

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA DAN LIMBAH *GYP SUM* TERHADAP STABILITAS TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

(Studi Kasus : Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan,
Provinsi Jawa Tengah)

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung Semarang**



**Mauriska Roshadewi
30.2017.00.099**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
SEMARANG**

2021



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

I. Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.500 Semarang 50112
e-mail : ft@unissula.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA
DAN LIMBAH GYPSUM TERHADAP STABILITAS
TANAH LEMPUNG EKSPANSIF**

**(Studi Kasus : Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan,
Jawa Tengah)**

Oleh :



**Mauriska Roshadewi
30.2017.00.099**

Telah disetujui dan disahkan di Semarang tanggal..... Desember 2021

Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Lisa Fitriyana, ST., M.Eng)

(Selvia Agustina, ST, M. Eng)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNISSULA

(M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng)



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

Jl. Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.500 Semarang 50112
e-mail : ft@unissula.ac.id

**BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
No. 03 / A.3 / SA-T / XI / 2021**

Pada hari ini, Senin, tanggal 28 Maret 2021 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen pembimbing I
2. Nama : Selvia Agustina, ST., M.Eng
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi:

1. Nama : Mauriska Roshadewi
Judul : " Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum* Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif "

Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	27 September 2021	-
2	Pengumpulan Data	29 September 2021	-
3	Penyusunan Laporan	30 September 2021	-
4	Selesai Laporan	24 Desember 2021	Acc

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

Dosen Pembimbing I

(Lisa Fitriyana, ST., M.Eng)

Dosen Pembimbing II

(Selvia Agustina, ST., M.Eng)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

(M Rusli Ahyar, ST., M.Eng)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mauriska Roshadewi

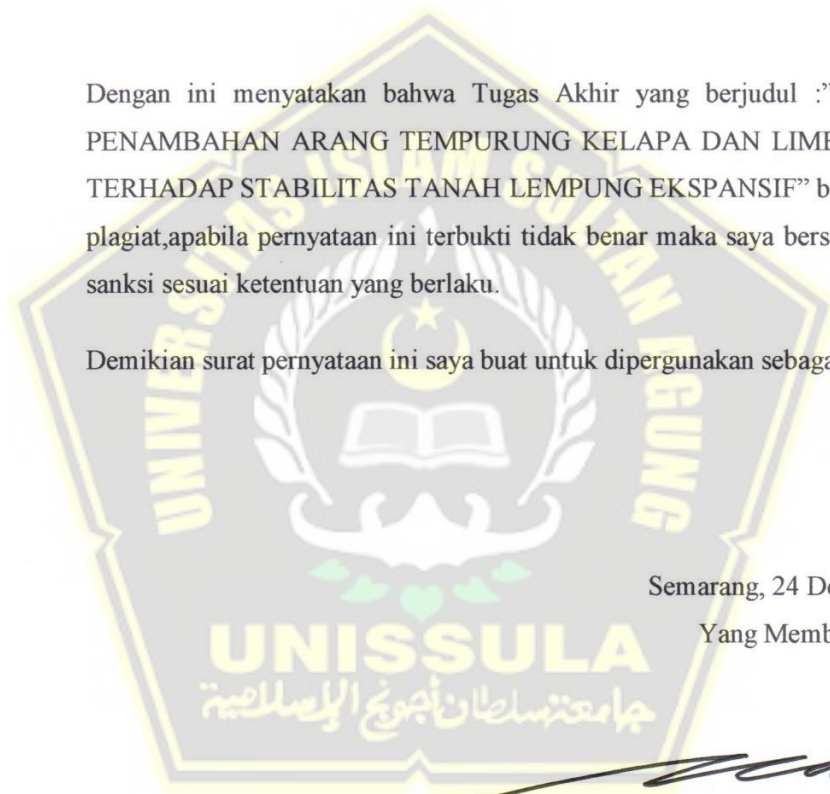
NIM 30201700099

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :” PENGARUH PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA DAN LIMBAH *GYP SUM* TERHADAP STABILITAS TANAH LEMPUNG EKSPANSIF” benar bebas dari plagiat,apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana adanya.

Semarang, 24 Desember 2021

Yang Membuat Pernyataan



Mauriska Roshadewi

Mauriska Roshadewi

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mauriska Roshadewi

NIM : 30201700099

Judul : PENGARUH PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA
DAN LIMBAH *GYP SUM* TERHADAP STABILITAS TANAH
LEMPUNG EKSPANSIF

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencampurkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung.

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 24 Desember 2021

Yang Membuat Pernyataan



Mauriska Roshadewi

MOTTO

عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَم

“Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya. (QS. Al Alaq ayat 5)”

“Dengan ilmu, seseorang akan menjadi orang sukses yang mampu memanfaatkannya untuk kebaikan dan hal bermanfaat.”

Mauriska Roshadewi



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Suroso dan Ibu Nunuk Kristiyani yang senantiasa selalu memberikan doa, kasih sayang, dorongan motivasi, semangat dan dukungan secara moral dan materiil.
2. Adik saya tercinta, Dwiky Ilham Rochmano Rosalvian yang selalu memberikan saya support, dorongan dan motivasi.
3. Wali Dosen saya bapak Ari Sentani, ST., M.Sc yang telah memberikan semangat.
4. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ibu Lisa Fitriyana, ST, M. Eng dan Selvia Agustina, ST., M.Eng yang telah membimbing saya sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
6. Laboratorium Geoteknik dan jajarannya (Bapak Ripto dan Bapak Tardi) yang telah membantu saya selama masa penelitian dan pengolahan data.
7. Saudara Muhamad Lutfi Hakim dan keluarga yang selalu memberikan semangat dan doa serta selalu membantu saya.
8. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2017

MAURISKA ROSHADEWI

ABSTRAK

Oleh :

Mauriska Roshadewi ¹⁾,

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng. ²⁾, Selvia Agustina, ST., M.Eng ²⁾

Tanah merupakan komponen penting dalam mendirikan sebuah bangunan konstruksi. Tanah di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah dikenal dengan tanahnya yang ekspansif tinggi dan mempunyai potensi pengembangan yang tinggi. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan kadar air. Untuk mencegah kerusakan pada bangunan dilakukan stabilisasi tanah dengan campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* untuk mengetahui prosentase maksimum dari pengaruh penambahan campuran tersebut.

Dalam penelitian ini, menggunakan metode stabilisasi tanah secara kimiawi dengan mencampurkan tanah asli dengan menambahkan bahan campuran arang tempurung kelapa dan campuran serbuk limbah *gypsum* sebagai pembandingnya dengan presentase 6%, 10%, dan 14%. Serta campuran arang tempurung kelapa ditambah limbah *gypsum* dengan presentase 3%+3%, 5%+5%, dan 7%+7%. Jenis pengujian di laboratorium meliputi uji kadar air, berat jenis, analisa saringan, *atterberg limit*, *direct shear*, proktor modifikasi, dan CBR.

Hasil yang diperoleh dari pengujian dilaboratorium didapatkan uji CBR mengalami peningkatan dari 8,025% menjadi 14,51% pada campuran 7%+7%. Dari hasil uji geser tanah langsung menunjukkan peningkatan pada nilai kohesi tanah dari 0.36 kPa menjadi 0.32 kPa pada campuran 7%+7%. Sedangkan sudut geser dalam mengalami peningkatan dari 28,34° menjadi 37,72° pada campuran 7%+7%.

Kata Kunci : Stabilisasi, Ekspansif, Arang Tempurung Kelapa, Limbah *Gypsum*

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

²⁾ Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

ABSTRACT

By :

Mauriska Roshadewi ¹⁾,

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng. ²⁾, Selvia Agustina, ST., M.Eng ²⁾

Soil is an important component in establishing a construction building. Soil in Kuaron village, Gubug Subdistrict, Grobogan Regency, Central Java Province is known for its high expansive soil and high development potential. Expansive clay is soil that has a high level of sensitivity to changes in water content. To prevent damage to the building, soil stabilization was carried out with a mixture of coconut shell charcoal and *gypsum* waste to determine the maximum percentage of the effect of the mixture.

In this study, using a chemical soil stabilization method by mixing the original soil by adding a mixture of coconut shell charcoal and a mixture of *gypsum* waste powder as a comparison with a percentage of 6%, 10%, and 14%. And a mixture of coconut shell charcoal plus *gypsum* waste with a percentage of 3% + 3%, 5% + 5%, and 7% + 7%. Types of testing include tests for moisture content, specific gravity, sieve analysis, *atterberg limit*, *direct shear*, modified proctor, and CBR.

The result obtained from laboratory tests showed that the CBR test increased from 8,025% to 14.51% in a mixture of 7%+7%. From the direct soil shear test results showed an increase in the value of soil cohesion from 0.36 kPa to 0.32 kPa at a mixture of 7%+7%. Meanwhile, the internal shear angle increased from 28.34° to 37.72° at a mixture of 7%+7%.

