Kemudian data tersebut digunakan dengan tujuan agar dapat mengetahui pengaruh daya dukung pada tanah yang distabilisasi (dicampurkan) dengan slag baja dan kapur pada variasi 5%, 10%, 15%, 20% untuk Kapur dan 20 % untuk Slag baja (bisa dilihat di tabel 3.1).

4.2. *Physical Properties* Tanah Asli

Sebelum stabilisasi tanah dilakukan, terlebih dahulu diuji *physical properties* mekanis untuk mengetahui sifat tanah asli. Berikut adalah hasil *properties* tanah asli

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian *Properties* Tanah Asli

Sifat	Nilai	Satuan
<i>Specific Gravity</i> (GS)	2,366	%
<i>Batas Cair</i> (LL)	69,64	%
<i>Batas Plastis</i> (PL)	25,61	%
<i>Indeks Plastisitas</i> (IP)	44,04	%

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Mekanis Tanah Asli

Sifat	Nilai	Satuan
Persenan Butiran Tanah yang Lolos pada Saringan No.200	97,39	%
Kadar Air Optimum (wopt)	32,465	%
Berat Volume Kering Maksimum (yd Max)	1,28	kN/m ³
Kohesi (c)	0,148	Kg/cm ²
Sudut Geser Dalam (ϕ)	17,901	(°)
Nilai CBR	5,6	%

Berdasarkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 diatas maka bisa dijelaskan tanah asli merupakan tanah lempung lunak, bisa dilihat dari hasil persenan butiran tanah yang lolos dari saringan No.200 sekitar 97,39 % nilai sudut geser (ϕ) 17,901°, dan nilai CBR 5,6 %.

4.3. Analisa Stabilisasi dengan Slag baja dan Kapur di Laboratorium

Setelah didapatkan *Physical Properties*, maka tanah asli selanjutnya dilakukan stabilisasi dengan slag baja dan kapur di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNISSULA dengan beberapa metode berikut

4.2.1. Grain Size

a. Hidrometer Analysis

Metode ini dilakukan supaya dapat menghitung distribusi pada ukuran butir tanah yang berdasarakan sedimentasi tanah ada dalam air, juga bisa disebut uji sedimentasi. Analisis hydrometer ini dilakukan agar dapat mengetahui pembagian pada ukuran butiran tanah yang berbutir halus.

Tabel 4. 3 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Asli

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Presentase Butiran (%)	Presentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	53	0	24	0,00412	0,0	0,00	97,39
1/4	52	1	23,8	0,00410	1,8	1,84	95,55
1/2	51	1	23,8	0,00290	1,8	3,67	93,71
1	50	1	23,8	0,00205	1,8	5,51	91,87
2	49	1	23,8	0,00145	1,8	7,35	90,04
5	45	4	23,2	0,00091	7,3	14,70	82,69
10	43	2	23,6	0,00065	3,7	18,37	79,01
45	38	5	23	0,00052	9,2	27,56	69,82
75	30	8	22,4	0,00023	14,7	42,26	55,12
90	19	11	21,8	0,00021	20,2	62,47	34,91
120	0	19	20,2	0,00017	34,9	97,39	0,00
		34					

Tabel 4. 4 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Campuran 1

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Presentase Butiran (%)	Presentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	39	0	24	0,00412	0,0	0,00	86,84
1/4	35	4	23,2	0,00405	8,9	8,91	77,93
1/2	33	2	23,6	0,00289	4,5	13,36	73,48
1	32	1	23,8	0,00205	2,2	15,59	71,25
2	31	1	23,8	0,00145	2,2	17,81	69,02
5	27	4	23,2	0,00091	8,9	26,72	60,12
10	24	3	23,4	0,00064	6,7	33,40	53,44
45	0	24	19,2	0,00048	53,4	86,84	0,00
75	0	0	24	0,00024	0,0	86,84	0,00
90	0	0	24	0,00022	0,0	86,84	0,00
120	0	0	24	0,00019	0,0	86,84	0,00
		39					

Tabel 4. 5 Nilai Perhitungan Hidrometer Analysis Tanah Campuran 2

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Presentase Butiran (%)	Presentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	34	0	24	0,00412	0,0	0,00	91,88
1/4	31	3	23,4	0,00407	8,1	8,11	83,77
1/2	29	2	23,6	0,00289	5,4	13,51	78,37
1	26	3	23,4	0,00203	8,1	21,62	70,26
2	24	2	23,6	0,00144	5,4	27,02	64,86
5	23	1	23,8	0,00092	2,7	29,73	62,15
10	22	1	23,8	0,00065	2,7	32,43	59,45
45	10	12	21,6	0,00050	32,4	64,86	27,02
75	0	10	22	0,00023	27,0	91,88	0,00
90	0	0	24	0,00022	0,0	91,88	0,00
120	0	0	24	0,00019	0,0	91,88	0,00
		34					

Tabel 4. 6 Tabel 4. 6 Nilai Perhitungan Hidrometer Analisis Tanah Campuran 3

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Presentase Butiran (%)	Presentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	60	0	24	0,00412	0,0	0,00	74,47
1/4	58	2	23,6	0,00408	2,5	2,48	71,99
1/2	57	1	23,8	0,00290	1,2	3,72	70,75
1	56	1	23,8	0,00205	1,2	4,96	69,51
2	55	1	23,8	0,00145	1,2	6,21	68,26
5	49	6	22,8	0,00090	7,4	13,65	60,82
10	42	7	22,6	0,00063	8,7	22,34	52,13
45	15	27	18,6	0,00047	33,5	55,85	18,62
75	5	10	22	0,00023	12,4	68,26	6,21
90	0	5	23	0,00021	6,2	74,47	0,00
120	0	0	24	0,00019	0,0	74,47	0,00
		60					

Tabel 4. 7 Nilai Perhitungan Hidrometer Analisis Tanah Campuran 4

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Presentase Butiran (%)	Presentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	40	0	24	0,00412	0,0	0,00	76,95
1/4	30	10	22	0,00394	19,2	19,24	57,71
1/2	28	2	23,6	0,00289	3,8	23,08	53,86
1	27	1	23,8	0,00205	1,9	25,01	51,94
2	26	1	23,8	0,00145	1,9	26,93	50,01
5	25	1	23,8	0,00092	1,9	28,85	48,09
10	22	3	23,4	0,00064	5,8	34,63	42,32
45	10	12	21,6	0,00050	23,1	57,71	19,24
75	0	10	22	0,00023	19,2	76,95	0,00
90	0	0	24	0,00022	0,0	76,95	0,00
120	0	0	24	0,00019	0,0	76,95	0,00
		40					

b. *Sieve Analysis*

Pemisah ukuran butiran ini dilakukan dengan cara analisa saringan/analisa hidrometer. Persentase berat dari berbagai ukuran butiran jika melebihi 74 mikron dilakukan dengan saringan, kemudian dengan menggunakan satu set alat pada saringan standar yang kemudian digerakan secara horizontal maupun vertikal dalam alat penggoyang pada saringan.

Tabel 4. 8 Nilai Perhitungan *Sieve Analysis* Tanah Asli

Diameter saringan	No. Cawan	Brt. Cawan (gr)	Brt.Sampel + cwn yg tertinggal dlm saringan (gr)	Brt.Sampel yg tertinggal dlm saringan (gr)	Presentase sampel yg tertinggal (%)	Kumulatif Presentase sampel yg tertinggal (%)	Percent Finer (%)
4,750	A	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	100,00
2,000	B	4,17	4,48	0,31	0,16	0,16	99,85
0,850	C	3,49	4,59	1,10	0,55	0,71	99,30
0,425	D	4,23	4,90	0,67	0,34	1,04	98,96
0,250	E	4,07	4,55	0,48	0,24	1,28	98,72
0,180	F	3,87	4,92	1,05	0,53	1,81	98,20
0,150	G	4,17	4,23	0,06	0,03	1,84	98,17
0,075	H	4,17	5,44	1,27	0,64	2,47	97,53
0,000	I	4,20	4,49	0,29	0,15	2,62	97,39
				5,23	2,62		

Tabel 4. 9 Nilai Perhitungan *Sieve Analysis* Tanah Tanah Campuran 1

Diameter saringan	No. Cawan	Brt. Cawan (gr)	Brt.Sampel+ cwn yg tertinggal dlm saringan (gr)	Brt.Sampel yg tertinggal dlm saringan (gr)	Presentase sampel yg tertinggal (%)	Kumulatif Presentase sampel yg tertinggal (%)	Percent Finer (%)
4,750	A	4,10	4,90	0,80	0,40	0,40	100,00
2,000	B	4,10	5,30	1,20	0,60	1,00	99,00
0,850	C	4,10	5,70	1,60	0,80	1,80	98,20
0,425	D	4,10	6,80	2,70	1,35	3,15	96,85
0,250	E	4,10	7,50	3,40	1,70	4,85	95,15
0,180	F	4,10	6,80	2,70	1,35	6,20	93,80
0,150	G	4,10	5,13	1,03	0,52	6,72	93,29
0,075	H	4,10	8,30	4,20	2,10	8,82	91,19
0,000	I	4,10	12,80	8,70	4,35	13,17	86,84
				26,33	13,17		

Tabel 4. 10 Nilai Perhitungan *Sieve Analysis* Tanah Tanah Campuran 2

Diameter saringan	No. Cawan	Brt. Cawan (gr)	Brt.Sampel+ cwn yg tertinggal dlm saringan (gr)	Brt.Sampel yg tertinggal dlm saringan (gr)	Presentase sampel yg tertinggal (%)	Kumulatif Presentase sampel yg tertinggal (%)	Percent Finer (%)
4,750	A	4,27	4,27	0,00	0,00	0,00	100,00
2,000	B	4,27	5,30	1,03	0,52	0,52	99,49
0,850	C	4,27	5,10	0,83	0,42	0,93	99,07
0,425	D	4,27	4,60	0,33	0,17	1,10	98,91
0,250	E	4,27	4,50	0,23	0,12	1,21	98,79
0,180	F	4,27	4,60	0,33	0,17	1,38	98,63
0,150	G	4,27	4,30	0,03	0,02	1,39	98,61
0,075	H	4,27	5,70	1,43	0,72	2,11	97,90
0,000	I	4,27	16,30	12,03	6,02	8,12	91,88
				16,24	8,12		

Tabel 4. 11 Nilai Perhitungan *Sieve Analysis* Tanah Tanah Campuran 3

Diameter saringan	No. Cawan	Brt. Cawan (gr)	Brt.Sampel+cwn yg tertinggal dlm saringan (gr)	Brt.Sampel yg tertinggal dlm saringan (gr)	Presentase sampel yg tertinggal (%)	Kumulatif Presentase sampel yg tertinggal (%)	Percent Finer (%)
4,750	A	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	100,00
2,000	B	4,24	23,35	19,11	9,56	9,56	90,45
0,850	C	4,09	11,13	7,04	3,52	13,08	86,93
0,425	D	4,23	9,25	5,02	2,51	15,59	84,42
0,250	E	4,08	7,32	3,24	1,62	17,21	82,80
0,180	F	3,89	7,38	3,49	1,75	18,95	81,05
0,150	G	4,20	4,40	0,20	0,10	19,05	80,95
0,075	H	4,20	16,38	12,18	6,09	25,14	74,86
0,000	I	4,11	4,89	0,78	0,39	25,53	74,47
				51,06	25,53		

Tabel 4. 12 Nilai Perhitungan *Sieve Analysis* Tanah Tanah Campuran 4

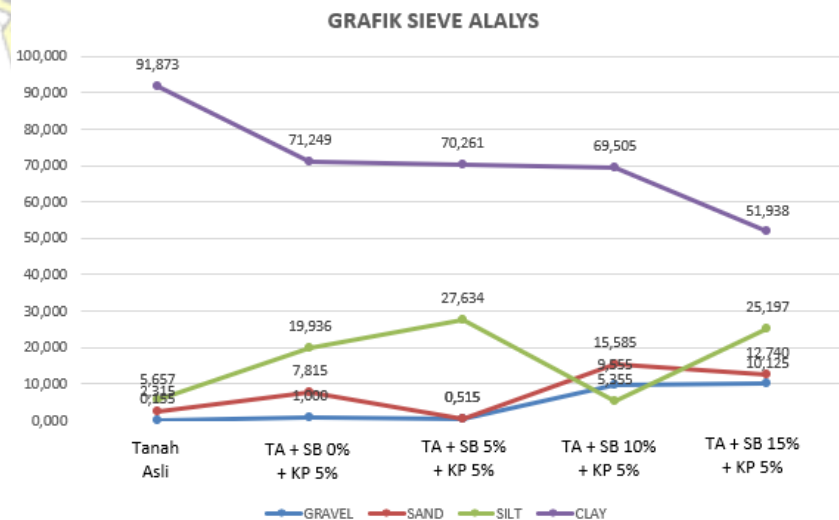
Diameter saringan	No. Cawan	Brt. Cawan (gr)	Brt.Sampel +cwn yg tertinggal dlm saringan (gr)	Brt.Sampel yg tertinggal dlm saringan (gr)	Presentase sampel yg tertinggal (%)	Kumulatif Presentase sampel yg tertinggal (%)	Percent Finer (%)
4,750	A	4,04	0,00	-4,04	-2,02	-2,02	100,00
2,000	B	4,04	28,33	24,29	12,15	10,13	89,88
0,850	C	4,04	12,35	8,31	4,16	14,28	85,72
0,425	D	4,04	9,30	5,26	2,63	16,91	83,09
0,250	E	4,04	6,90	2,86	1,43	18,34	81,66
0,180	F	4,04	6,44	2,40	1,20	19,54	80,46
0,150	G	4,04	5,30	1,26	0,63	20,17	79,83
0,075	H	4,04	9,43	5,39	2,70	22,87	77,14
0,000	I	4,04	4,42	0,38	0,19	23,06	76,95
				46,11	23,06		

Setelah diketahui hasil dari *hydrometer analysis* dan *sieve analysis* secara keseluruhan maka di dapatkan hasil pembagian ukuran butir tanah.