Key Word: Stabilization, Shear Stregth, CBR

¹⁾ Civil Engineering Student of Sultan Agung Islamic University Semarang

²⁾ Lecturer in Civil Engineering at Sultan Agung Islamic University Semarang

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif “ guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., PhD selaku Dekan Fakultas Teknik UNISSULA.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan segala bantuan dan dukungan.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST, M. Eng selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Selvia Agustina, ST, M. Eng selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang , 24 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	xix
DAFTAR SINGKATAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Peta Lokasi Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Tanah.....	6
2.2 Tanah Lempung.....	7
2.3 Sifat Umum Mineral Lempung.....	8
2.3.1 Aktifitas Lempung.....	8
2.3.2 Pengaruh Air Pada Lempung.....	8

2.4	Material Penyusun Tanah.....	9
2.5	Tanah Ekspansif.....	10
2.6	Klasifikasi Tanah	10
	2.6.1 Klasifikasi Tanah AAHSTO	11
	2.6.2 Klasifikasi Tanah USCS	13
2.7	Sifat Fisik Tanah	15
	2.7.1 Kadar Air (w).....	15
	2.7.2 Berat Jenis Tanah (Gs).....	16
	2.7.3 Analisa Butiran Tanah.....	16
	2.7.4 Batas – Batas <i>Atterberg</i>	18
2.8	Sifat Mekanik Tanah	21
	2.8.1 Pemadatan Tanah	21
	2.8.2 Kuat Geser Tanah.....	21
2.9	Stabilisasi Tanah.....	24
	2.9.1 Stabilisasi Tanah Dengan Arang Tempurung Kelapa.....	25
	2.9.2 Stabilisasi Tanah Dengan Limbah <i>Gypsum</i>	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Pengertian Umum	27
3.2	Pekerjaan Persiapan	30
3.3	Langkah – Langkah Pengujian.....	32
	3.3.1 Kadar Air.....	32
	3.3.2 Berat Jenis Tanah.....	33
	3.3.3 Analisa Saringan	34
	3.3.4 <i>Atterberg Limit</i>	35
	3.3.5 CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).....	38
	3.3.6 <i>Direct Shear</i>	39
	3.3.7 Proktor Modifikasi	40
3.4	Analisa Data Laboratorium	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Klasifikasi Tanah Ekspansif.....	42
4.2	Hasil Analisa Perkuatan Tanah Dengan Arang	

Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i>	45
4.2.1 Kadar Air.....	45
4.2.2 Berat Jenis Tanah	47
4.2.3 <i>Atterberg Limit</i>	48
4.2.4 <i>Direct Shear</i>	50
4.2.5 Proctor Modifikasi	58
4.2.6 CBR (<i>Unsoaked</i>).....	67
BAB V PENUTUP	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Nilai Aktivitan Mineral Lempung.....	8
Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Untuk Lapisan Tanah Dasar	12
Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS.....	14
Tabel 2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan maca tanah.....	19
Tabel 3.1 Komposisi Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i>	27
Tabel 4.1 Hasil Laboratorium Tanah Asli.....	42
Tabel 4.2 Hubungan Potensi Pengembangan Dan PI (Chen,1998)	43
Tabel 4.3 Perkiraan Derajat Dan Persen Pengembangan Berdasarkan IP (ASTM D- 1998)	44
Tabel 4.4 Derajat Plastisitas Tanah Berdasarkan Batas Cair (Chen,1975).....	44
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Kadar Air Sempel Tanah Campuran	45
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Piknometer Tanah Campuran.....	47
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Atterberg Limit Tanah Campuran.....	48
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Direct Shear.....	50
Tabel 4.9 Hasil Penggambaran Grafik Direct Shear Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i>	56
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Asli.....	59
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	59
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i>	60
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i>	60
Tabel 4.14 Hasil Proktor Modifikasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i>	66
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan CBR <i>Unsoaked</i>	68
Tabel 4.16 Data Penetrasi Sampel Tanah Asli.....	69

Tabel 4.17 Data Penetrasi Sampel Tanah Arang Tempurung Kelapa ..	69
Tabel 4.18 Data Pentrasi Sampel Tanah Limbah Gypsum	70
Tabel 4.19 Data Pentrasi Sampel Tanah Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i>	70
Tabel 4.20 Harga CBR	81

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	4
Gambar 2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur Oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)	11
Gambar 2.2 Rentan dari Batas Cair(LL)dan Indeks Plastisitas(IP).....	13
Gambar 2.3 Nilai Indeks Plastisitas dan jenis tanah	20
Gambar 2.4 Alat Uji Proktor Standar.....	22
Gambar 2.5 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering	22
Gambar 2.6 Skema Uji Geser Langsung Tanah	24
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	29
Gambar 3.2 Sampel Tanah.....	30
Gambar 3.3 Sampel Arang Tempurung Kelapa.....	31
Gambar 3.4 Limbah Gypsum	31
Gambar 3.5 Sampel Kadar Air	32
Gambar 3.6 Piknometer	33
Gambar 3.7 Susunan Saringan Dan Penggetar	34
Gambar 3.8 Gelas Ukur dan Hidrometer	35
Gambar 3.9 Cassagrande.....	37
Gambar 3.10 Direct Shear Test.....	40
Gambar 3.11 Proctor Modified	41
Gambar 4.1 Grafik Kadar Air	46
Gambar 4.2 Grafik Berat Jenis Tanah.....	48
Gambar 4.3 Grafik Indeks Plastisitas.....	49
Gambar 4.4 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Asli.....	51
Gambar 4.5 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 6%.....	52
Gambar 4.6 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 10%	52
Gambar 4.7 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 14%	53

Gambar 4.8 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 6%	53
Gambar 4.9. Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 10%.....	54
Gambar 4.10 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 14%.....	54
Gambar 4.11 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Limbah <i>Gypsum</i> 6%	55
Gambar 4.12 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Limbah <i>Gypsum</i> 10%	55
Gambar 4.13 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Limbah <i>Gypsum</i> 14%	56
Gambar 4.14 Grafik Nilai Kohesi Tanah	57
Gambar 4.15 Grafik Sudut Geser Dalam Tanah	58
Gambar 4.16 Grafik Wopt Sampel Tanah Asli	61
Gambar 4.17 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 6%	61
Gambar 4.18 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 10%	62
Gambar 4.19 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 14%	62
Gambar 4.20 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 6%.....	63
Gambar 4.21 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 10%	63
Gambar 4.22 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 14%	64
Gambar 4.23 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i> 6%	64
Gambar 4.24 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i> 10%	65

Gambar 4.25 Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i> 14%	65
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Berat Volume Kering (yk)	66
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Kadar Air Optimum (Wopt).....	67
Gambar 4.28 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli Tumbukan 56 Kali	71
Gambar 4.29 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 6% Tumbukan 56 Kali	72
Gambar 4.30 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 10% Tumbukan 56 Kali	73
Gambar 4.31 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 14% Tumbukan 56 Kali.....	74
Gambar 4.32 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 6% Tumbukan 56 Kali	75
Gambar 4.33 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 10% Tumbukan 56 Kali	76
Gambar 4.34 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Limbah <i>Gypsum</i> 14% Tumbukan 56 Kali.....	77
Gambar 4.35 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i> 6% Tumbukan 56 Kali	78
Gambar 4.36 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran ArangTempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i> 10% Tumbukan 56 Kali	79
Gamba 4.37 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah <i>Gypsum</i> 14% Tumbukan 56 Kali....	80
Gambar 4.38 Grafik Hasil Nilai CBR	82

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

A	[m ²]	Luas
D	[m]	Diameter
c	[kg/cm ²]	Kohesi
Cv	[cm ² /s]	Koefisien konsolidasi
w	[%]	Kadar air
Gs	[-]	Harga berat jenis butiran tanah
e	[-]	Angka pori
σ_n	[kg/cm ²]	Tegangan normal
σ_s	[kg/cm ²]	Tegangan geser
ϕ	[°]	Sudut geser
γ_k	[gr/cm ³]	Berat isi tanah kering
n	[%]	Kadar pori
γ_b	[gr/cm ³]	Berat isi tanah basah
HAP	[-]	Harga air piknometer
T	[°]	Suhu
KL	[%]	Kadar lumpur
t	[s]	Waktu
GI	[-]	Indeks grup
PL	[%]	Plastic limit
LL	[%]	Liquid limit

Ca	[-]	Kapur
P	[-]	Beban normal
F	[-]	Luas penampang
Z	[-]	Luas penampang
N	[-]	Beban normal
PI	[%]	Indeks plastisitas
SI	[%]	Batas susut
Ac	[-]	Tingkat keaktifan
CF	[%]	Presentase fraksi lempung
σ'	[kN/m ²]	Tegangan efektif
T	[Pa]	Tegangan geser
CaSO ₄ 2H ₂ O	[-]	Calcium Sulfat (Gypsum)

DAFTAR SINGKATAN

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
CH	: Clay high plasticity
PI	: Indeks plastisitas
ZAV	: Zero Air Void
LL	: Liquid limit
PL	: Plastic limit
HAP	: Harga air piknometer
KL	: Kadar lumpur

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan kumpulan – kumpulan dari bagian – bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga- rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef,1994). Tanah dapat didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya,yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh karbonat dan oksida yang tersenyawa diantara partikel tersebut,atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik. Bila hasil dari pelapukan tersebut berada pada tempat semula maka bagian ini disebut sebagai tanah sisa (residu soil).

Dalam konstruksi di bidang sipil tanah memiliki peran yang sangat penting untuk menunjang sebuah konstruksi. Namun tidak semua tanah memiliki daya dukung yang baik dalam bidang konstruksi. Tanah memiliki pengaruh yang besar dalam perencanaan suatu konstruksi bangunan yang ada di atasnya. Salah satu jenis tanah yang memiliki masalah dalam konstruksi adalah tanah lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan kadar air. Hal tersebut bisa ditangani dengan cara stabilitas tanah.

Stabilisasi tanah merupakan usaha untuk memperbaiki sifat tanah secara teknis dengan menggunakan bahan-bahan tertentu. Pekerjaan ini umumnya dilakukan dengan mencampur tanah dengan jenis tanah yang lain sehingga gradasi yang diinginkan bias didapatkan. Selain itu, pencampuran tanah juga dapat dilakukan dengan menggunakan bahan – bahan buatan pabrik agar sifat-sifat teknis dari tanah bisa lebih baik.

Stabilisasi tanah merupakan suatu penyusunan kembali butir-butir tanah agar lebih rapat dan saling mengunci, mempunyai tujuan utama untuk mengubah sifat teknis tanah itu sendiri. Sifat teknis yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi agar maksimal sebagai berikut: kapasitas dukung tanah, permeabilitas, sensitifitasnya terhadap kadar air yang berubah, kuat geser tanah, serta potensi perkembangannya dan lain sebagainya. Agar bisa mencapai tujuan tersebut, proses stabilisasi ini dapat dilakukan dengan cara mencampurkan tanah dengan bahan tertentu.

Dalam stabilisasi tanah terdapat dua cara umum yang biasa dilakukan untuk menstabilkan tanah, yang pertama secara mekanis dan yang kedua dengan penambahan bahan tertentu (kimiawi) agar dapat lebih baik memenuhi syarat. Dalam penelitian ini menggunakan cara kimiawi dimana mencampurkan dan menambahkan arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* dengan perbandingan yang tepat sehingga meningkatkan sifat tanah dan membuatnya lebih kuat.

Tempurung kelapa merupakan bagian dari buah kelapa yang terletak paling dalam dan berbatasan dengan biji (*endocarp*), bersifat keras. Tempurung kelapa biasanya dibakar bahkan terbuang menjadi sampah, dan masih sangat jarang sekali untuk diolah kembali. Indonesia merupakan salah satu negara tropis sehingga ketersediaanya yang cukup besar. Arang tempurung kelapa dapat memperbaiki sirkulasi air dan udara, sebagai media yang dapat mengikat karbon, dan dapat mengurangi pengembangan (*swelling*) pada tanah. Alasan digunakannya arang tempurung kelapa yaitu untuk mengurangi limbah dari tempurung kelapa yang terbuang didaerah tempat tinggal saya dimana tempurung kelapa terbuang begitu saja menjadi limbah sampah. Selain dapat mengurangi limbah yang terbuang, *gypsum* juga memiliki sifat menyerap air sehingga kadar air yang terdapat dalam lempung dapat terserap oleh *gypsum*. *Gypsum* mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah. Dan juga sebagai penambahan perkerasan untuk bahan bangunan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Apakah tanah di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah termasuk klasifikasi tanah lempung ekspansif?
2. Berapa prosentase campuran maksimum terhadap stabilitas tanah pada tanah lempung ekspansif?
3. Bagaimana pengaruh arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* terhadap nilai CBR dan kuat geser tanah lempung di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan dalam penelitian ini:

1. Mengetahui jenis tanah yang berada di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah
2. Mengetahui prosentase maksimum tanah yang telah dicampuri arang tempurung kelapa dan serbuk limbah *gypsum* pada tanah lempung ekspansif.
3. Mengetahui pengaruh penambahan arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* terhadap stabilitas tanah.

1.4 Batasan Penelitian

Pada penelitian Tugas Akhir ini terdapat Rumusan masalah sebagai berikut :

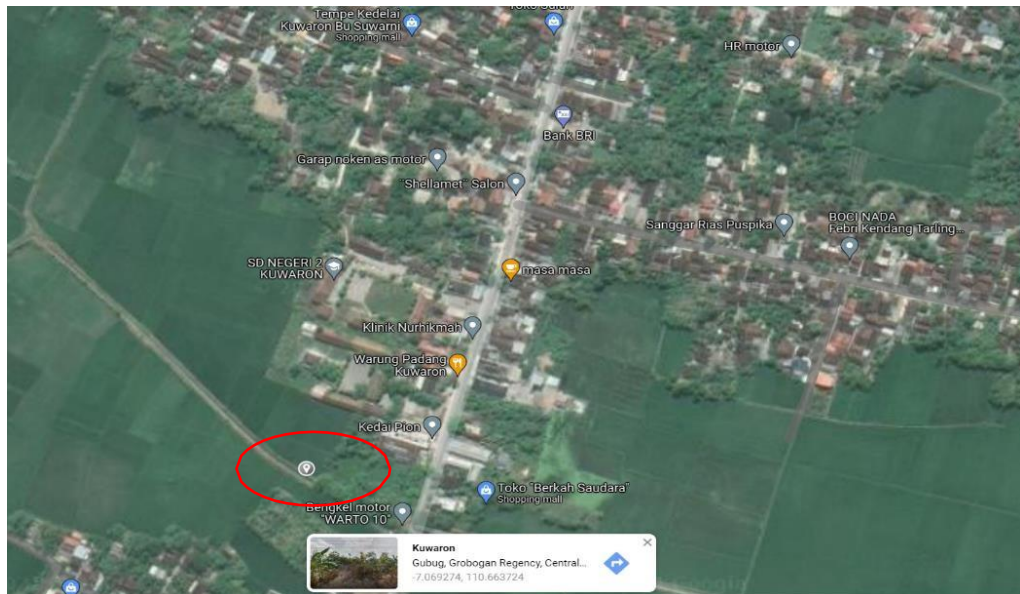
1. Pengambilan sampel tanah yang terdapat di kedalaman 1 m diatas permukaan tanah yang berada di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.
2. Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan serbuk limbah *gypsum* pada sampel tanah.
3. Memperoleh nilai kuat geser yang didapatkan dari pengujian Direct Shear Test.
4. Memperoleh nilai pengembangan yang diperoleh dari uji *California Bearing Ratio*(CBR).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan pemahaman ilmu tentang mekanika tanah berdasarkan pengujian yang sudah dilaksanakan di laboratorium.
2. Menghemat biaya yang diperlukan dalam perbaikan tanah lempung.
3. Menurunkan banyaknya serbuk limbah *gypsum* yang terbuang.
4. Mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan arang tempurung kelapa dan serbuk limbah *gypsum*.
5. Dapat digunakan acuan dan masukan untuk pihak –pihak yang akan melakukan penelitian tentang stabilitas tanah lempung ekspansif dengan menambahkan arang tempurung kelapa dan serbuk limbah *gypsum*.

1.6 Peta Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Sampel tanah yang dalam penelitian ini berada di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Tempat Pengambilan Sempel Tanah di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk menuntun dan memfokuskan penyusun dalam menulis laporan Tugas Akhir agar mengefektifkan waktu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Tanah

Tanah merupakan benda alami yang terdapat di permukaan bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan dan bahan organik “pelapukan sisa tumbuhan dan hewan” yang merupakan medium pertumbuhan tanaman dengan sifat-sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari factor-faktor alami, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan (E.Saifudin Sarief, 1986)

Menurut Jooffe dan Marbut (1949) tanah adalah tubuh alam yang terbentuk dan berkembang sebagai akibat bekerjanya gaya-gaya alam terhadap bahan-bahan alam dipermukaan bumi. Tubuh alam ini dapat berdiferensiasi membentuk horizon-horizon mineral maupun organik yang kedalamannya beragam dan berbeda-beda sifat-sifatnya dengan bahan induk yang terletak dibawahnya dalam hal morfologi, komposisi kimia, sifat-sifat fisik maupun kehidupan biologinya.

Menurut Schoeder (1972) mendefinisikan tanah sebagai suatu tiga fase yang mengandung air, udara, dan bahan-bahan mineral dan organik serta jasad-jasad hidup, yang karena pengaruh berbagai factor lingkungan pada permukaan bumi dan kurun waktu, membentuk berbagai hasil perubahan yang memiliki ciri-ciri morfologi yang khas, sehingga berperan sebagai tempat tumbuh bermacam-macam tanaman.

Bowles (1984), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*) merupakan serpihan batuan yang besar, biasanya mempunyai ukuran lebih besar dari 250 mm hingga 300mm dan ukuran 150mm hingga 250mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*pobbles/cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*) merupakan komponen batuan berukuran 5 hingga 150mm.
3. Pasir (*sand*) merupakan partikel bebatuan yang berukuran 0,0074mm hingga 5mm, yang berkisar kasar ukuran 3mm hingga 5mm hingga halus ukuran kurang dari 1mm.

4. Lanau (*silt*) yaitu partikel bebatuan yang berukuran 0,002mm hingga 0,0074mm.
5. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002mm yang merupakan penyebab utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*) yaitu partikel mineral yang tidak bergerak dan berukuran lebih kecil dari 0,001mm.

Bowles (1991) menjelaskan jika butiran-butiran tanah terpisah setelah dikeringkan dan tanah merekat pada saat keadaan basah berakibat gaya Tarik permukaan di dalam air, maka tanah tersebut tak kohesif. Tanah kohesif mempunyai sifat tak plastis atau berbentuk cairan kental yang bergantung pada nilai kadar air dan tidak mempunyai garis batas antara dalam keadaan plasis dan tak plasis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai pada kadar air.

2.2. Tanah Lempung

Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0.002 mm, yang disebut mineral lempung. Tanah lempung pada dasarnya merupakan sebuah partikel mineral yang mempunyai kerangka dasar silikat yang mempunyai ukuran sangat kecil, yakni berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika tetrahendra dan aluminium oktahendra (Hary Christady Hardiyatmo, 2012).

Lempung memiliki sifat plastis pada keadaan air sedang sampai tinggi, kondisi tertentu saat kering lempung akan bersifat sangat keras dan tidak mudah terkelupas. Permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat lengket pada kadar air yang tinggi. Lempung organik adalah lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi oleh adanya bahan organik yang terpisah. Dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel, tapi dalam keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Pada umumnya berwarna abu-abu tua atau hitam, terkadang berbau mencolok.

Tanah lempung merupakan jenis tanah yang banyak mengandung leburan aluminium atau silika yang sangat halus. Selain itu, tanah lempung ini juga mengandung beberapa unsur lain, seperti silikon dan juga oksigen.

2.3. Sifat Umum Mineral Lempung

Menurut (E. Sutarman, 2013), mineral-mineral pada tanah lempung umumnya memiliki sifat-sifat:

2.3.1. Aktivitas Lempung

Lempung mempunyai daya netto negative pada tepi-tepi mineralnya sehingga mengakibatkan usaha penyeimbang dengan tarikan kation dan proporsional terhadap kekurangan daya netto yang dapat dihubungkan dengan aktivitas dari lempung, dengan persamaan: Nilai khas aktivitas dari mineral lempung ditunjukkan oleh.

Tabel 2.1 Nilai Aktivitan Mineral Lempung

Mineral	Aktivitas
<i>Kalinite</i>	0,3 – 0,5
<i>Illite</i>	0,5 – 1,2
<i>Montmorillonite</i>	1,5 – 7,0
<i>Halloysite (terhidrasi)</i>	0,1 – 0,2
<i>Holloysite (tidak terhidrasi)</i>	0,4 – 0,6
<i>Attapulgit</i>	0,4 – 1,3
<i>Allohane</i>	0,4 – 1,3

Nilai aktivitas diatas didefinisikan secara numerik, akan tetapi lebih praktis dari nilai aktivitas lempung yaitu dengan nilai susut, yang merupakan batas dari kadar air sebelum terjadinya perubahan volume.