Tabel 4. 13 Hasil *Grain Size*

No	Sampel	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Gravel (%)
1	Tanah Asli	91,87	5,66	2,32	0,16
2	Tanah Campuran 1	71,25	19,94	7,82	1,00
3	Tanah Campuran 2	70,26	27,63	1,59	0,52
4	Tanah Campuran 3	69,51	5,35	15,59	9,56
5	Tanah Campuran 4	51,94	25,20	12,74	10,13

Dari tabel di atas menunjukkan data perubahan dari setiap campuran. dan untuk campuran 2 menunjukan nilai yang berbeda disebabkan pada proses pencampuran persentase *gravelyn*nya lebih sedikit dari campuran yang lain sehingga terjadi penurunan. Dari tabel tersebut dapat diperoleh grafik gradasi butiran seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Butiran

Menurut grafik gradasi butiran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar.4.1 Tanah Asli memiliki persenan *clay* paling banyak, yang berarti termasuk ke tanah lempung.

4.2.2. Atterberg Limits

a. Batas Cair

Kadar air dalam tanah diukur melalui pengujian batas *Atterberg*, yang merupakan batas pada keadaan yang cair dan plastis.

Analisis pada hasil perhitungan data *liquid limit*

$$w = \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$$

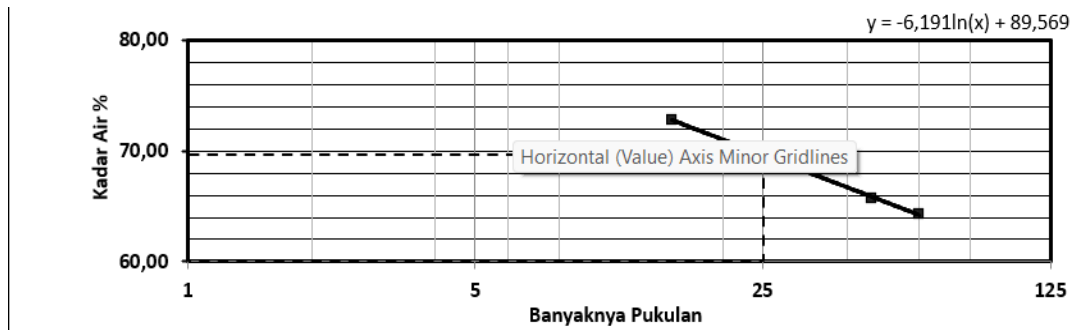
$$w = \frac{37,43-23,32}{23,32-3,94} \times 100\%$$

$$w = 72,81\%$$

Tabel 4. 14 Nilai Perhitungan Batas Cair

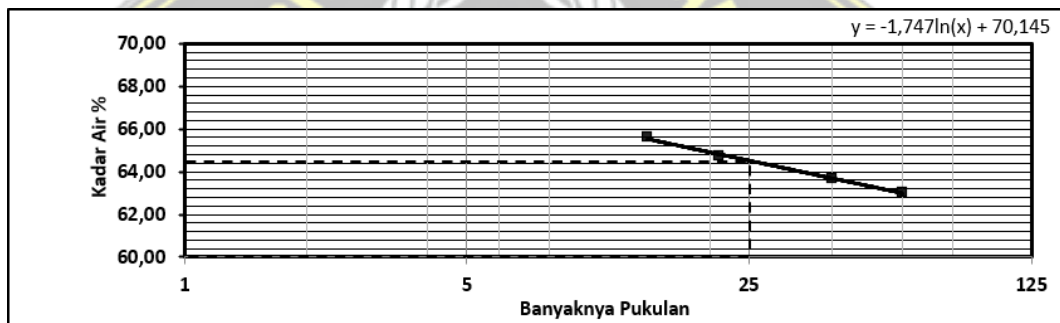
Sampel	Jumlah Ketukan	No. Cawan	Berat Cawan (gr) (a)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr) (b)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr) (c)	w (%)	LL (%)
Tanah Asli 100%	15	1	3,94	37,43	23,32	72,81	69,64
	23	2	4,05	33,51	21,36	70,19	
	46	3	4,33	29,42	19,47	65,72	
	60	4	4,15	29,9	19,82	64,33	
Tanah Campuran 1	14	1	4,12	25,50	17,03	65,61	64,52
	21	2	4,05	22,22	15,08	64,73	
	40	3	4,1	20,01	13,82	63,68	
	60	4	4,10	19,8	13,73	63,03	
Tanah Campuran 2	13	1	3,95	23,05	14,70	77,67	61,91
	19	2	4,04	20,05	13,95	61,55	
	33	3	4,01	19,72	14,1	55,70	
	55	4	4,03	19,62	14,40	50,34	
Tanah Campuran 3	14	1	4,01	22,47	14,85	70,30	67,95
	22	2	4,10	17,76	12,15	69,69	
	44	3	4,24	21,95	14,93	65,67	
	53	4	4,04	19,64	13,62	62,84	
Tanah Campuran 4	11	1	4,01	30,53	20,80	57,95	49,49
	24	2	4,06	21,43	15,60	50,52	
	39	3	3,84	19,28	14,4	46,21	
	55	4	4,05	19,49	15,14	39,22	

Berdasarkan hasil perhitungan batas air pada Tabel 4.14, maka dapat diperoleh grafik *liquid limit* untuk sampel tanah asli seperti Gambar 4.2



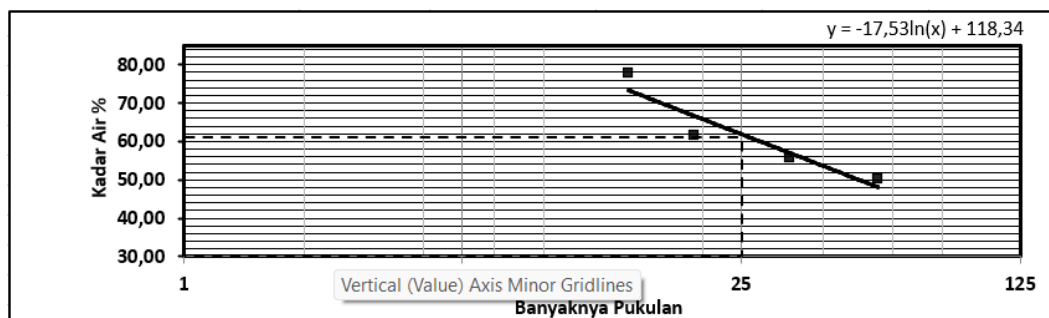
Gambar 4. 2 Grafik *Liquid Limit* sampel Tanah Asli

Kadar air pada pukulan ke-25 seperti yang ditunjukkan oleh grafik di Gambar 4.2 adalah sebesar 69,64%



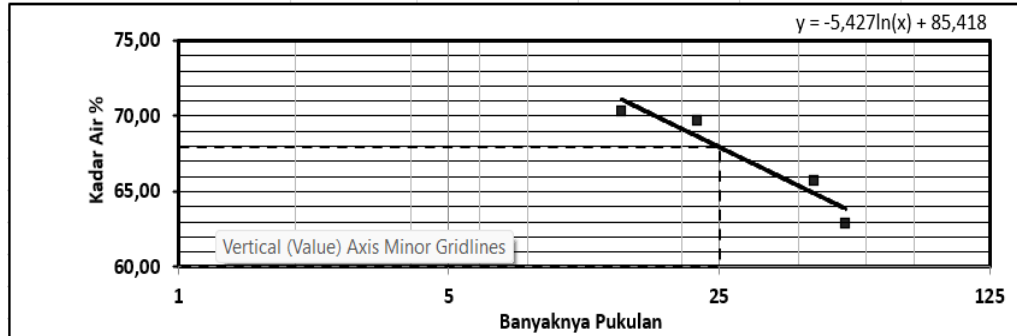
Gambar 4. 3 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 1

Kadar air pada pukulan ke-25 seperti yang ditunjukkan oleh grafik di Gambar 4.3. adalah sebesar 64,52%.



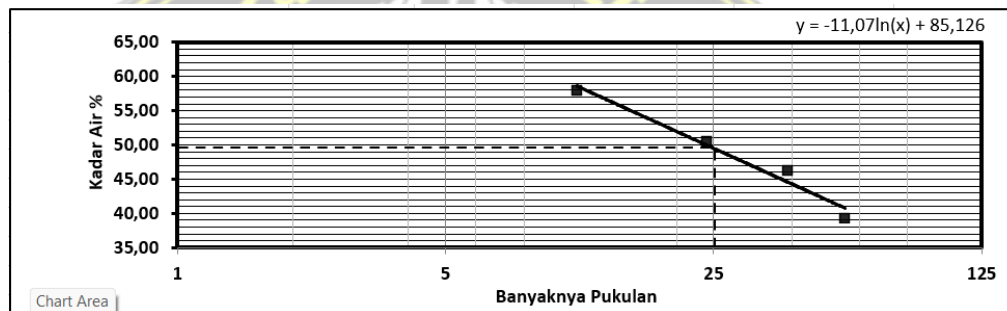
Gambar 4. 4 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 2

Kadar air pada pukulan ke-25 seperti yang ditunjukkan oleh grafikdi Gambar 4.4. adalah sebesar 61,91%.



Gambar 4. 5 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 3

Kadar air pada pukulan ke-25 seperti yang ditunjukkan oleh grafikdi Gambar 4.5 adalah sebesar 67,95%.



Gambar 4. 6 Grafik Batas Cair sampel Tanah Campuran 4

Kadar air pada pukulan ke-25 seperti yang ditunjukkan oleh grafikdi Gambar 4.6 adalah sebesar 49,49%.

b. Batas Plastis

Tujuan pada pengujian kali ini adalah supaya dapat mengetahui kondisi tanah selamakadar air rendah.

Analisis hasil eksperimen data batas plastis

$$w = \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$$

$$w = \frac{11,3-9,82}{9,82-4,04} \times 100\%$$

$$w = 25,61\%$$

Tabel 4. 15 Nilai perhitungan Batas Plastis

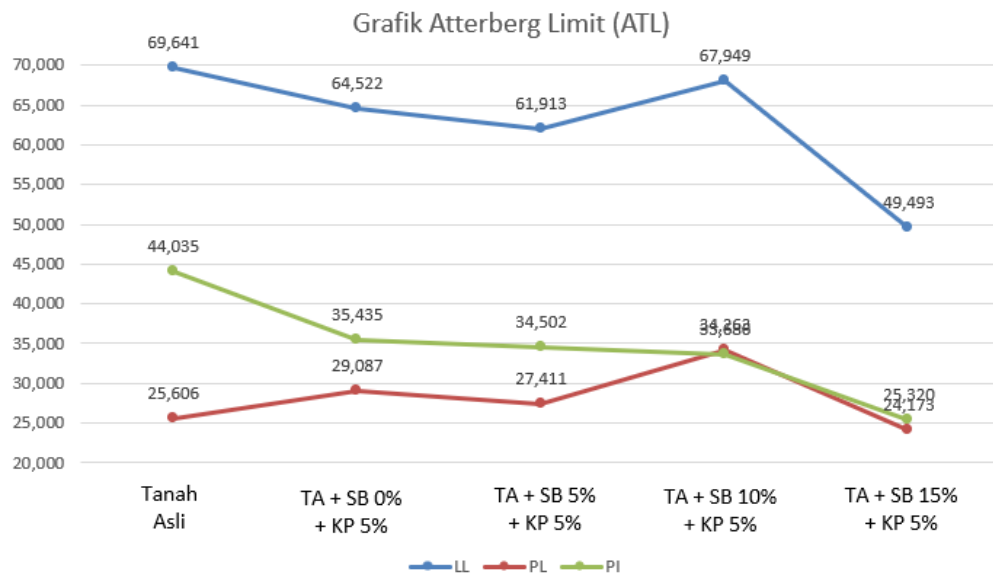
Sampel	No.Cawan	Berat Cawan (gr) (a)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr) (b)	Berat Cawan + Tanah kering (gr) (c)	W (%)	PL(%)
Tanah Asli	5	4,04	11,3	9,82	25,61	25,61
Tanah Campuran 1	5	4,00	16,16	13,42	29,09	29,09
Tanah Campuran 2	5	4,10	14,14	11,98	27,41	27,41
Tanah Campuran 3	5	4,42	14,53	11,95	34,26	34,26
Tanah Campuran 4	5	4,17	15,06	12,94	24,17	24,17

Setelah diketahui batas cair dan batas plastisnya hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dihitung nilai (*IP*) dan didapat hasil perhitungan seperti pada Tabel 4. 16.

$$\begin{aligned}
 IP &= LL - PL \\
 &= 69,64 - 25,61 \\
 &= 44,04\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 16 Hasil Indeks Plastisitas

Sampel	LL %	PL %	IP %
Tanah Asli	69,64	25,61	44,04
Tanah Campuran 1	64,52	29,09	35,43
Tanah Campuran 2	61,91	27,41	34,50
Tanah Campuran 3	67,95	34,26	33,69
Tanah Campuran 4	49,49	24,17	25,32



Gambar 4. 7 Grafik ATL Tanah Asli dan Campuran slag baja dan kapur

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa pada tanah yang distabilisasi menggunakan Slag baja dan Kapur menunjukkan bahwa nilai IP tanah, semakin banyak diberikan campuran, nilai IP semakin menurun karena akibat dari peningkatan sifat tanah, yang berarti bahwa daya dukung tanah meningkat.

4.2.3. Direct Shear

Untuk menentukan kohesi tanah dan sudut geser sampel, uji geser langsung dilakukan Hasil dari pengujian, berikut datanya

Diameter ring	= 6,3 cm
Berat ring	= 0,0274 kg
Kalibrasi Proving Ring	= 0,54 kg/div
Koreksi Beban:	0,85 kg = 0,85kg
	1,70 kg = 1,70 kg
	3,40 kg = 3,40 kg

Kemudian dianalisis menggunakan perhitungan seperti berikut :

Contoh perhitungan adalah berikut:

1. Tegangan Normal (σ_n)

$$\sigma = p \quad 1 \quad 2$$

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sigma_n$$

$$F = \frac{1}{4} \times \pi \times 6,3^2$$

$$F = 31,156 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_n = \frac{\text{Berat Beban} + \text{Berat Ring}}{\text{Luas Penampang}}$$

$$= \frac{0,85 + 0,0274}{31,156}$$

$$= 0,029 \text{ kg/cm}^2$$

2. Tegangan Geser

$$(\sigma_s) = \frac{\text{Gaya Geser}}{\text{Luas Penampang}}$$

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

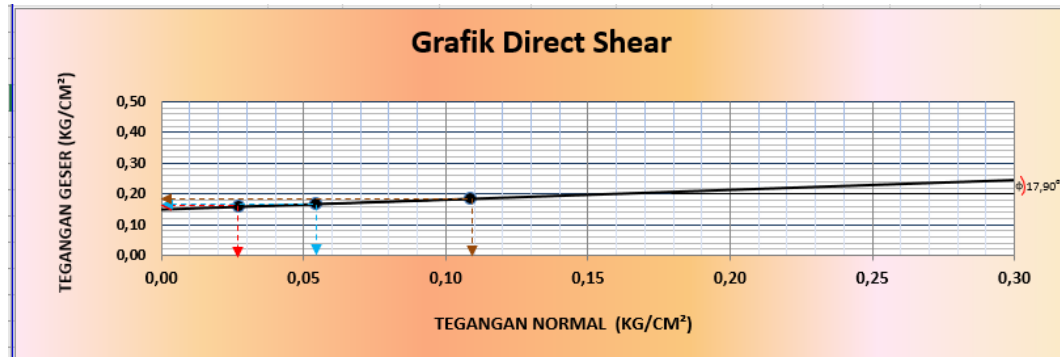
$$= \frac{4,0376}{31,06}$$

$$= 0,1311 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4. 17 Hasil perhitungan penembakan langsung sampel tanah asli dan campuran Slag baja dan Kapur

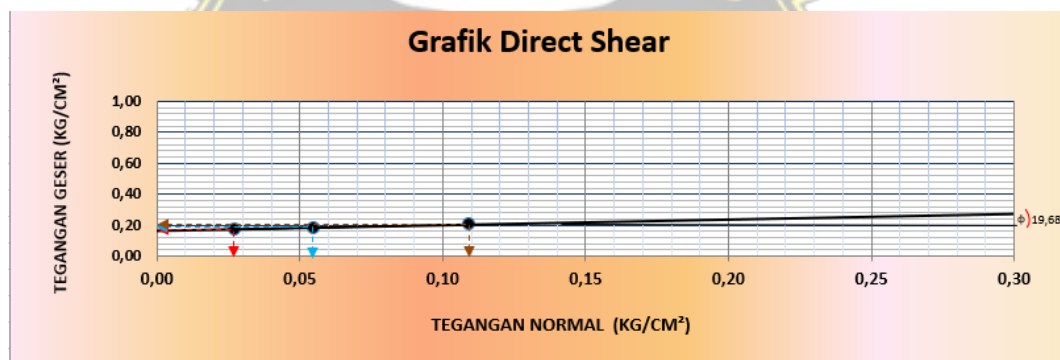
Sampel	Percobaan	Beban (kg/cm3)	Koreksi Beban (kg/cm3)	Pembacaan Dial	Tegangan Normal (σ_n)	Tegangan Geser (σ_s)
Tanah Asli	1	0,85	0,85	9,1	0,028	0,15
	2	1,70	1,70	9,5	0,055	0,16
	3	3,40	3,40	10,6	0,11	0,18
Tanah Campuran 1	1	0,85	0,85	10	0,03	0,17
	2	1,70	1,70	10,6	0,06	0,18
	3	3,40	3,40	11,7	0,11	0,20
Tanah Campuran 2	1	0,85	0,85	9,5	0,03	0,16
	2	1,70	1,70	10	0,06	0,17
	3	3,40	3,40	11,5	0,11	0,19
Tanah Campuran 3	1	0,85	0,85	9,5	0,03	0,16
	2	1,70	1,70	10,2	0,06	0,17
	3	3,40	3,40	11,4	0,11	0,19
Tanah Campuran 4	1	0,85	0,85	9,5	0,03	0,16
	2	1,70	1,70	10,2	0,06	0,17
	3	3,40	3,40	11,7	0,11	0,20

Nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam (ϕ) sesuai, karena terdapat garis yang menghubungkan tiga titik pada grafik, sehingga dapat digunakan untuk bisa menjadi grafik perbandingan dengan tegangan normal pada tegangan geser dengan kondisi tanah uji. Gambar 4.10 menunjukkan diagram gaya geser langsung dari sampel tanah asli



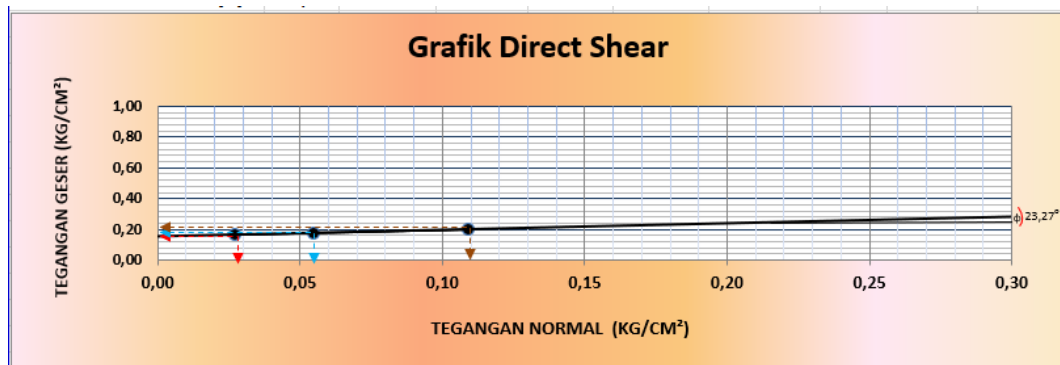
Gambar 4. 8 Grafik Direct Shear Tanah Asli

Berdasarkan Gambar 4.10 grafik *Direct Shear* Tanah Asli tersebut diperoleh nilai Tegangan Geser 0,15; 0,16; 0,18 dan nilai tegangan normal 0,028; 0,055; 0,11.



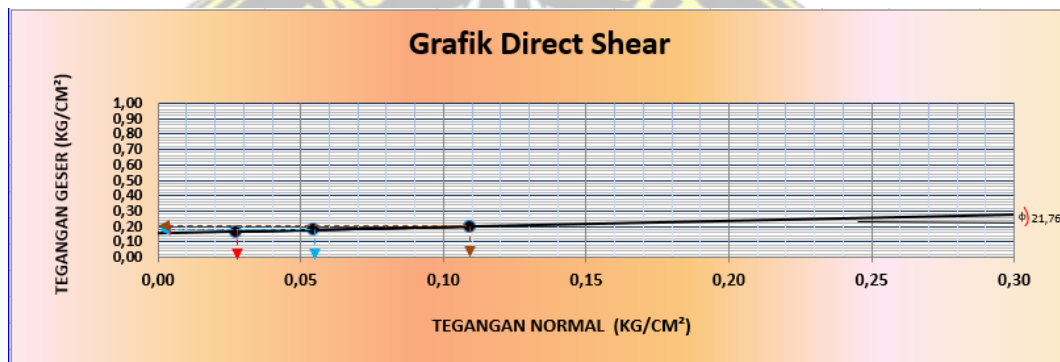
Gambar 4. 9 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 1

Berdasarkan Gambar 4.11 grafik *Direct Shear* Tanah Campuran 1 tersebut diperoleh nilai Tegangan Geser 0,17; 0,18; 0,20 dan nilai tegangan normal 0,03; 0,06,0,11.



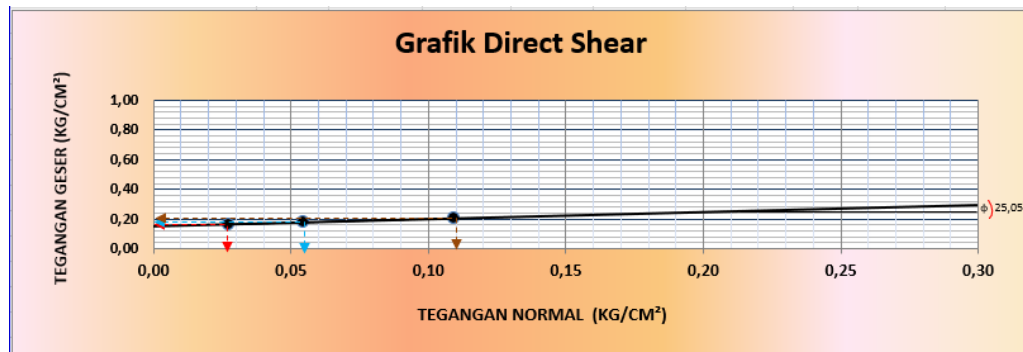
Gambar 4. 10 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 2

Berdasarkan Gambar 4.12 Grafik *Direct Shear* Tanah Campuran 2 diperoleh nilai Tegangan Geser 0,16; 0,17; 0,19 dan nilai Tegangan normal 0,03; 0,06, 0,11.



Gambar 4. 11 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 3

Berdasarkan Gambar 4.13 Grafik *Direct Shear* Tanah Campuran 3 tersebutdiperoleh nilai Tegangan Geser 0,16; 0,17; 0,19 dan nilai Tegangan normal 0,03; 0,06; 0,11,



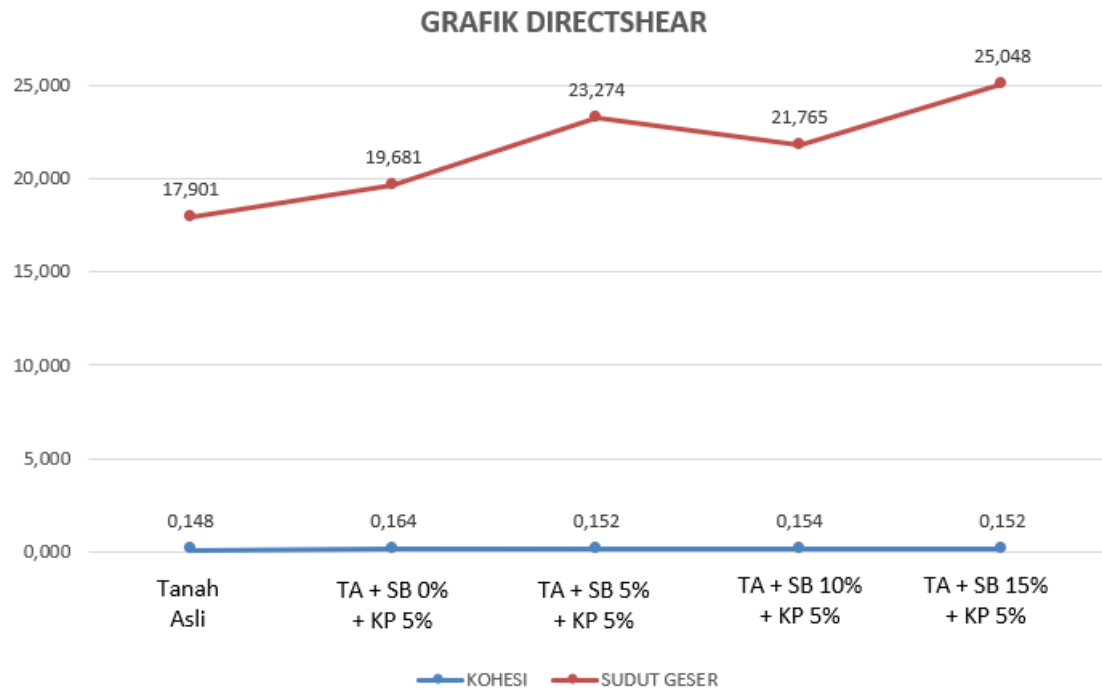
Gambar 4. 12 Grafik Direct Shear Tanah Campuran 4

Berdasarkan Gambar 4.14 Grafik *Direct Shear* Tanah Campuran 4 tersebut diperoleh nilai Tegangan Geser 0,16; 0,17; 0,20 dan nilai Tegangan normal 0,0346; 0,069; 0,138.