2.3.2. Pengaruh Air pada Lempung

Air biasanya tidak banyak mempengaruhi kekakuan tanah non kohesif (granuler). Sebagai contoh, kuat geser pada tanah pasir tidak berbeda jauh antara kondisi kering maupun jenuh air. Tetapi, jika air berada pada lapisan tanah pasir yang tidak padat, maka beban dinamis seperti gempa bumi dan getaran lainnya sangat mempengaruhi kuat gesernya.

Sebaliknya, tanah berbutir halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Karena pada tanah berbutir halus, luas permukaan spesifik menjadi besar, variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas menjadi tanah. Distribusi ukuran butir tanah umumnya bukan faktor yang mempengaruhi kekakuan tanah berbutir halus. Identifikasi tanah jenis ini dilakukan dengan pengujian *Atterberg limits* (Hary Christady Hardiyatmo, 2012) Ikatan antara partikel tanah yang disusun oleh mineral lempung akan sangat dipengaruhi oleh besarnya jaringan muatan negatif pada mineral, tipe, konsentrasi dan distribusi kation-kation yang berfungsi untuk mengimbangkan muatannya.

2.4. Material penyusun tanah

Tanah memiliki beberapa susunan yang meliputi mineral-mineral yang bersifat heterogen dan non heterogen. Tanah meliputi empat komponen utama penyusunnya yaitu :

1. Bahan Organik, berawal dari pembusukan atau pelapukan hewan dan tumbuhan yang sudah lama mati atau sering dikatakan proses dekomposisi dari hewan dan tumbuhan.
2. Partikel Mineral, mineral ini bermula dari proses lapuknya batuan – batuan yang sangat lama. Proses melapuknya bebatuan ini dapat mempengaruhi jenis tanah yang dan menghasilkan kandungan mineral yang dihasilkan setiap tanah sangat berbeda dan menimbulkan bermacam jenis tanah.
3. Air, kadungan air yang terdapat didalam tanah sangat berpengaruh terhadap sifat fisik tanah tersebut. Air yang tertahan oleh tanah diakibatkan kohesi, adhesi, dan gravitasi. Total air yang terkandung dalam pori- pori tanah diakibatkan oleh rapatnya pori air tanah tersebut. Hal itu menyebabkan tanah dapat dibedakan dari macam-macam jenis golongan.
4. Udara, udara dan air yang terdapat dalam tanah hampir 50% volume tanah itu sendiri dan jumlahnya dapat berubah bergantung kondisi cuaca dan iklim.

2.5 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan tanah yang mempunyai sifat kembang susut yang besar akibat peristiwa kapiler atau perubahan jumlah kadar air (Munthohar, 2014).

Hardiyanto (2014), tanah ekspansif merupakan tanah dengan kembang susut tinggi. Tipe gerakan pengembangan tanah ekspansif terdapat 2 (dua) jenis gerakan (gerakan arah lateral dan vertical).

Tanah ekspansif merupakan tanah yang mengalami perubahan volume akibat berubahnya kandungan kadar airnya. Saat mineral air tersebut menyerap maka volume tanah meningkat. Sedangkan jika tekanan air mengalami penurunan maka tanah akan mengalami penyusutan.

2.6. Klasifikasi Tanah

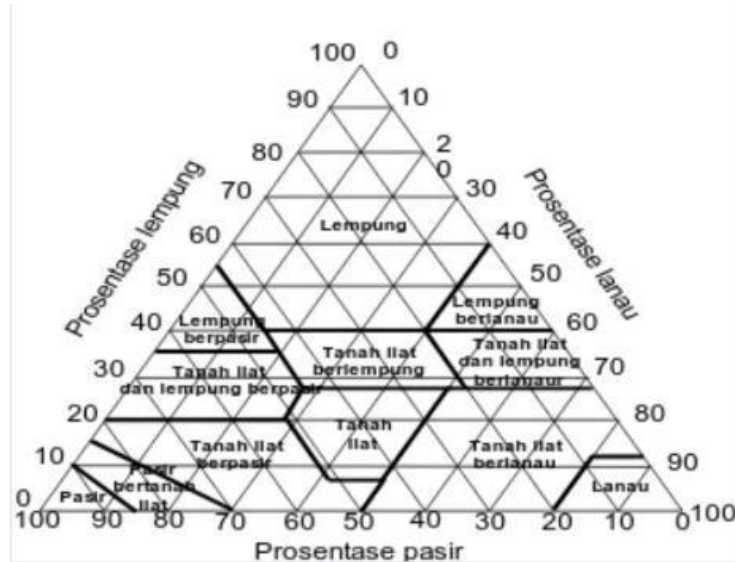
Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu system pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. System klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Sebagian besar system klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada saat ini terdapat berbagai system klasifikasi tanah. Tetapi tidak ada satupun dari sistem-sistem tersebut yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi.

1. Klasifikasi Berdasarkan Tekstur

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap butir yang ada dalam tanah. Tanah dibagi dalam beberapa kelompok yaitu: kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*), diklasifikasikan berdasarkan butir-butirannya. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda.

Gambar 2.1 menunjukkan sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA). Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang dijelaskan pada sistem USDA dalam tabel 2.2, yaitu :

- Pasir : Butiran dengan diameter 2,0 sampai 0,05 mm
- Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002mm
- Lempung; butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm



Gambar 2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur Oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA).
(Sumber : Buku Braja M. Das, 2010)

2.6.1. Klasifikasi Tanah AAHSTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board dalam tahun 1945 (ASTM Standard no D-3282, AASHTO metode M145).

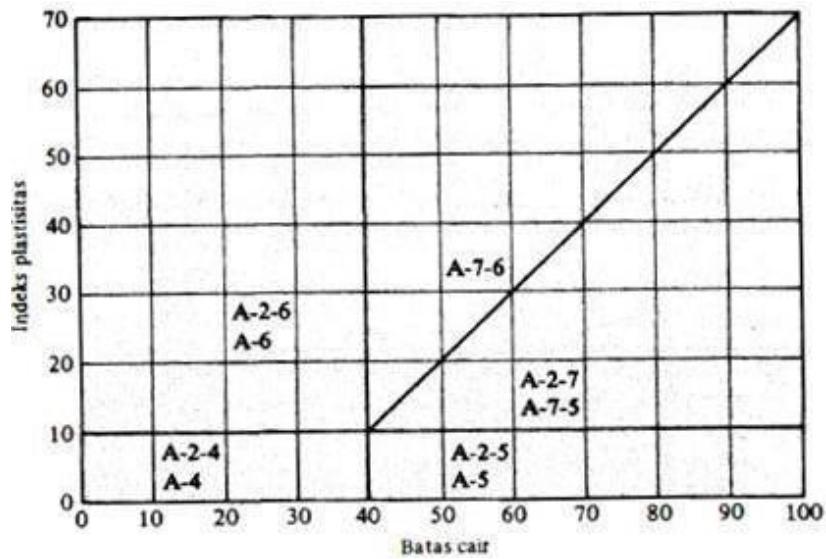
Sistem ini awalnya membagi pengelompokan tanah menjadi 8 kelompok yaitu kelompok A-1 sampai A-8 termasuk sub kelompok. Kemudian sistem yang sudah direvisi (*Proc. 25 th Annual Meeting of Highway Research Board, 1945*) mempertahankan 8 (delapan) kelompok dasar sebelumnya, tetapi menambahkan 2 (dua) sub kelompok dalam A-1, empat kelompok dalam A-2 dan 2 (dua) sub kelompok dalam A-7. Kelompok A-8 tidak diperlihatkan, akan tetapi kelompok A-8 merupakan gambut yang ditentukan oleh klasifikasi visual. Tanah dalam

setiap kelompok dievaluasi terhadap indeks kelompok, yang dihitung menggunakan rumus empiris. Pengujian yang dilakukan hanya analisis saringan dan batas-batas *Atterberg* (*Bowels, 1984*). Dalam tahap ini sistem klasifikasi tanah yang digunakan terbagi menjadi 7 (tujuh) kelompok besar yang terdiri dari A-1 hingga A-7. Tanah berbutir diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2 dan A-3 dimana 35% kurang dari jumlah butiran lolos ayakan nomor 200. Sedangkan tanah yang lebih dari 35% butirannya lolos dalam saringan nomor 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 hingga A-7 sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi tanah AASHTO ditunjukkan dalam **Tabel 2.2** dan grafik rentang batas cair (LL) dan indeks plastisitas (IP) ditunjukkan dalam **Gambar 2.2** sebagai berikut.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-4		A-5	A-6		A-7	
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36		Min 36	Min 36		Min 36	
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11	
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Sumber : Buku Braja M. Das 2010



Gambar 2.2 Rentan dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas(IP)

Sumber : Craig, 1991

2.6.2 Klasifikasi Tanah USCS

Klasifikasi sistem USCS (*Unified Soil Classification System*) ini pada awalnya dikenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942. Untuk dipakaipada pekerjaan pembuatan lapangan terbang oleh *The Army Coprs of Engginers* selama perang dunia keII. Setelah itu diuraikankan kembali oleh USBR (*United State Bureau of Reclamation*) dan USACE (*United State Army Corps of Engginers*). SelanjutnyaASTM (*American Society for Testing and Materials*) menggunakan USCS untuk program metode standart banyak dipakai dalam berbagai macam pekerjaan geoteknik. Pada metode ini tanah dibagi atas 2 (dua) keIompok besar, yaitu :

1) Tanah berbutir kasar (*Coarse-grained soils*)

Tanah ini mencakup dari kerikil dan pasir dengan kategori kurang dari 50% tanah yang lulus saringan nomor 200($F_{200} < 50$). Simbol penggolongan tanah ini diawali dari huruf awal G untuk kerikiI(*gravel*) atau tanah berkerikil (*gravelly soil*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*)

2) Tanah berbutir halus (*fine-grainerd soils*)

Tanah ini mempunyai ukuran Iebih 50% yang IoIos saringan nomor 200 ($F_{200} \geq 50$), yaitu tanah berlanau dan berIempung. Simbol

penggolongan tanah ini diawali dengan huruf M untuk lanau inorganik (*inorganic Clay*) dan O untuk lanau dan lempung organik. Simbol Pt untuk gambut (*peat*) dan tanah untuk kandungan organik tinggi.