Tabel 4. 18 Hasil Penggambaran *Direct Shear*

No	Sampel	Kohesi (c) (Kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (ϕ)(°)
1	Tanah Asli	0,148	17,90
2	Tanah Campuran 1	0,164	19,68
3	Tanah Campuran 2	0,152	23,27
4	Tanah Campuran 3	0,154	21,76
5	Tanah Campuran 4	0,152	25,05

Dari Tabel 4. 18 hasil penggambaran *Direct Shear* tersebut diperoleh grafik nilai kohesi (c) dari tiap sampel seperti pada Gambar 4.16



Gambar 4. 13 Grafik Nilai Kohesi Tanah Asli dan Campuran Slag baja dan Kapur

Berdasarkan Gambar 4. 15 diatas dapat diartikan maka semakin tinggi nilai kohesi dan sudut geser maka semakin baik daya dukung tanahnya. Nilai kohesi tanah yang tinggi ditemukan berdasarkan hasil uji *Direct shear* di presentase (Tanah Campuran 4) yakni 0,152 kg/cm².dan pada sudut geser nilai yang paling tinggi yakni pada presentase (Tanah Campuran 4) yakni 25,048%.

4.2.4. *Proctor Modified*

Percobaan *Proctor Modified* ini menggunakan tingkat air yang berbeda untuk setiap sampel untuk menentukan kadar air tanah ideal (W_{opt}), berat pada volume basah ideal (b), berat volume yang kering ideal (d_{opt}), dan persentase pori/pori pada tanah sampel. Tabel 4.19 menampilkan data yang akan diperoleh pada hasil uji laboratorium.

Tabel 4. 19 Hasil Pengujian *Proctor Modified*

Sampel	Nomor Percobaan	Volume Air (cc)	Berat Alat + Tanah (gr)	No. Cawan	Berat Cawan (gr) (a)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr) (b)	Berat cawan + tanah Kering (gr) (c)
Tanah Asli	I	0	9785	1	4,43	60,23	49,34
	II	100	9868	2	5,26	88,63	70,52
	III	200	9970	3	6,72	97,98	76,26
	IV	300	9849	4	4,20	70,69	54,26
	v	400	9675	5	4,12	65,96	49,63
Tanah Campuran 1	I	0	8549	1	4,43	59,65	49,29
	II	100	8767	2	5,26	85,32	69,46
	III	200	8903	3	8,16	47,20	38,95
	IV	300	8718	4	4,20	70,70	54,68
	V	400	8567	5	4,12	64,95	48,48
Tanah Campuran 2	I	50	9640	1	4,43	59,65	49,80
	II	150	9780	2	5,26	85,32	69,10
	III	250	9920	3	4,10	44,55	35,20
	IV	350	9740	4	4,20	70,70	54,20
	V	450	9610	5	4,12	64,95	48,80
Tanah Campuran 3	I	0	9828	1	4,26	59,39	49,15
	II	100	10056	2	4,93	86,39	70,27
	III	200	10033	3	6,70	74,60	60,21
	IV	300	9917	4	4,20	69,64	55,31
	V	400	9839	5	4,12	63,19	48,63
Tanah Campuran 4	I	0	8605	1	4,28	63,21	56,05
	II	100	8982	2	4,32	58,26	50,61
	III	200	9018	3	6,68	72,21	60,85
	IV	300	8867	4	4,27	68,29	55,91
	V	400	8727	5	4,11	59,63	47,55

Data alat :

Berat alat = 6079 gram Tinggi pada alat

= 11,6 cm

Diameter alat = 15,2 cm

Analisis pada data tersebut kemudian dihitung seperti berikut :

1. Volume alat

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15,2^2 \times 11,6$$

$$= 2103 \text{ cm}^3$$

2. Berat tanah basah

$$= (\text{Berat Proctor} + \text{Tanah}) - \text{Berat Proctor}(\text{alas} + 1)$$

$$= 9785 - 6079$$

$$= 3,706 \text{ gr}$$

3. Berat Volume Tanah Basah (γ_b)

Berat Tanah Basah

$$= \frac{\text{Volume Cetakan } 3,706}{2103}$$

$$= 1,76 \text{ gr/cm}^3$$

4. Kadar Air (w)

$$= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$$

Dimana: a = Nilai Berat Cawan (gram)

b = Nilai Berat Cawan + Tanah Basah (gram)

c = Nilai Berat Cawan + Tanah Kering (gram)

$$= \frac{60,23-49,34}{49,34-4,43} \times 100\%$$

$$= 24,25\%$$

5. Berat volume tanah kering (γ_k)

$$= \frac{\gamma_b}{1+w}$$

$$= \frac{1,76}{1 + 24,25}$$

$$= 0,069 \text{ gr/cm}^3$$

6. Zero air void (ZAV)

$$= \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + (G_s + w)}$$

$$= \frac{2,386 \times 1}{1 + (2,386 + 24,25)}$$

$$= 0,086 \text{ gr/cm}^3$$

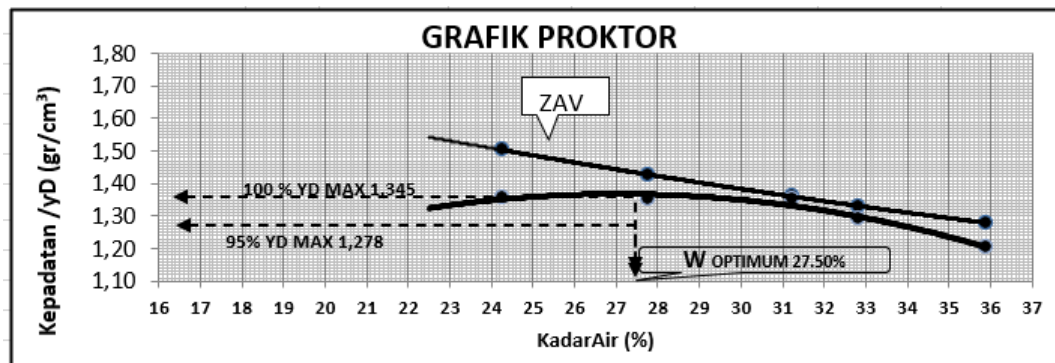
Tabel 4. 20 menunjukkan hasil perhitungan secara keseluruhan untuk Tanah Asli, sedangkan Tabel 4.21 menunjukkan hasil perhitungan secara keseluruhan untuk Tanah Campuran Slag baja dan Kapur

Tabel 4. 20 Nilai Perhitungan *Proctor Modified* Tanah Asli

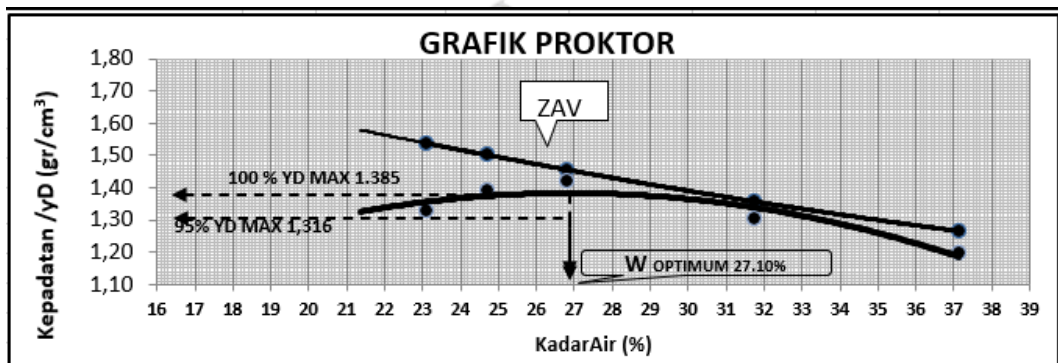
Sampel	No. Percobaan	w (%)	GS (gr/cm ³)	γ_b (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	ZAV
Tanah Asli	I	24,25	2,366	1,69	1,36	1,50
	II	27,75	2,366	1,73	1,35	1,43
	III	31,23	2,366	1,77	1,35	1,36
	IV	32,82	2,366	1,72	1,29	1,33
	V	35,88	2,366	1,63	1,20	1,28

Tabel 4. 21 Nilai Perhitungan *Proctor Modified* campuran slag baja dan kapur

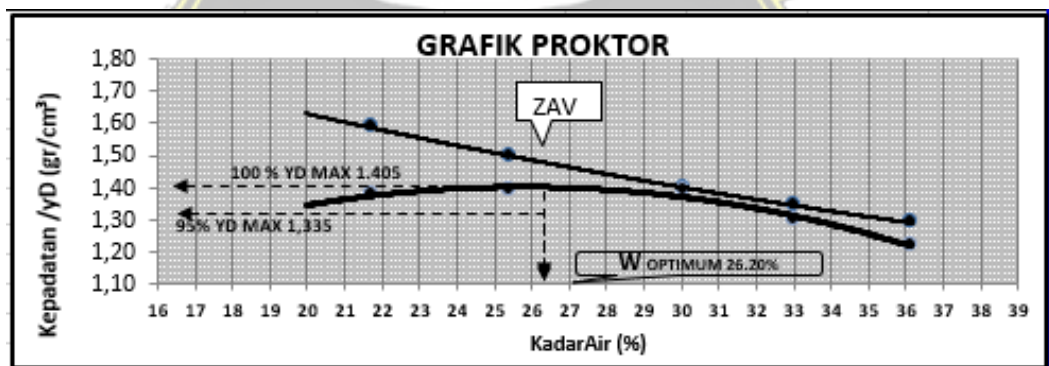
Sampel	No. Percobaan	w (%)	GS (gr/cm ³)	γ _b (gr/cm ³)	γ _d (gr/cm ³)	ZAV
Tanah Campuran 1	I	23,09	2,386	1,63	1,33	1,54
	II	24,70	2,386	1,74	1,39	1,50
	III	26,79	2,386	1,80	1,42	1,46
	IV	31,74	2,386	1,71	1,30	1,36
	V	37,13	2,386	1,64	1,20	1,27
Tanah Campuran 2	I	21,71	2,420	1,68	1,38	1,59
	II	25,41	2,420	1,74	1,39	1,50
	III	30,06	2,420	1,81	1,39	1,40
	IV	33,00	2,420	1,73	1,30	1,35
	V	36,15	2,420	1,66	1,22	1,29
Tanah Campuran 3	I	22,81	2,456	1,42	1,42	1,57
	II	24,67	2,456	1,48	1,48	1,53
	III	26,89	2,456	1,45	1,45	1,48
	IV	28,04	2,456	1,39	1,39	1,45
	V	32,71	2,456	1,31	1,31	1,36
Tanah Campuran 4	I	13,83	2,493	1,66	1,46	1,85
	II	16,53	2,493	1,84	1,58	1,77
	III	20,97	2,493	1,85	1,53	1,64
	IV	23,97	2,493	1,78	1,44	1,56
	V	27,81	2,493	1,72	1,34	1,47



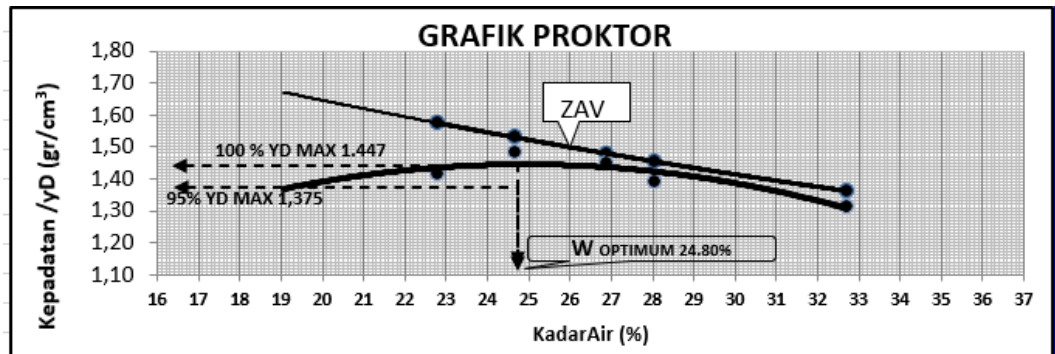
Gambar 4. 14 Grafik W_{opt} yang menunjukkan sampel Tanah Asli



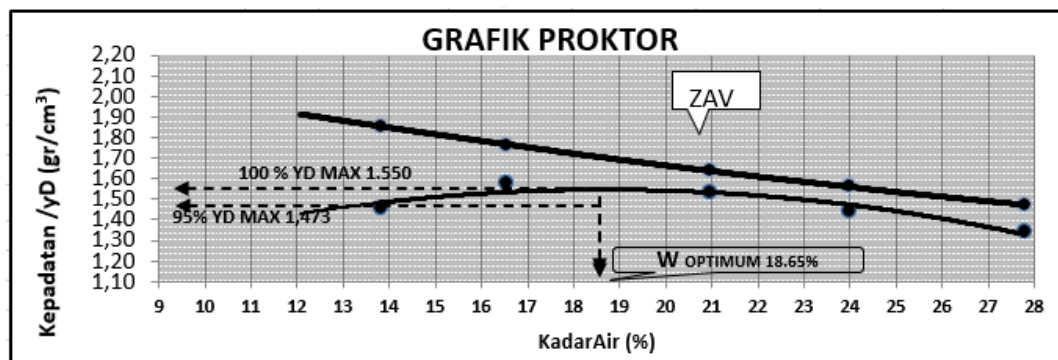
Gambar 4. 15 Grafik W_{opt} sampel Tanah Campuran 1



Gambar 4. 16 Grafik W_{opt} sampel Tanah Campuran 2



Gambar 4. 17 Grafik W_{opt} sampel Tanah Campuran 3

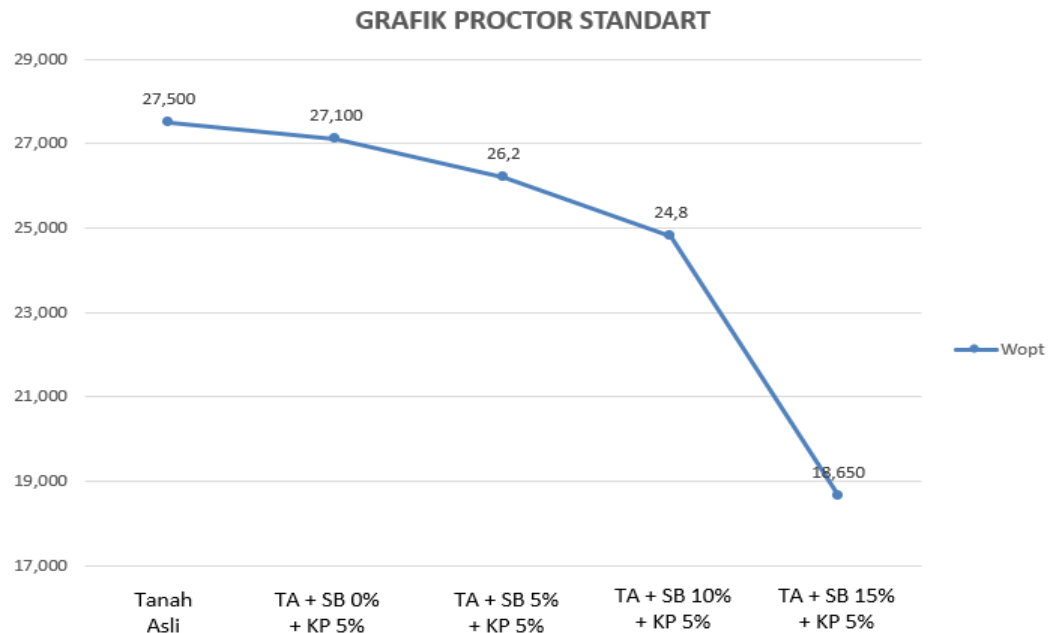


Gambar 4. 18 Grafik W_{opt} sampel Tanah Campuran 4

Tabel 4. 22 Hasil *Proctor Modified* dari Tanah Asli yang terdiri dari campuran

No	Sampel	W_{opt} (%)	γ_d (gr/cm ³)
1	Tanah Asli	27,500	1,345
2	Tanah Campuran 1	27,100	1,385
3	Tanah Campuran 2	26,20	1,405
4	Tanah Campuran 3	24,80	1,447
5	Tanah Campuran 4	18,650	1,550

Dari tabel tersebut dapat diperoleh grafik kadar air optimum (W_{opt}) seperti pada Gambar 4.24



Gambar 4. 19 Grafik *Proctor Modified* yang menunjukkan contoh Tanah Asli yang mengandung campuran Slag baja dan kapur

Berdasarkan hasil pada gambar 4.24 di atas, dapat kita lihat bahwa kecenderungan (*trens*) grafik *proctor modified* semakin banyak diberikan campuran Slag baja dan Kapur semakin kecil (w_{opt}) dan semakin besar γ_d (gr/cm^3), ini berarti karakter daya dukung tanah semakin meningkat (karakter tanah semakin baik). W_{opt} tanah paling rendah diketahui pada campuran 4 yakni 18,650%.

4.2.5. California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio (CBR) digunakan untuk menghitung nilai pada daya dukung tanah dengan kerapatan tertinggi. Tabel 4.23 dan 4.24 menunjukkan data hasil pengujian CBR, yang menggunakan kadar air yang paling ideal yang dihasilkan dari Uji *Proctor Modified*.

Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Tanah asli dan Campuran slag baja dan kapur

Sampel	No	Berat Alat + Tanah (gr)	Berat Cawan (a)	Berat Cawan + Tanah Basah (b)	Berat Cawan + Tanah Kering (c)
Tanah Asli	1	10034	6,7	63,29	51,06
Tanah Campuran 1	2	8862	4,11	33,67	27,35
Tanah Campuran 2	3	9890	4,07	48,28	39,1
Tanah Campuran 3	4	10247	6,7	74,6	60,91
Tanah Campuran 4	5	8998	4,14	63,7	54,53

Data alat

Berat tabung = 6079 gram

Tinggi tabung = 12 cm

Diameter tabung = 15,2 cm

Analisis hasil perhitungan pengujian CBR :

Untuk sampel tanah asli tumbukan, digunakan contoh perhitungan 56x.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Volume alat (V)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,2^2 \times 11,6
 \end{aligned}$$

$$= 2176,4 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Berat tanah basah} &= (\text{berat alat} + \text{tanah}) - \text{berat alat (alas + 1)} \\
 &= 10034 - 6188 \\
 &= 3846 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Berat volume tana basah } (\gamma_b) \\
 \text{Berat Tanah Basah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Berat Tanah Basah}}{\text{Volume Alat}} \\
 &= \frac{3846}{2176,4} \\
 &= 1,767 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Kadar air (W)} &= \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \\
 \text{Dimana: } a &= \text{Nilai Berat Cawan (gram)} \\
 b &= \text{Nilai Berat Cawan + Tanah Basah (gram)} \\
 c &= \text{Nilai Berat Cawan + Tanah Kering (gram)} \\
 &= \frac{63,29-51,06}{51,06-6,7} \times 100\% \\
 &= 27,57 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ Berat jenis tanah kering } (\gamma_k) \\
 &= \frac{\gamma_b}{1+w} \\
 &= \frac{1,767}{1+27,57} \times 100\% \\
 &= 1,3852 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Data penetrasi dari setiap sampel juga diperoleh dari pengujian CBR di laboratorium, seperti yang ditunjukkan dalam table 4.26.

Menghitung pengurangan beban:

Koreksi beban = Kalibrasi Alat + Pembacaan Arloji CBR

$$= 9,391 \times 8$$

$$= 75,13 \text{ lbs}$$

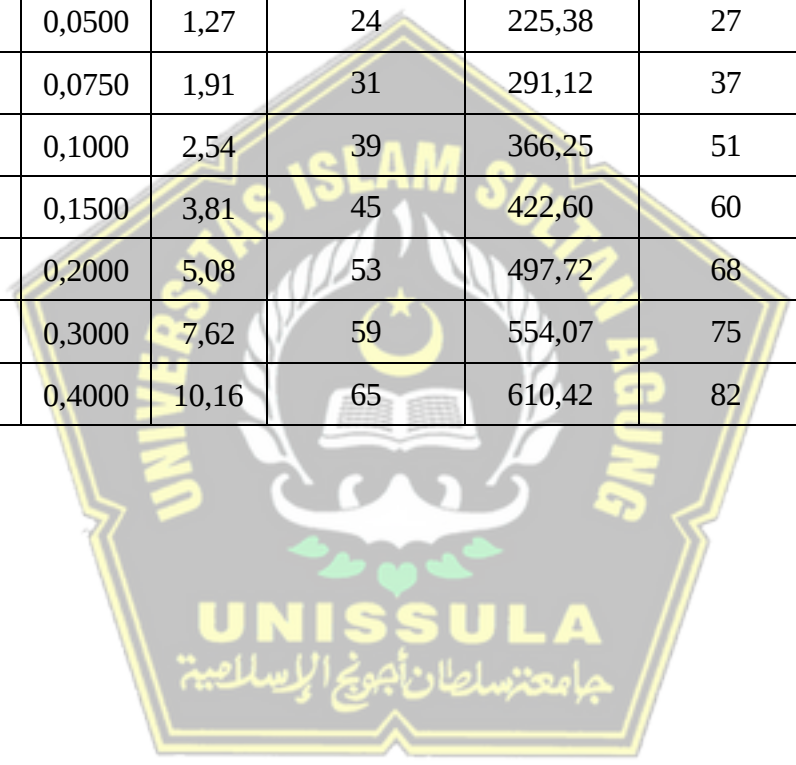
Tabel 4. 24 Hasil Penetrasi Sampel Tanah campuran Slag baja dan kapur Kalibrasi :

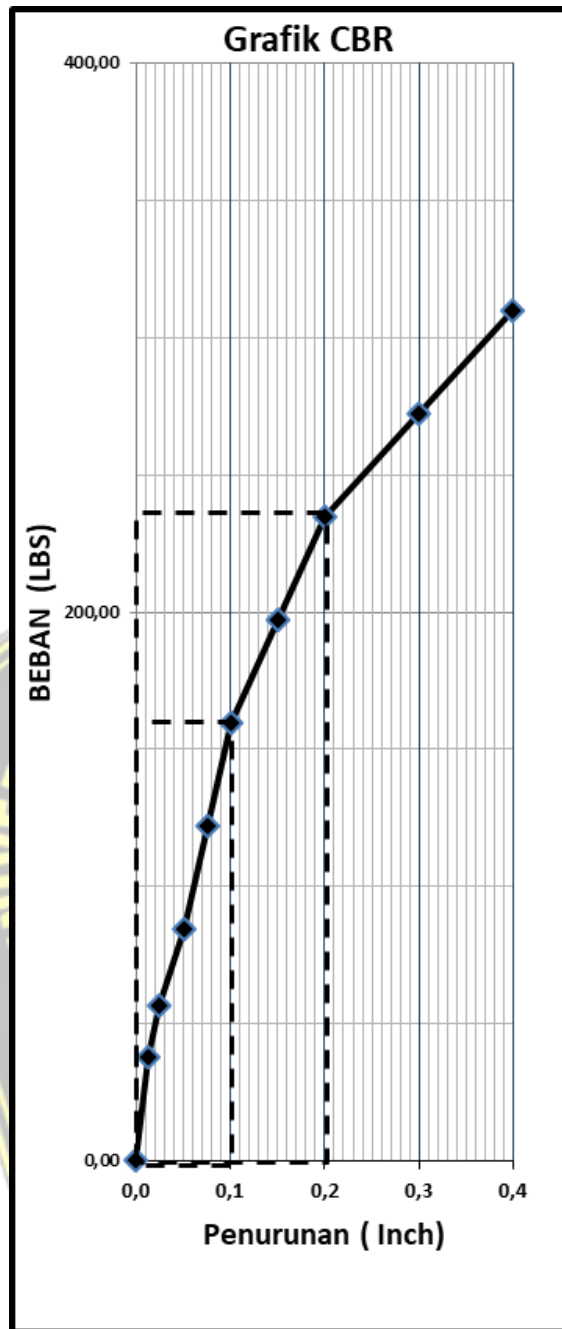
9,391

t (menit)	Penurunan		Jumlah tumbukan			
	(inch)	(mm)	Tanah Asli		Tanah Campuran 1	
			Arloji Bawah	Koreksi	Arloji Bawah	Koreksi
¼	0,0125	0,32	4	37,56	4	37,56
½	0,0250	0,64	7	65,74	8	75,13
1	0,0500	1,27	12	112,69	15	140,87
1,5	0,0750	1,91	16	150,26	20	187,82
2	0,1000	2,54	20	187,82	27	253,56
3	0,1500	3,81	24	225,38	30	281,73
4	0,2000	5,08	28	262,95	35	328,69
6	0,3000	7,62	32	300,51	38	356,86
8	0,4000	10,16	36	338,08	40	375,64
t (menit)	Penurunan		Jumlah tumbukan			
	(inch)	(mm)	Tanah Campuran 2			
			Arloji Bawah	Koreksi		
¼	0,0125	0,32	7	65,74		
½	0,0250	0,64	13	122,08		
1	0,0500	1,27	16	150,26		
1,5	0,0750	1,91	23	215,99		
2	0,1000	2,54	30	281,73		
3	0,1500	3,81	33	309,90		
4	0,2000	5,08	38	356,86		
6	0,3000	7,62	42	394,42		
8	0,4000	10,16	47	441,38		