Symbol lain yang dapat digunakan untuk klasifikasi tanah adalah:

1. G = Kerikil (*Gravel*)
2. S = Pasir (*Sand*)
3. C = Lempung (*Clay*)
4. M = Lanau (*Silt*)
5. O = Lanau atau lempung organik (*Organic silt or Clay*)
6. Pt = Tanah gambut dan tanah organik tinggi
7. W = Gradasi baik (*well-graded*)
8. P = Gradasi buruk (*Poorly-graded*)
9. H = Plastisitas tinggi (*High-plasticity*) ($LL > 50$)
10. L = Plastisitas rendah (*Low-plasticity*) ($LL < 50$)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan USCS dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut ini.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran terhalang saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar terhalang saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
		Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
				SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir dengan butiran Halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus : Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200 : GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan No. 200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel					

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Sumber : Hary Christady, 1996

2.7 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah yaitu komponen lingkungan yang berdampak pada ketersediaan air, udara tanah, dan elemen pada tanaman. Sifat fisik tanah memiliki beberapa keadaan yaitu tekstur, struktur, berat tanah, porositas, stabilitas, konsistensi, warna tanah, dan temperatur pada tanah.

2.7.1 Kadar Air (w)

Abdul Hakam (2010), mengungkapkan bahwa jumlah angka dari kadar air sangat berperan penting dalam memilih kesimpulan dengan kondisi yang ada. Hasil dari kadar air tanah tersebut bisa dipergunakan sebagai acuan untuk ditentukannya kuat dan perilaku tanah yang paling utama yaitu tanah berbutir halus. Untuk mendapatkan kadar air dapat diperoleh dengan berbagai cara yaitu seperti *Over Drying Method*. Cara ini yaitu cara yang bisa digunakan di laboratorium yang sangat akurat. Dengan mengumpulkan beberapa sampel tanah yang dimasukkan didalam cawan, selanjutnya dioven pada suhu 105°C - 110°C dalam waktu 24 jam agar tanah dapat mengering sempurna. Suhu lebih dari 110°C bisa melapukkan kristalisasi struktur komponen lempung ikatan kimia (IS: 2720 Part II-1969).

Kadar air (w) merupakan perbedaan antara jumlah berat air yang terkandung dalam tanah dengan jumlah berat kering tanah yang diutarakan dalam bentuk persen. Kadar air (w) dapat ditentukan menggunakan rumus:

$$w = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan : w = kadar air yang dinyatakan dalam persen

w_1 = Berat cawan kosong

w_2 = Berat cawan + berat tanah basah

w_3 = berat cawan + berat tanah basah

2.7.2 Berat Jenis Tanah (Gs)

Dalam keperluan perhitungan mekanika tanah, seringkali dibutuhkan harga berat spesifik dari butiran tanah bagian padat (braja M Das, 1995).

Berat jenis butiran adalah perbandingan nilai antara berat butir tanah dengan air suling pada volume yang sama dan dalam suhu tertentu.

Berat jenis butiran dapat dicari dengan rumus berikut:

$$G_s = \frac{c - a}{H_p - (d - c)t_2} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan G = Berat Butiran

A = Berat piknometer

C = Berat picnometer + sampel

D = Berat picnometer + aquades + sampel

H_p = Harga air picnometer

t_2 = Suhu setelah ± 24 jam

2.7.3 Analisa Butiran Tanah

Tanah dapat ditentukan dari melihat perbedaan tingkatan bagian-bagian dalam tanah yang biasanya ditentukan dalam bentuk presentase hal tersebut dapat diketahui sifat tanah tersebut. Besar dan kecilnya butiran yang terdapat didalam tanah dapat disebut sebagai klasifikasi tanah.

Dengan begitu, pada pengujian analisa butiran tanah dapat menentukan ukuran tanah tersebut.

Pada analisa ukuran tanah (*sieve analysis*) merupakan penetapan berat butiran tanah yang ditentukan dalam bentuk persentase dengan menggunakan saringan yang berdiameter berukuran tertentu. Ada dua macam cara agar bisa menentukan ukuran butiran tanah, yaitu:

1. Analisa ayakan (*Grain size*)

Pada pengujian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan gradasi dari sampel tanah. Analisa ayakan ditunjukkan untuk tanah yang mempunyai ukuran berdiameter lebih dari 0,075mm.

Cara yang digunakan agar mendapatkan ukuran butiran tanah tersebut yaitu dengan cara penyaringan. Tanah yang masih berada didalam setiap saringan lalu ditimbang, berat hasil timbangan selanjutnya dihitung menggunakan presentase terhadap berat kumulatif.

Untuk menghitung dapat dilakukan dengan langkah- langkah berikut:

- a. Berat sampel semula = Xgram
Berat sampel setelah dicuci = Ygram
Berat lumpur = berat sampel lulus saringan no.200
= X-Y
- b. Jumlah berat tanah yang tertinggal dalam saringan Ø4,76mm hingga Ø 0,075 mm = Zgram
Jadi kehilangan berat = (Y-Z gram)
- c. Kadar lumpur
Dengan α = berat tanah yang tertinggal
- d. Presentase tanah yang tertinggal
$$= \frac{\text{berat tanah yang tertinggal}}{A} \times 100\%$$
- e. Kumulatif persentananah yang tertinggal
= jumlah + presentase tanah diatasnya

f. Persent Finer = (100% - kumulatif persen)

2. Analisa Hidrometer

Pada pengujian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan ukuran partikel tanah yang mempunyai ukuran berdiameter lebih dari 0,075mm dengan memakai alat hidrometer.

Uji analisa hidrometer didapatkan dengan diendapkannya partikel tanah atau sedimennya. Kecepatan pengendapan setiap butir tanah sangat berbeda-beda, bergantung pada ukuran butiran tanah tersebut. Tanah yang memiliki ukuran butiran yang besar dan lebih berat akan lebih cepat mengendap dengan kecepatan yang sangat cepat dibandingkan dengan ukuran butiran yang lebih ringan.

$$N = \frac{R \times Gg}{Wd \times (Gs-1)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

- Dengan KL = Kadar lumpur (berat lumpur)
- D = Diameter $(106.10^{-7}z/t)^{t/2}$
- T = Waktu dalam detik
- Z = $24 - \alpha (0,2)$
- A = Banyak strip setiap pembacaan

2.7.4 Batas-batas Atterberg

Atterberg Limit mempunyai tujuan untuk mengelompokkan tanah berbutir halus dan menentukan memastikan karakteristik indeks propertis tanah. Batas Atterberg meliputi batas cair, batas plastis dan batas susut. Tanah berbutir halus pada dasarnya memiliki karakteristik plastis. Karakteristik plastis merupakan berubahnya kuat tanah yang berganti setelah tercampur dengan air pada volume yang tetap. Tanah dapat berupa cair, plastis, semi padat atau padat tergantung pada nilai air yang tercampur pada tanah tersebut.

Atterbeg (1911), dikelompokkan menjadi 4 (empat) tahapan plastisitas yang berbeda berlandaskan nilai indeks platisitas antara 0% hingga 17%. Batasan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.4** sebagai berikut.

Tabel 2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah
0	Non Plastis	Pasir
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung

Sumber : Atteberg 1991,dalam Hardiyanto (1999)

Dalam Atterberg (1911), menguraikan cara mendeskripsikan batasan konsentrasi dari tanah halus dengan memperhitungkan air yang terkandung didalam tanah. Batasan-batasan cair tersebut melingkupi batas plastis (*plastis limit*), batas cair (*liquid limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

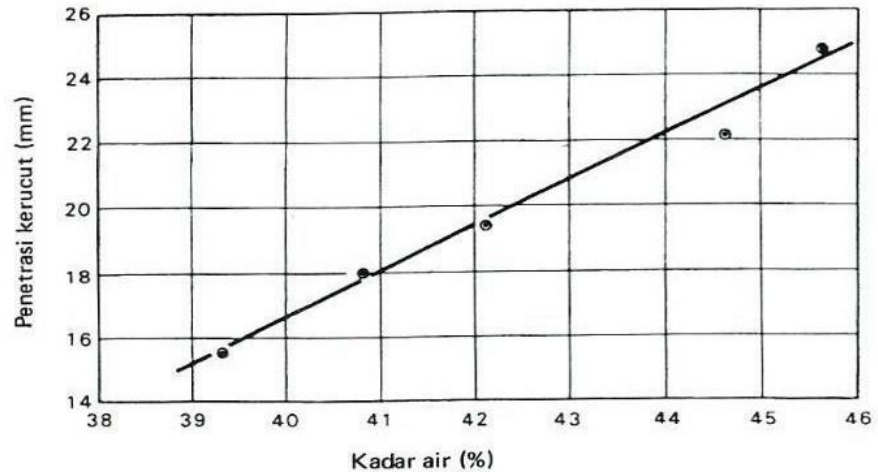
1. Batas Plastis (*Plastic Limit – PL*)

Batas Plastis merupakan jumlah kadar air yang terdapat didalam tanah ketika partikel didalam tanah tersebut mulai hancur ketika digulung, berupa seperti benang dengan ukuran diameter 1/8 inc (3,2 mm) hingga menimbulkan keretakan . Tanah yang dipakai dalam pengujian *plastic limit* merupakan tanah yang sudah diremukkan dengan saringan nomor 40, batas plastis adalah batas yang sangat rendah dari tingkatan plastisitasnya, kadar air yang terkandung didalam tanah merupakan batas plastis yang dijelaskan dalam bentuk persen (%).

2. Batas Cair (*Liquid Limit – LL*)

Batas cair merupakan nilai kadar air tanah dalam keadaan antara cair dan plastis. Pengujian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan kadar air sampel tanah pada batas cair. Batas cair ditentukan dari pengujian *Cassagrande* 1948. Pada pengujian dilaboratorium batas cair merupakan kadar air pada 25 kali pukulan yang diperlukan untuk menutupi celah sepanjang 12,7 mm. Keterikatan antara kadar air dan jumlah pukulan

untuk mendapatkan nilai batas cair pada pukulan 25 dapat dilihat pada grafik seperti **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 Penurunan Batas Cair (Craig, 1991)

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit – SL*)

Batas susut merupakan kondisi dimana persentase kadar air mengalami penurunan dan tidak menyebabkan berubahnya volume air tanah. Pengujian batas susut menggunakan alat yang berbentuk mangkuk porselin dengan diameter 1,75 inc (44,4mm) dengan tinggi 0,5 inc (12,7mm). Setelah volume sampel tanah mengering selanjutnya ditentukan dengan menggunakan air raksa.