Kalibrasi : 9,391

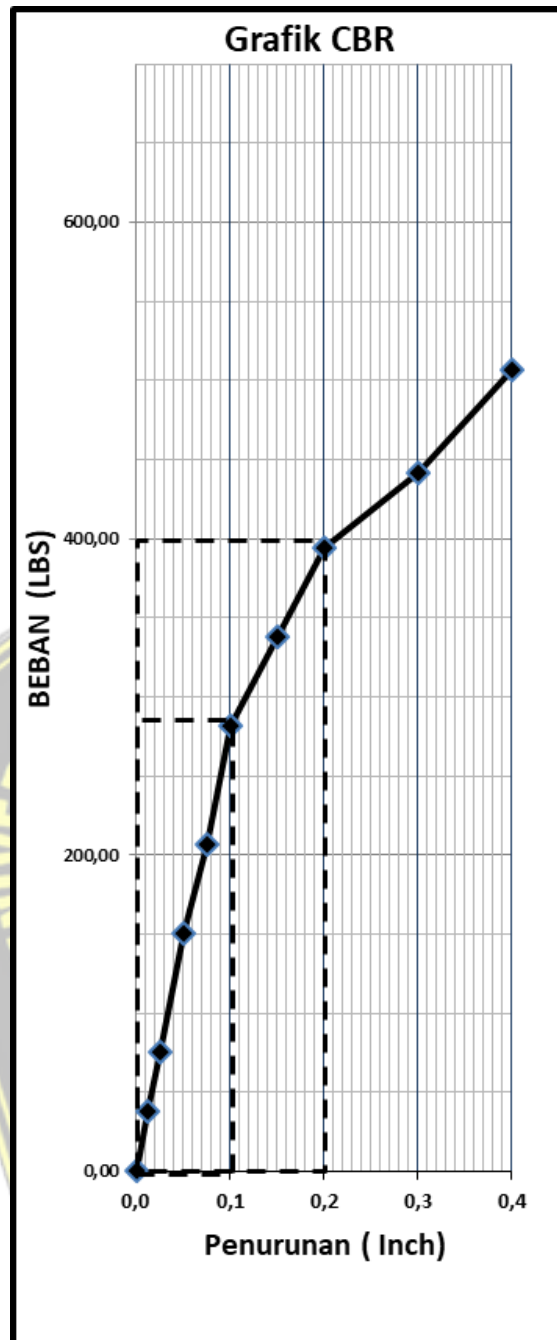
t (menit)	Penurunan		Jumlah tumbukan			
	(inch)	(mm)	Tanah Campuran 3		Tanah Campuran 4	
			Arloji Bawah	Koreksi	Arloji Bawah	Koreksi
1/4	0,0125	0,32	6	56,35	10	95,59
1/2	0,0250	0,64	17	159,65	19	175,92
1	0,0500	1,27	24	225,38	27	250,00
1,5	0,0750	1,91	31	291,12	37	342,59
2	0,1000	2,54	39	366,25	51	472,21
3	0,1500	3,81	45	422,60	60	555,55
4	0,2000	5,08	53	497,72	68	629,62
6	0,3000	7,62	59	554,07	75	694,43
8	0,4000	10,16	65	610,42	82	759,25





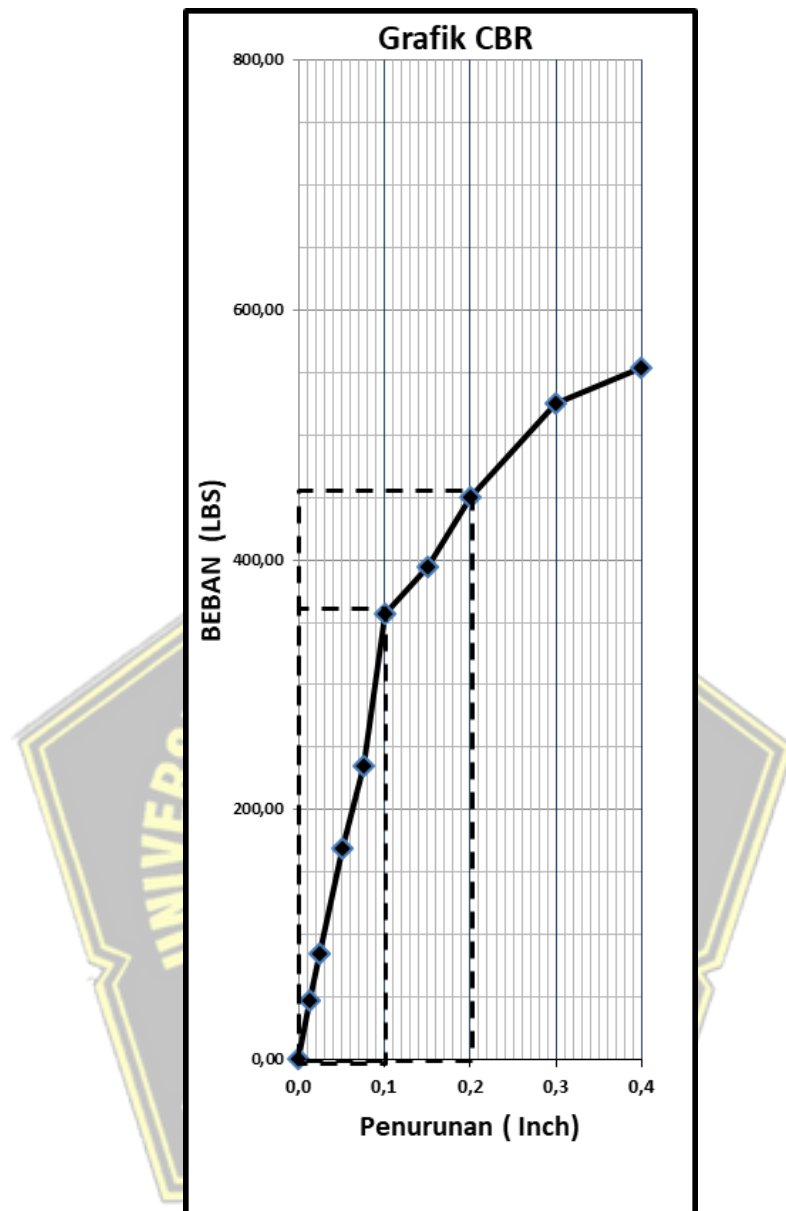
Gambar 4. 20 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli

Hasil pembacaan 0,1 inci sebesar 2,54 lbs dan 0,2 inci sebesar 262,95 lbs ditunjukkan padagrafik di atas.



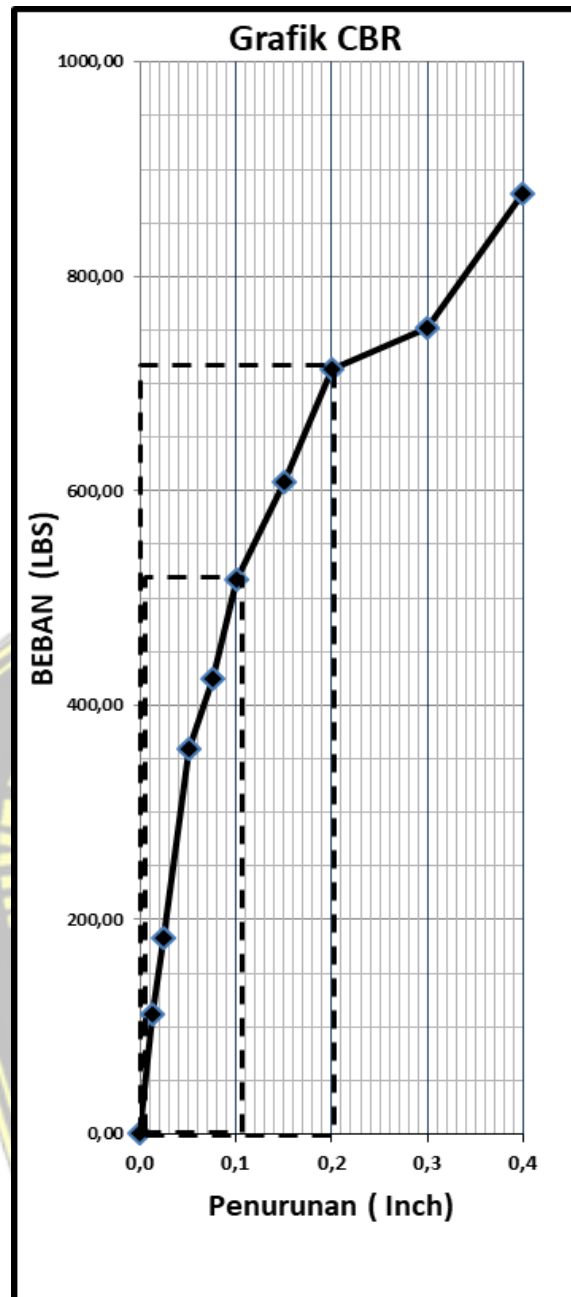
Gambar 4. 21 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 1

Hasil pembacaan dial 0,1 inci sebesar 253,56 lbs dan 0,2 inci sebesar 328,69 lbs ditunjukkan pada grafik di atas.



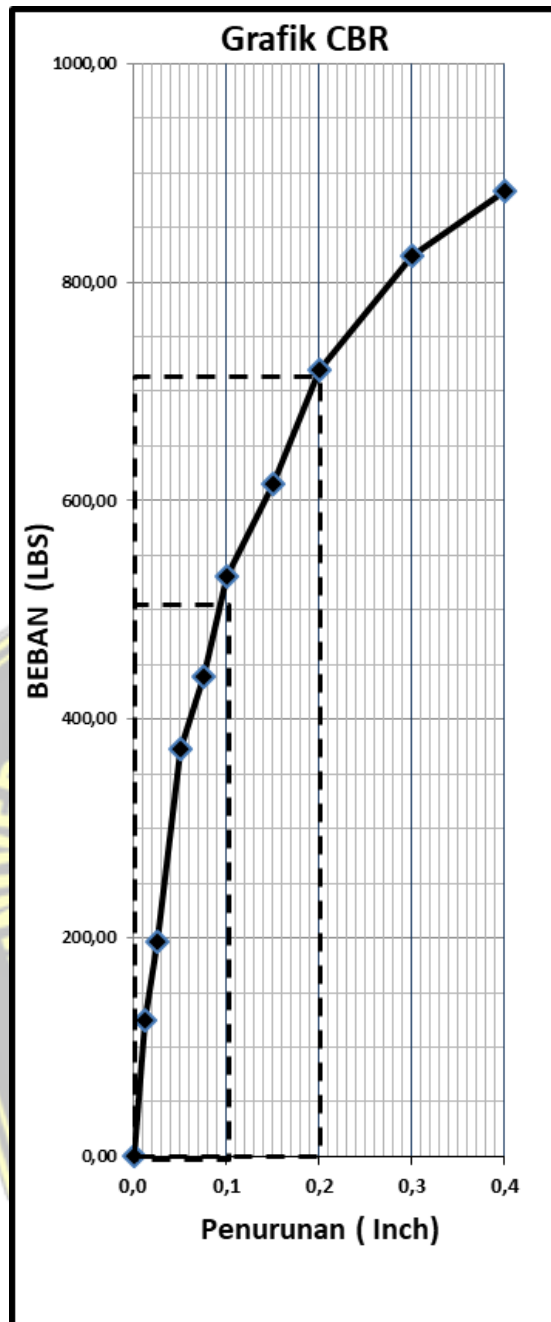
Gambar 4. 22 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 2

Hasil pembacaan dial 0,1 inci sebesar 281,73 lbs dan 0,2 inci sebesar 356,86 lbs ditunjukkan pada grafik di atas.



Gambar 4. 23 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 3

Hasil pembacaan dial dial 0,1 inci sebesar 366,25 lbs dan 0,2 inci sebesar 497,72 lbs ditunjukkan pada grafik di atas.



Gambar 4. 24 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran 4

Hasil pembacaan dial 0,1 inci sebesar 472,21 lbs dan 0,2 inci sebesar 629,62 lbs ditunjukkan pada grafik di atas

Menurut data yang dikumpulkan dari penetrasi tanah asli dan kombinasi slag baja, kapur Dengan melakukan perhitungan, harga CBR setiap sampel dapat dihitung.

Perhitungan yang dibuat untuk sampel tanah awal dapat ditemukan di sini :

1. Menghitung Penetrasi 0,1" (0,254)

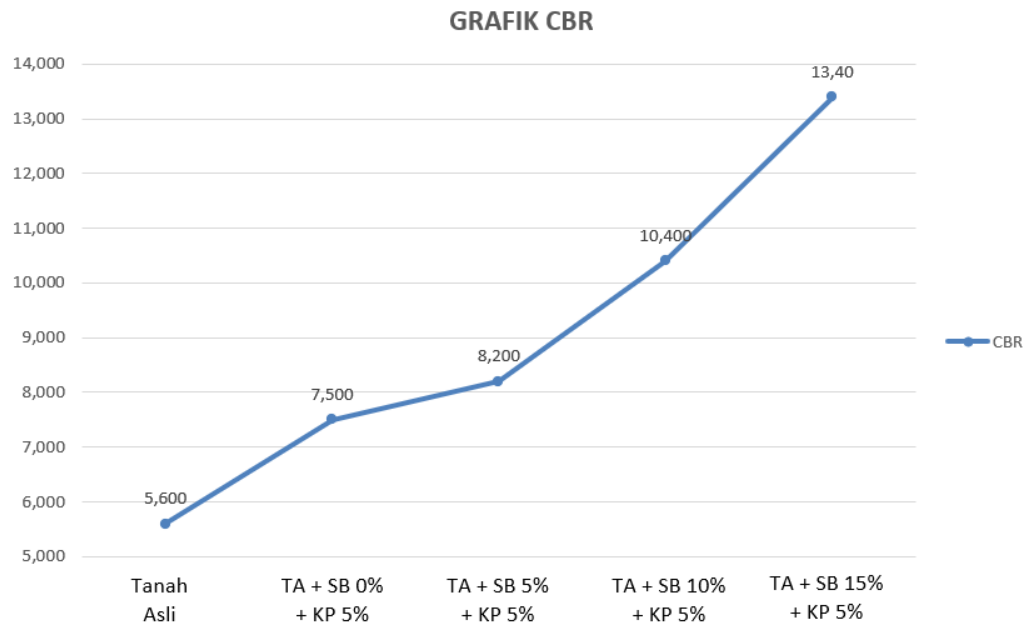
$$\begin{aligned} \text{CBR}(\%) &= \frac{P_1}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{187,82}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= 6,26 \end{aligned}$$

2. Menghitung Penetrasi 0,2" (0,508)

$$\begin{aligned} \text{CBR}(\%) &= \frac{P_2}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{262,95}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= 5,84 \end{aligned}$$

Tabel 4. 25 Harga CBR Tanah Asli dan Tanah Campuran Kapur dan kapur

Jenis Sampel	Beban Bawah Koreksi		Harga CBR	
	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Tanah Asli	187,8	262,95	6,26	5,84
Tanah Campuran 1	253,6	328,69	8,45	7,30
Tanah Campuran 2	281,7	356,86	9,39	7,93
Tanah Campuran 3	366,2	497,22	12,21	11,06
Tanah Campuran 4	472,2	629,62	15,74	13,99

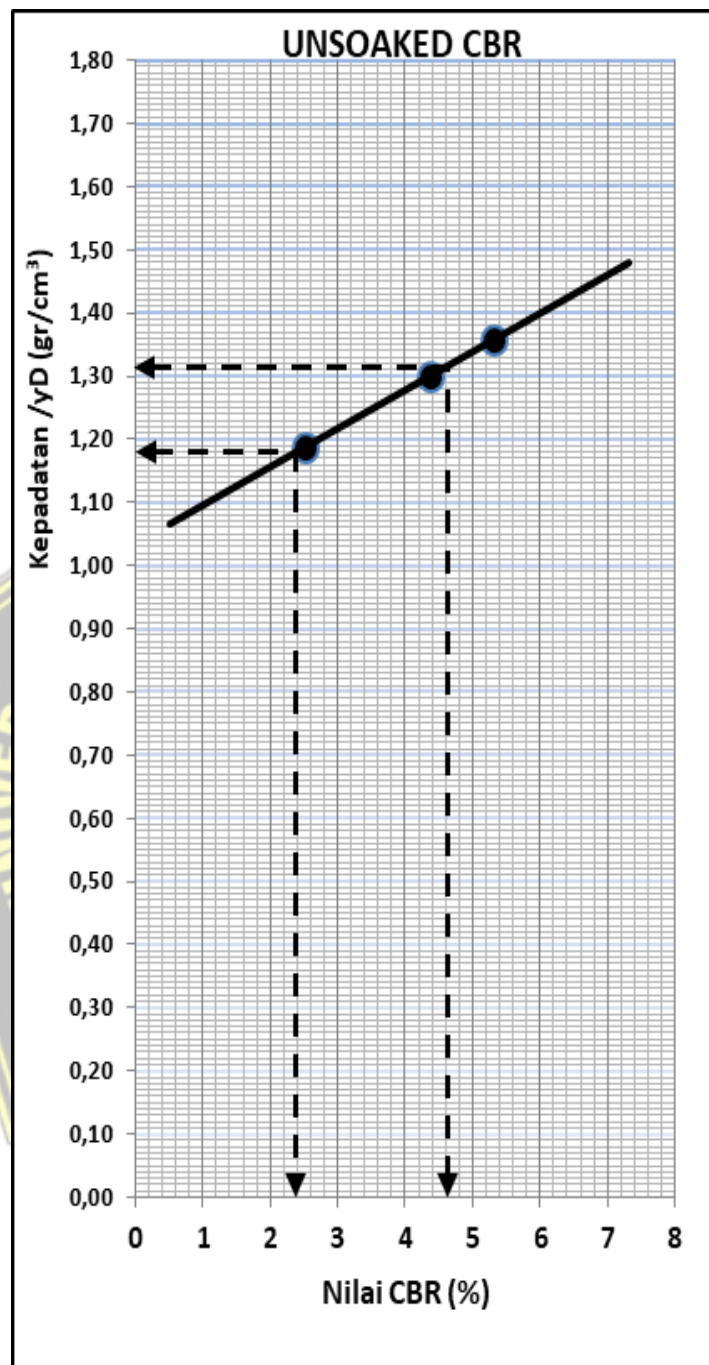


Gambar 4. 25 Grafik CBR

Berdasarkan Gambar 4.27, terlihat bahwa menambahkan slag baja dan Kapur maka semakin meningkat nilai CBR pada tanah tersebut memiliki daya dukung tanah yang semakin meningkat. Nilai CBR paling tinggi didapatkan di Tanah 5 yakni CBR 13,40% termasuk kategori sedang.

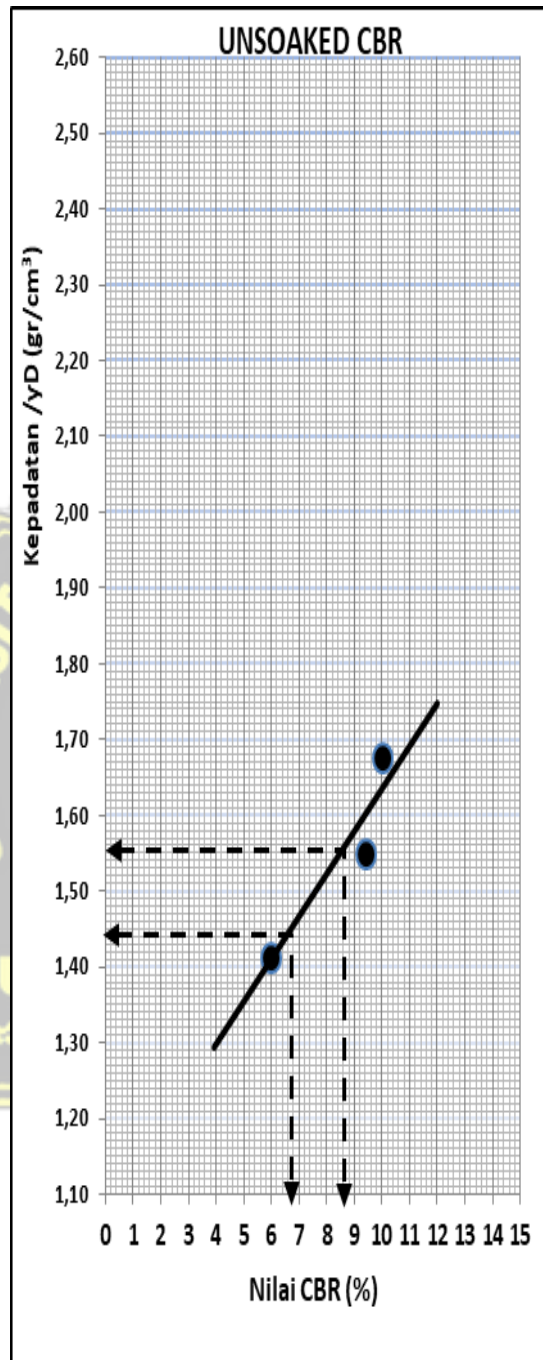
Tabel 4. 26 Nilai CBR Tanah Asli dan Tanah Campuran Slag baja dan Kapur

Jenis Sampel		UNSOAKED	
		100%	95%
Tanah Asli	Tanah asli 100%	5,60	4,59
Tanah Campuran 1	Tanah 95% + SB 0% + KP 5%	7,50	5,00
sTanah Campuran 2	Tanah 90% + SB 5% + KP 5%	8,20	5,20
Tanah Campuran 3	Tanah 85% + SB 10% + KP 50%	10,40	6,00
Tanah Campuran 4	Tanah 80% +SB 15% + KP 5%	13,40	8,00



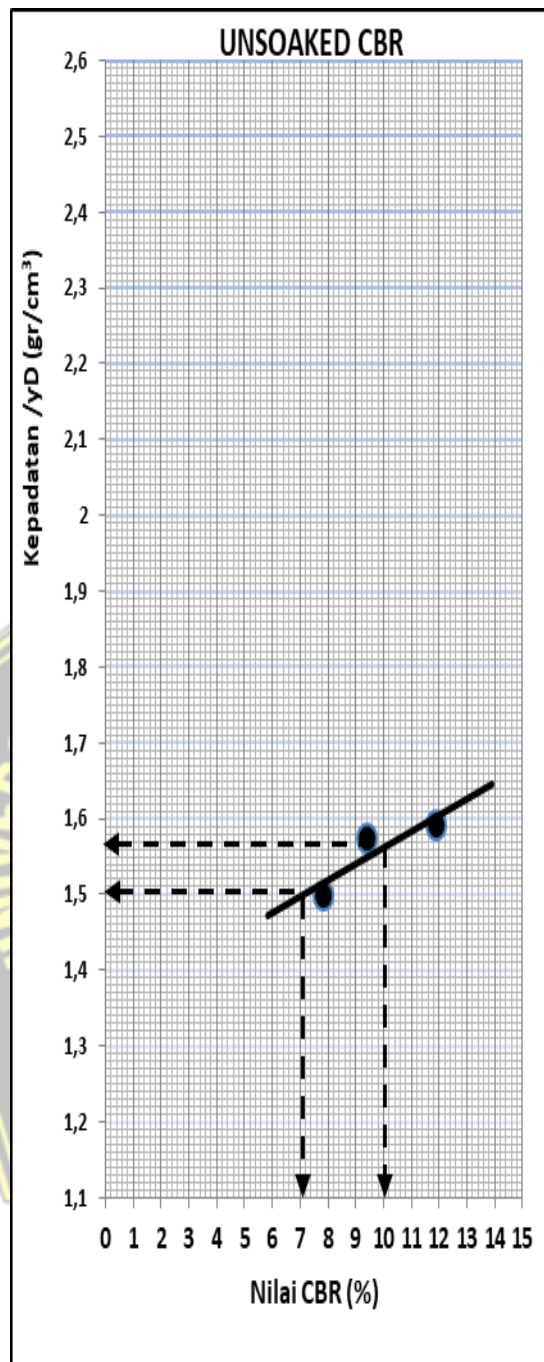
Gambar 4. 26 Grafik Nilai CBR Tanah Asli

Hasil pembacaan Nilai CBR 95% sebesar 4,59% dan Nilai CBR 100% sebesar 5,60% ditunjukkan pada grafik di atas



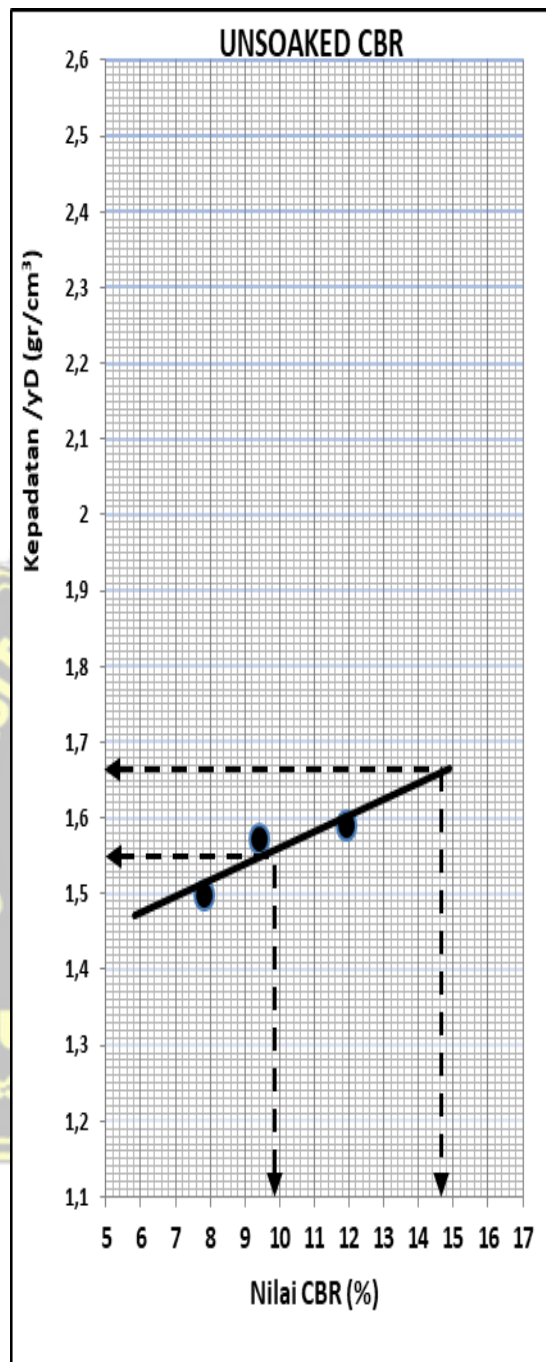
Gambar 4. 27 Grafik Nilai CBR Tanah campuran 1