4. Indeks Plastis (*Plasticity Index – PI*)

Indeks plastis merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas menyatakan kadar air dengan tanah tetap dalam kondisi plastis dan menyatakan jumlah relatif partikel lempung dalam tanah. Tanah yang mempunyai PI tinggi dikatakan sebagai tanah yang terdapat kandungan butiran lempung. Dan jika PI rendah dikatakan sebagai tanah lanau yang mengalami penurunan kadar air dan membuat tanah tersebut mengering.

2.8 Sifat Mekanik Tanah

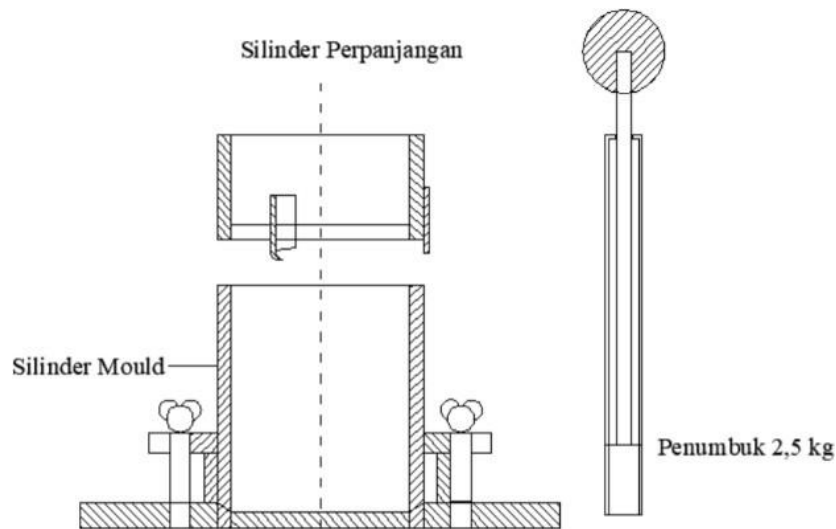
Sifat mekanik tanah adalah sifat tanah pada keadaan mendapatkan beban dan dipakai sebagai parameter dalam merencanakan pondasi.

2.8.1 Pemadatan Tanah

Menurut Wesley (1977), pemadatan tanah adalah suatu proses saat udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah satu cara mekanis. Untuk setiap daya pemadatan tertentu (certain compactive effort), kepadatan yang sudah mencapai tergantung kepada banyaknya air didalam tanah tersebut, yaitu pada kadar airnya. Jika kadar air tersebut rendah, makatanah akan mengeras atau kaku dan sukar dipadatkan. Sedangkan kadar air yang tinggi, kepadatannya akan menurun lagi dikarenakan pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak dapat dikeluarkan dengan cara memadatkan. Menurut Hardiyatmo (2010), maksud dari dilakukan pemadatan sebagai berikut :

1. Menaikkan nilai kuat geser tanah,
2. Mengurangi sifat mudah mampat,
3. Mengurangi permeabilitas, dan
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan air kadar air.

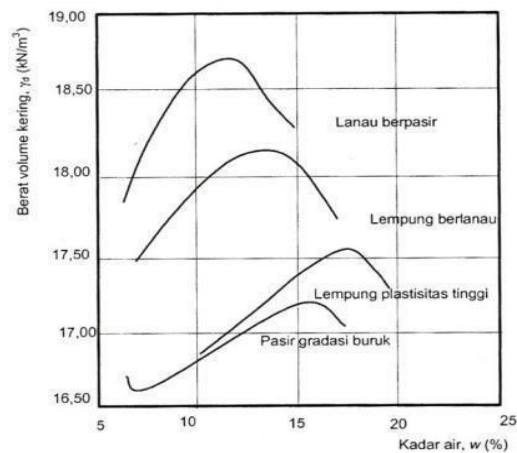
Pada saat dilakukannya uji kepadatan tanah memiliki tujuan untuk mendapatkan ikatan antara kadar air dan berat isi tanah dengan menggunakan metode pemadatan yang diletakkan didalam cetakan silinder atau *mould* selanjutnya dipadatkan menggunakan tumbukan yang mempunyai berat 2,5 kg dan tinggi jatuh 30,5 cm. Sampel tanah yang akan dipadatkan dibagi menjadi 3 (tiga) lapisan, dan tiap lapisannya ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Sedangkan pada pengujian *modified proctor*, *mold* yang dipakai masih sama penumpuknya diganti 4,54 kg dan tinggi jatuh 45,72 cm. pengujian ini dibagi menjadi 5 bagian dan tiap lapisannya ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Alat uji proctor yang dipergunakan dapat dilihat seperti **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Alat Uji Proktor Standar

Sumber : Hardiyatmo, 2002

Pada saat dilakukan pengujian pemadatan tanah, kemungkinan angka yang diperoleh pada grafik hubungan kadar air dan berat volume kering dapat dilihat pada **Gambar 2.5** sebagai berikut.



Gambar 2.5 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering(Hardiyantmo, 2002)

Pengujian pemadatan juga digunakan dengan CBR (*California Bearing Ratio*). Pengujian California Bearing Ratio (CBR) dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tanah atau campuran agregat yang dipadatkan pada kadar air tertentu. CBR untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh California Division of Highways pada tahun 1928. Menurut Sukirman (1995).

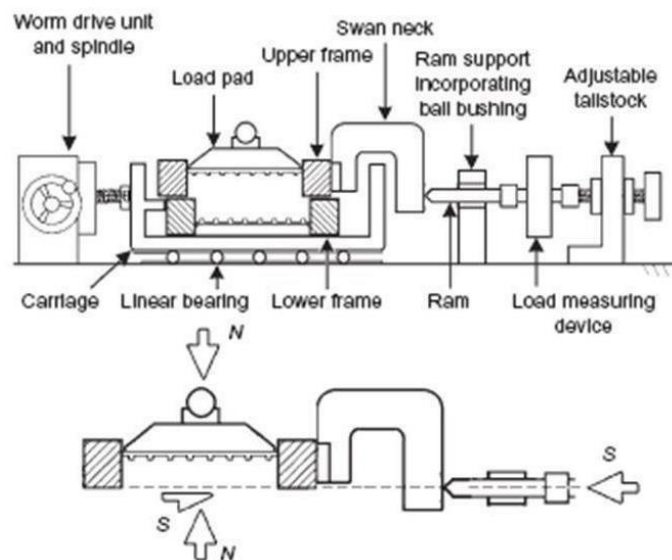
Kuatnya nilai CBR dapat mengecil bila kadar airnya membesar atau meningkat. Tetapi jika tanah yang akan dilakukan proses pemadatan mengalami penurunan kadar airnya maka memperoleh nilai CBR yang besar atau meningkat.

2.8.2 Kuat Geser Tanah

Uji kuat geser tanah merupakan pengujian yang dipergunakan untuk menentukan besarnya kekuatan geser tanah secara langsung. Sampel tanah yang dipergunakan untuk pengujian ini merupakan tanah yang tidak terlalu padat atau sampel tanah yang lembek dan membawa lempung. Untuk prosedur pengambilan, penyimpanan serta perawatan sampel tanah sebelum pengujian memerlukan ketelitian dan perhatian yang besar (Craig, 1991).

Pengujian kuat geser tanah dapat digunakan dengan pengujian geser langsung (*direct shear test*), pengujian triaksial (*triaxial compression test*), dan pengujian tekan bebas (*unconfined compression test*). Hasil percobaan kuat geser tanah akan memperoleh nilai c (kohesi) dan ϕ (sudut geser).

Salah satunya uji kuat geser yang umumnya dipergunakan adalah pengujian geser langsung (*direct shear test*), pengujian dilakukan dengan meletakkan sample tanah pada sebuah cincin/kotak geser (*shear box*) yang berasal dari logam dengan dua buah batu pori, yang diletakkan di atas dan bawah benda uji tanah tersebut. Kotak geser tersebut terbagi menjadi 2 (dua) bagian tepat di tengah – tengah tinggi tabung, di atas dan dibawah sample tanah terdapat piringan logam. kemudian diberi beban secara vertikal (N) melalui plat beban dengan bertahap. Pergeseran tersebut akan mengakibatkan gaya geser (T) diukur secara bersamaan dengan perpindahan geser (Δl). Pengujian tanah menggunakan *direct shear* dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



Gambar 2.6 Skema Uji Geser Langsung Tanah

2.9 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan salah satu usaha yang dilakukan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah terutama pada tingkat kestabilannya. Bowles (1991) menyatakan bahwa stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan mekanis dan bahan campuran (*additive*). Menurut Ingles dan Metcalf (1992), proses stabilisasi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode sebagai berikut ini:

1. Stabilisasi Mekanis merupakan stabilisasi yang digunakan untuk memperoleh kepadatan tanah maksimal. Stabilisasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis, seperti mesin gilas (*Roller*), benda berat yang dijatuhkan (*pounder*), ledakan (*explosive*), tekanan stasis, dan sebagainya.
2. Stabilisasi Fisik adalah stabilisasi yang dipergunakan untuk mengubah sifat-sifat tanah dengan cara memanaskan (*Heating*), mendinginkan (*Cooling*) dan menggunakan arus listrik
3. Stabilisasi Kimiawi adalah stabilisasi yang menggunakan metode memberikan bahan kimia pada tanah sehingga menimbulkan terjadinya berubahnya sifat-sifat tanah tersebut. Pencampuran

kimia yang sering digunakan seperti menggunakan semen Portland, kapur, fly ash dan lain-lain.