Hasil pembacaan Nilai CBR 95% sebesar 5,00% dan Nilai CBR 100% sebesar 7,50% ditunjukkan pada grafik di atas



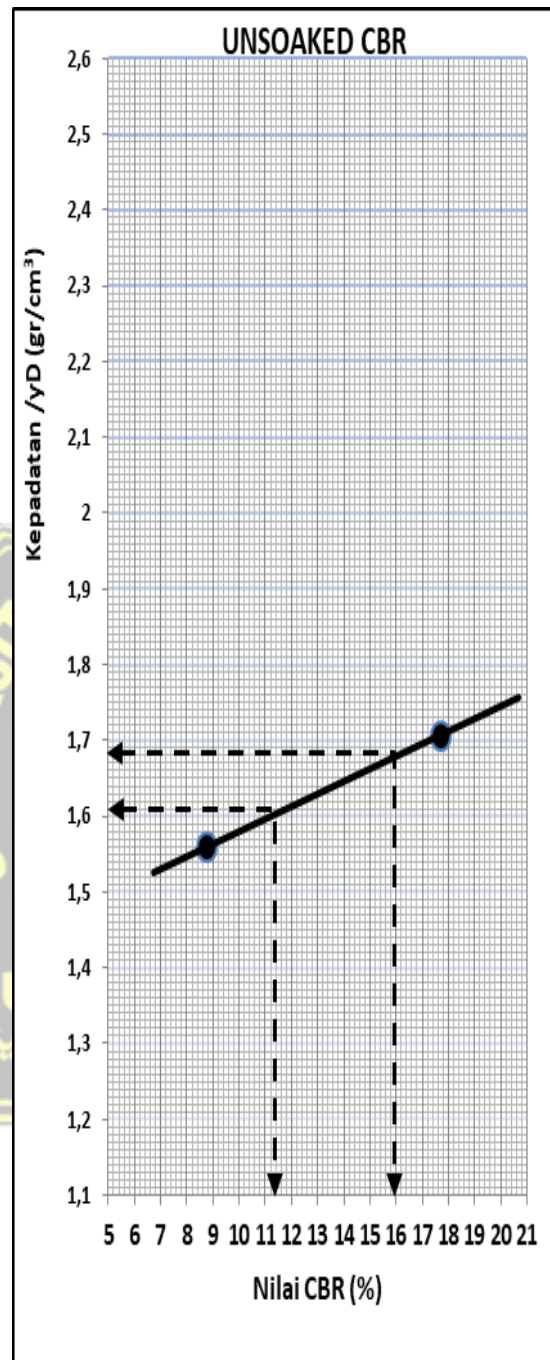
Gambar 4. 28 Grafik Nilai CBR Tanah campuran 2

Hasil pembacaan Nilai CBR 95% sebesar 5,20% dan Nilai CBR 100% sebesar 8,20% ditunjukkan pada grafik di atas



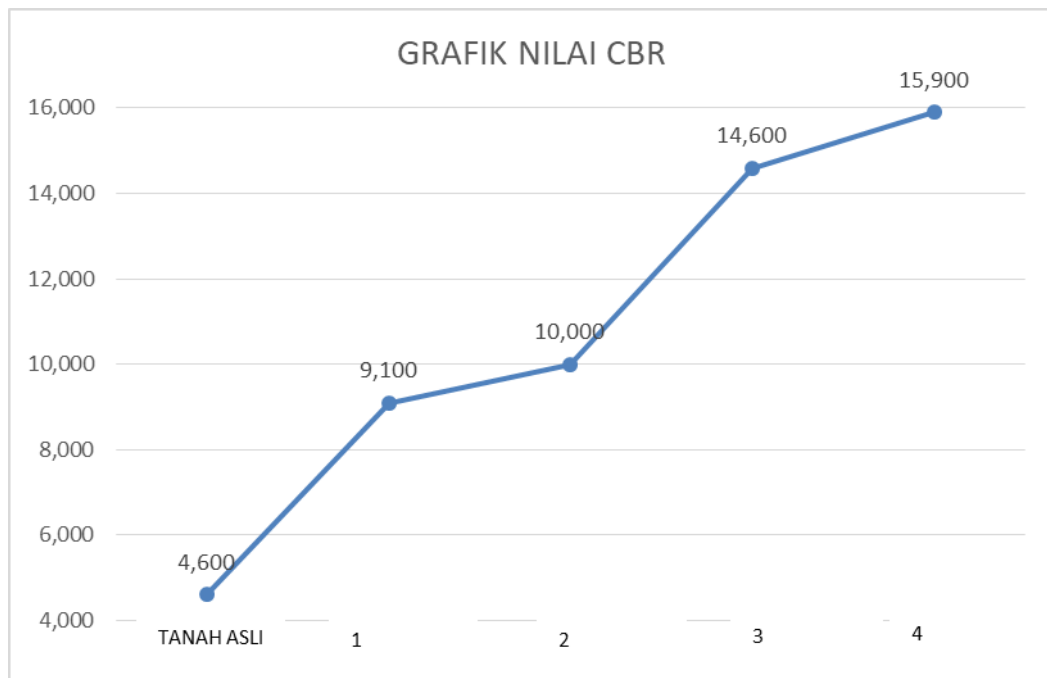
Gambar 4. 29 Grafik Nilai CBR Tanah campuran 3

Hasil pembacaan Nilai CBR 95% sebesar 6,00 % dan Nilai CBR 100% sebesar 10,40% ditunjukkan pada grafik di atas



Gambar 4. 30 Grafik Nilai CBR Tanah Campuran 4

Hasil pembacaan Nilai CBR 95% sebesar 8,00% dan Nilai CBR 100% sebesar 13,40% ditunjukkan pada grafik di atas



Gambar 4. 31 Grafik Nilai CBR

Dapat dilihat pada Gambar 4.33, bahwa menambahkan slag baja dan Kapur maka semakin meningkat nilai CBR pada tanah yang berarti itu daya dukung tersebut tanah menjadi semakin meningkat. Nilai CBR paling tinggi didapatkan di Tanah Campuran 4 yakni CBR 15,9% termasuk kategori sedang.

4.4. Akhir pembahasan

1 Atterberg Limit

Berdasarkan hasil Uji *Atterberg limit* dapat diketahui bahwa tanah yang distabilisasi menggunakan Kapur dan Kapur menunjukkan bahwa nilai IP tanah, semakin banyak diberikan campuran, nilai IP semakin menurun karena akibat dari peningkatan sifat tanah, yang berarti bahwa daya dukung tanah meningkat

2 *Direct Shear*

Nilai kohesi tanah yang tinggi ditemukan berdasarkan hasil uji *Direct shear* di presentase (Tanah Campuran 4) yakni 0,152 kg/cm². dan pada sudut geser nilai yang paling tinggi yakni pada presentase (Tanah

Campuran 4) yakni 25,05%.semakin tinggi nilai kohesi dan sudut geser maka semakin baik daya dukung tanahnya.

3. *Proctor Modified*

Dapat dilihat bahwa pada pengujian *Proctor Modified* jika nilai kadar air semakin menurun maka kondisi daya dukung tanahnya tinggi. Pengujian kali ini menunjukkan presentase nilai optimum 18,650%.adalah yang paling sedikit presentaseny

4. CBR

Dengan menambah Kapur dan Slag Baja maka akan makin meningkatkan nilai CBR dan menunjukan daya dukung pada tanah semakin baik, nilai CBR maksimal campuran (Tanah Campuran 4) dapat meningkat CBR 15,9% yang masuk dalam kategori sedang.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Setelah diuji pada laboratorium, sampel tanah asli yang diambil dari Pilangsari, Kec . Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah 59563, adalah jenis tanah lempung lunak, hal ini terlihat dari hasil uji properties tanah seperti pada hasil uji *direct shear* dimana nilai sudut geser dalam $17,901^{\circ}$, hasil uji CBR tanah asli 5,6 %, nilai (GS) 2,366 nilai indeks plastisitas (IP) 44,035 %, dan kadar air optimum(w_{opt}) 27,500%.
2. Hasil dari pengujian CBR, Proctor, Direct Shear, Atterberg Limit di laboratorium menunjukkan bahwa tanah asli dengan penambahan campuran slag baja dan kapur dapat meningkatkan nilai CBR, meningkatkan nilai γ_d Max , menaikkan nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah ,dan dapat menurunkan nilai pada Plastisitas indeks.
3. Hasil pengujian di laboratorium memberikan hasil yang berbeda untuk sampel tanah asli campuran slag baja dan kapur. Bisa dilihat dari nilai nilai CBR tanah asli 5,6% yang termasuk dalam kategori tanah buruk sampai sedang (3%-7%) dan saat di tambahkan kapur dan slag baja nilai maksimal CBR 13,40% yang termasuk dalam kategori tanah sedang (7%-20%) kesimpulan menambahkan slag baja dan kapur dapat meningkatkan daya dukung pada tanah .

5.2 Saran

1. Perbanyak jumlah sampel penelitian dengan persentase campuran tertentu yang selisih tiap sampelnya sedikit untuk mengetahui perbandingan perubahan hasil yang terjadi dan titik yang lebih optimum
2. Jika melakukan penelitian lebih lanjut maka dengan menambahkan bahan penstabil atau penyeimbang lain misal gypsum, arang atau bahan kimia lainnya akan mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.
3. Dalam pengolahan data sebaiknya secara benar dan teliti, karena dari hasil pengolahan data kita dapat mengerti apa yang kita teliti dan uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanti, T., & Andajani, N. (2014). Pengaruh Penambahan Limbah Baja (Slag) Pada Tanah Lempung di Daerah Babat Lamongan Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Test Tika. *T*, 3, 158–165.
- Arsyad, S., & Rustiadi, E. (2008). *Penyelamatan tanah, air, dan lingkungan*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Das, B. M. (1995). *Rekayasa Geoteknis*). Erlangga, 258.
- Irvan, R., Indra, F., & Rini, M. (2023). *Pengaruh Penambahan Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pengujian California Beraing Ratio (Cbr)*. 17(1), 53–57. <http://repo.bunghatta.ac.id/11276/>
- Iswardoyo, J. (2016). Studi Pemanfaatan Steel Slag Sebagai Bahan Bangunan Sabodam. *Studi Pemanfaatan Steel Slag Sebagai Bahan Bangunan SABODAM (Jati Iswardoyo)*, 7(2), 131–146. <https://jurnalth.pusair-pu.go.id/index.php/JTH/article/download/564/440>
- Karimah, M. A., Rachmansyah, A., & Suryo, E. A. (2014). *Pengaruh Penambahan Bahan Campuran Dengan Komposisi 75% Fly Ash dan 25% Slag Baja Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR dan Swelling*. Brawijaya University.
- Mega, I. M., Dibia, I. N., Ratna, I. G. P., & Kusmiyarti, T. B. (2010). Klasifikasi tanah dan kesesuaian lahan. *Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Denpasar. Hlm, 145*.
- Mulyono, T. (2022). *Klasifikasi Tanah*. March.
- Notohadiprawiro, T. (1998). Tanah dan lingkungan. *Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan. Jakarta, 237*.
- Nurmaidah, N. (2022). PENAMBAHAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG UNTUK PERKERASAN JALAN RAYA. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 6(2), 148–158.

- Rayes, M. L. (2017). *Morfologi dan klasifikasi tanah*. Universitas Brawijaya Press.
- Simanjuntak, M. R. A., Lubis, K., & Rangkuti, N. M. (2017). Stabilization of Clay Lands with Coastal Sand Mixes on CBR Value. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 1(September), 96–104.
- Soehardi, F. (2017). Pengaruh Waktu Pemeraman Stabilisasi Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 3(1), 1–9.
<https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/364%0Ahttps://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/download/364/253>
- Susanto, A., Monico, K., & Renaningsih, R. (2022). Tinjauan Kuat Dukung Tanah Lempung Bayat–Klaten dengan Bahan Stabilisasi Slag Baja. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 1(1), 37–45.
- Tumpu, M., Mansyur, M., Sembilanbelas, U., Kolaka, N., Munar, A., Muhammadiyah, U., Utara, S., & Syuhada, S. (2024). *Dasar mekanika tanah* (Issue December).