Manfaat dari stabilisasi tanah adalah untuk mengubah sifat-sifat teknis tanah, seperti kapasitas dukung, kompreibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan dan sensitivitas terhadap perubahan kadar air. Supaya tujuan dan manfaat dari stabilisasi tanah dapat terlaksana, dalam pelaksanaannya harus memcermati beberapa aspek agar dapat menentukan bahan stabilisasi yang sesuai sebagai berikut :

1. cuaca dan drainase,
2. penyelidikan perkerasan,
3. pengambilan contoh dan pengujian bahan,
4. penilaian awal terhadap jenis stabilisasi yang diperlukan, dan
5. pemilihan akhir jenis stabilisasi.

2.9.1 Stabilisasi Tanah dengan Arang Tempurung Kelapa

Arang merupakan suatu produk yang menghasilkan karbonisasi dari bahan yang mengandung karbon biomas kayu. Senyawa organik yang terdapat didalam arang tempurung kelapa memberikan daya serap dan nilai kalor bakar yang cukup baik dan juga dapat mengikat karbon didalam tanah. Dengan demikian, tempurung kelapa sangat cocok untuk stabilisasi tanah lempung

2.9.2 Stabilisasi Tanah dengan Limbah *Gypsum*

Gypsum adalah batu putih yang terjadi karena mengendapnya air laut. Gypsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Sanusi (1986) dalam Banurea (2011) menyatakan bahwa *Gypsum* merupakan suatu senyawa kimia yang berisikan dua molekul hablur dan dikenal dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Kalsium Sulfat). *Gypsum* Sintetis ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sangat bermanfaat untuk bahan industri karena

memiliki sifat cepat larut dalam hidrasi air ketika dipanaskan dan pada saat air ditambahkan akan kembali pada hidrat semula, mengumpulkan dan memperkeras hasil *Gypsum*.

Secara teknik, *Gypsum* disebut sebagai zat kapur sulfat. Kurniawan dkk. (2014) menyatakan beberapa pengaruh positif *Gypsum* pada tanah lempung ekspansif, yaitu sebagai berikut :

1. *Gypsum* dapat meningkatkan stabilitas tanah karena mengandung kalsium yang mampu mengikat tanah lempung ekspansif yang dipengaruhi oleh agregat tanah,
2. *Gypsum* yang dicampur pada tanah lempung ekspansif dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah dapat tergantikan oleh kalsium pada gipsum sehingga pengembangannya menjadi lebih kecil, dan
3. *Gypsum* mampu meningkatkan kecepatan rembesan air karena gipsum lebih menyerap banyak air.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengerian Umum

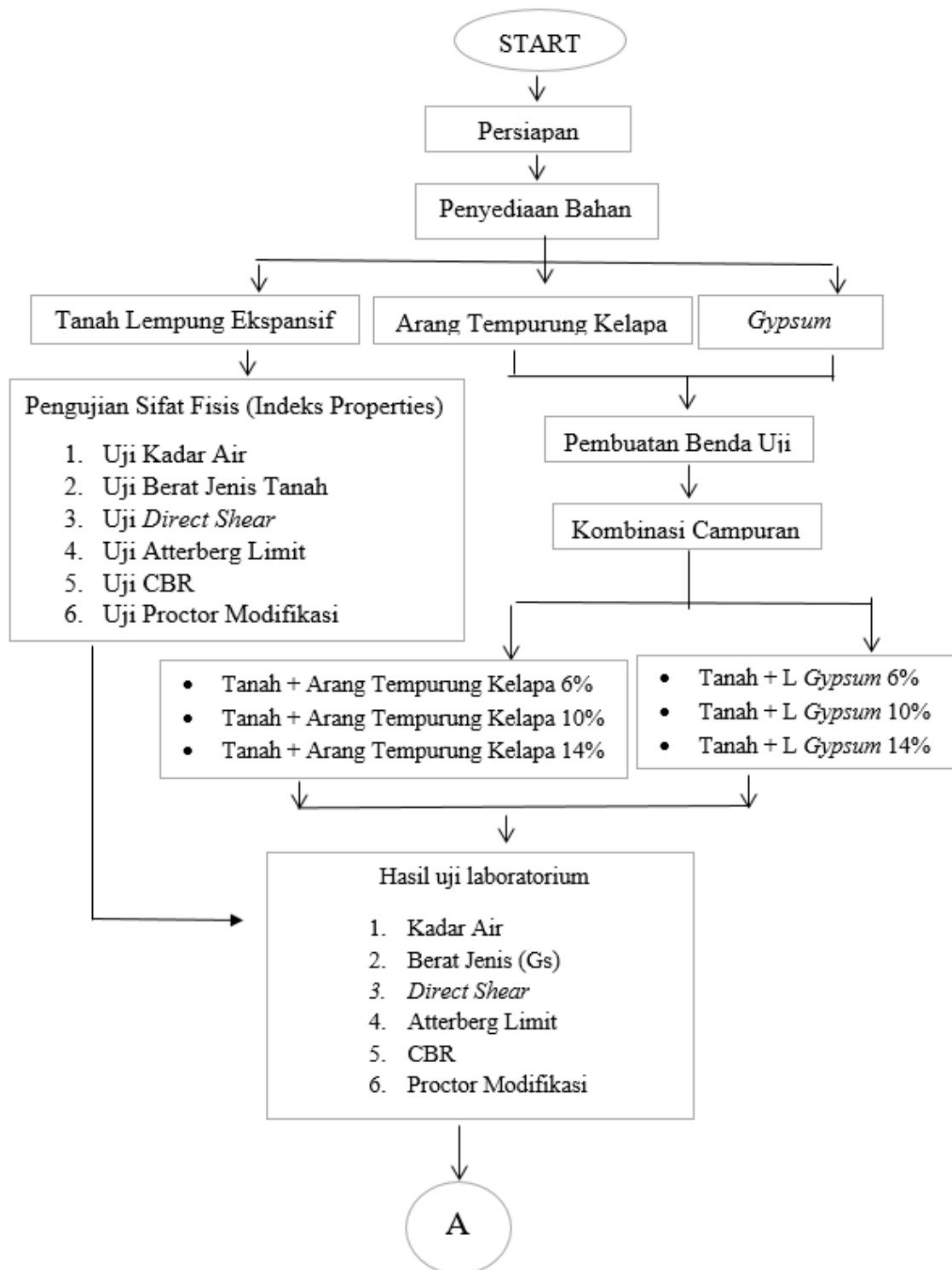
Metodologi adalah Langkah – Langkah yang diperlukan untuk melakukan penelitian agar mencapai suatu tujuan yang tersusun secara sistematis. Tingkatan metodologi yang digunakan bertujuan agar memperoleh hasil penelitian yang diinginkan dan mencukupi syarat, efektifitas agar langkah pembuatan laporan memperoleh hasil penelitian yang tepat.

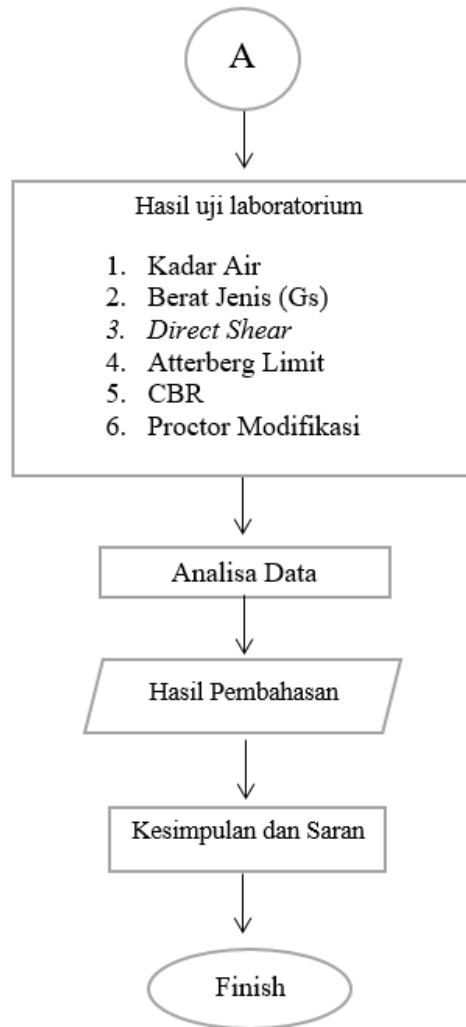
Tugas akhir ini meneliti tentang Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Limbah Gypsum Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif yang terletak di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini dilaksanakan untuk memeriksa dan menganalisa stabilitas tanah lempung ekspansif dengan penambahan arang tempurung kelapa dan limbah gypsum yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1** berikut.

Tabel 3.1 Komposisi Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah Gypsum

No	Campuran	Presentase (%)	Jumlah Sampel
1	Tanah Asli	0%	1
2	Arang Tempurung Kelapa	6%	1
3	Arang Tempurung Kelapa	10%	1
4	Arang Tempurung Kelapa	14%	1
5	Limbah <i>Gypsum</i>	6%	1
6	Limbah <i>Gypsum</i>	10%	1
7	Limbah <i>Gypsum</i>	14%	1
8	Arang Tempurung Kelapa 3% + L <i>Gypsum</i> 3%	6%	1
9	Arang Tempurung Kelapa 5% + L <i>Gypsum</i> 5%	10%	1
10	Arang Tempurung Kelapa 7% + L <i>Gypsum</i> 7%	14%	1

Alur bagan metodologi dari start sampai finish pada Tugas Akhir ini dapat dilihat dalam **Gambar 3.1** berikut.





Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

Sumber : Dokumen Pribadi

3.2 Pekerjaan Persiapan

1. Meninjau bahan literature yang berkaitan dengan stabilitas tanah lempung ekspansif dengan menambahkan campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum*, serta kajian pustaka yang didapat dari buku paduan, memilih jurnal mengumpulkan data, petunjuk tata tertib, yang membentuk sumber untuk mendapatkan skema dan standar yang dipakai dalam menganalisis permasalahan dalam suatu kejadian dan mengetahui perilaku tanah terhadap bangunan atau struktur yang akan dibangun di atasnya.

2. Mempersiapkan Alat dan Bahan

- Menyiapkan Alat

Peneliti memilih dan menyusun alat-alat yang akan digunakan selama penelitian berlangsung, dari penelitian tahap awal hingga akhir. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk menguji kadar air, uji berat jenis tanah, uji analisa hidrometer, uji atterberg limit, uji proctor, uji kuat geser, dan uji CBR yang berada di Laboratorium Geoteknik, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung yang sudah memenuhi standar *American Society for Testing Material (ASTM)*.

- Menyiapkan Bahan

a. Tanah

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah, seperti pada gambar berikut **Gambar 3.2**



Gambar 3.2 Sempel Tanah

Sumber : Dokumen Pribadi

b. Arang Tempurung Kelapa

Arang tempurung kelapa yang sudah dibakar dan ditumbuk seperti pada Gambar 3.3 yang dipergunakan untuk bahan penelitian untuk stabilisasi tanah yang didapat dari pasar Puri Kabupaten Pati.



Gambar 3.3 Arang Tempurung Kelapa

Sumber : Dokumentasi pribadi

c. Limbah *Gypsum*

Limbah *gypsum* yang digunakan adalah *gypsum* dengan rumus $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.



Gambar 3.4 Limbah *Gypsum*

3.3 Langkah - langkah Pengujian

3.3.1 Kadar Air

Pada uji kadar air tanah yang digunakan yaitu tanah asli dari lapangan dan tidak melalui proses penjemuran dahulu.

1. Menimbang cawan kosong,(misal = a gram)
2. Meletakkan benda uji didalam cawan yang bersih dan kering yang sudah ditimbang.
3. Cawan yang sudah diisi lalu ditimbang dan dicatat beratnya. (cawan + sampel tanah basah =b gram)
4. Lalu cawan beserta sampel dimasukkan didalam oven dengan suhu 105°C-110°C selama 24 jam.
5. Setelah 24 jam cawan dan sampel dikeluarkan dari oven lalu diletakkan didalam desicator.
6. Setelah suhu dingin berat cawan dan sampel ditimbang, misal = c gram.
7. Maka kadar air =

$$W = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$



Gambar 3.5 Sempel Kadar Air

3.3.2 Berat Jenis Tanah (Gs)

Pada pengujian berat jenis tanah atau *specific gravity* adalah perbandingan antara berat tanah sempeI dengan berat air pada suhu tertentu dan volume yang sama.

- a. Mencari nilai air piknometer :
 1. Pikometer kosong ditimbang,(misal= a gram).
 2. Piknometer diisi aquadest sampai penuh lalu ditimbang, misal= b gram.
 3. Mengukur temperatur dalam piknometer dengan thermometer, misal = $T_1^{\circ}\text{C}$.

Nilai air piknometer = $(b-c)t_1$; dimana t_1 koreksi T_1 .

- b. Mencari *specific gravity* (Gs) :
 1. Piknometer yang sudah bersih dan kering kemudian diisi sempeI tanah kering dan ditimbang, misal = c gram (berat sempeI 20-25 gram).
 2. Selanjutnya piknometer dan sempeI diisi aquadest hingga dibawah leher piknometer, lalu dikocak hingga gelembung udara hilang dan diamkan selama ± 24 jam.
 3. Setelah ± 24 jam, piknometer ditambahkan aquadest lagi hingga penuh selanjutnya ditimbang, misal = d gram.
 4. Selanjutnya mengukur kembali temperaturnya, misal = t_2

Maka *specific gravity* (Gs) dapat dicari dengan rumus :

$$Gs = \frac{c-a}{Hp-(d-c)t_2} \dots\dots\dots (3.2)$$



Gambar 3.6 Piknometer

Sumber : Dokumen Pribadi

3.3.3 Analisa Saringan

a. *Grain size*

Pengujian ini berujuan untuk mendapatkan ukuran dari butiran tanah sempeI.

1. Ambilah sempeI tanah kering secukupnya IaIu ditiimbang, (misaI = a gram).
2. Letakkan sempeI tanah pada cawan besar dan disi air IaIu rendamIah selama ± 24 jam
3. SeIanjutnya cucilah daIam saringan (No. 200) dengan diameter 0,074mm seIanjutnya Ietakkan Iumpur pada cawan terpisah.
4. SempeI yang telah bersih darii Iumpur seIanjutnya dioven hiingga kering dan dtimbang, misaI b gram.
5. SiapkanIah susunan saringan pada alat penggetaar dengn diameter susunan semakin kebawah semakin kecil sepertiI pada **Gambar 3.7**.
6. SempeI yang telah ditimbang diIetakan pada saringanpaIing atas kemudiian digetarkn selama ± 5 menit.
7. MasukkanIah masing-masing sampeI yang tertinggal pada saringan kedaIam cawan, IaIu ditimbang.



Gambar 3.7 Susunan Saringan Dan Penggetar

c. *Hydrometer Analysis*

Pengujian ini memiliki tujuan untuk menggolongkan ukuran butiran tanah yang lolos saringan No 200 (diameter 0,074) menggunakan alat *hydrometer*.

1. Sempel yang lolos saringan 0,074 (no.200) dioven ± 24 jam selanjutnya ditimbang.
2. Rendamlah sampel dalam botol selama ± 24 jam.
3. Masukkanlah sampel ke dalam gelas ukur dan tambah air hingga 1000cc.
4. Kocoklah gelas ukur hingga sampel dan air bercampur homogen.
5. Masukkanlah hydrometer ke dalam gelas, bersamanyaIakan *stopwatch*. Pembacaan 0 detik dilakukan saat hydrometer mulai stabil.
6. Selanjutnya pembacaan seterusnya pada detik ke 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 5, 10, 30, 45, 60.
7. Setelah pembacaan, pindahkanlah campuran ke dalam saringan no.200 dan cuci hingga air mengalir terbuang. Benda uji yang tertahan harus dikeringkan ke dalam oven. Lakukan pemeriksaan saringan dengan cara pemeriksaan analisa agregat halus dan kasar.



Gambar 3.8 Gelas Ukur Hidrometer

3.3.4 Atteberg Limit

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pada uji ini bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada batas antara tanah dalam keadaan cair dan dalam keadaan plastis.

Maka Nilai *Liquid Limit* :

$$LL = \frac{\text{jumlah Nilai Kadar Air} \dots \dots \dots}{\text{Jumlah Percobaan}} \dots \dots \dots (3.3)$$

1. Ambil tanah secukupnya, lalu dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel ditumbuk dan diayak dengan saringan nomor 400 (diameter 0,425 mm).
2. Ambil sebagian sampel dan campurkan dengan aquadest di dalam cawan besar.
3. Aduklah dengan cilet hingga campuran merata.
4. Setelah tercampur rata masukkan sampel ke cassagrande yang sudah disetel dengan tinggi jatuh ± 1 cm.
5. Sampel yang sudah diletakkan ke cassagrande lalu diratakan, lalu bagian tengahnya digaris dengan cilet hingga terbelah dua.
6. Engkol pemutar diputar dengan perkiraan kecepatan dua putaran tiap detik.
7. Pemutaran berhenti setelah tanah menutup sekitar 2 cm.
8. Percobaan ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan kadar aquadest yang berbeda dan diperkirakan sampel akan menutup sepanjang 2cm dibawah 25 kali ketukan (2 sampel) dan diatan 25 kali (2 sampel).



Gambar 3.9 Cassagrande

b. Batas Cair (*Plastic Limit*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan batas plastis tanah dengan mencari kadar air minimum dari sampel tanah.

1. Ambil tanah secukupnya untuk sampel, selanjutnya dioven selama ± 24 jam. Setelah itu tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan No 40 (diameter 0,0425mm).
2. Sebagian sampel tanah diambil dan diletakkan ke dalam cawan besar dan diberi aquadest, lalu dicampurkan
3. hingga merata.
4. Setelah tercampur merata, sampel dipilin di atas lempeng kaca hingga berbentuk bulatan panjang hingga akan putus dengan diameter ± 3 mm.
5. Apabila batas tersebut telah dicapai, maka sampel tanah diambil dan ditimbang dengan berat antara 5-10gram agar dapat mendapatkan kadar airnya.

3.3.5 CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR ini menggunakan pengujian CBR terendam (*soaked*) dan tidak terendam (*unsoaked*). Langkah –langkah pengujian CBR antara lain:

1. Sebelum melakukan pengujian, siapkanlah benda uji terlebih dahulu dengan cara memeriksa pemadatan standart.
2. Siapkanlah tanah seberat 4 kg dan bahan campuran yang telah lolos saringan NO. 4. Untuk prosentase campuran arang tempurung kelapa sebesar 6%,10%,14% dan gypsum 6%,10%,14%.
3. Campurkanlah bahan tersebut dengan air hingga mencapai kadar air optimal dari pengujian pemadatan yang telah dilakukan sebelumnya.
4. Diamkanlah benda uji selama 24 jam.
5. Siapkanlah Mold CBR, letakkan spacer dish dibawah, setelah mold diisi dengan benda uji tdi lalu ditumbuk dengan penumbukan 5 lapis (modified) 56x/lapis.
6. Mold dibalikkan, keluarkan spacer dish, lalu ditimbang.
7. Mold + benda uji dipadatkan kemudian direndam dalam air selama 4 x 24 jam, air harus bisa masuk dari atas (sweet plate) maupun dari bawah (performed plate) kedalam tanah yang direndam.
8. Selama perendaman setiap hari dibaca besarnya swelling yang terjadi.
9. Mold + benda uji diangkat dari dalam air, miringkan selama 15 menit hingga air yng tersisa dapat mengalir. Selama proses pengeluaran air permukaan jaga benda uji supaya tidak terganggu.
10. Selanjutnya letakkan keping pemberat diatas permukaan benda uji seberat minimal 4,50 kg.

11. Untuk benda uji yang diredam, beban harus sama sewaktu perendaman.
12. Aturlah torsi penetrasi pada permukaan benda uji sehingga kecepatan arloji beban menunjukkan beban permulaan sebesar 4,50kg.
13. Berikanlah pembebanan dengan terarir sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit.
14. Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukanlah kadar airnya dari lapisan atas benda uji setebal 25,4mm.

3.3.6 *Direct Shear*

Pada pengujian *direct shear* bertujuan untuk mengetahui kekuatan geser tanah secara langsung.

1. Siapkan alat *direct shear*, stopwatch, dan dial diatur hingga menunjukkan angka nol.
2. Sampel tanah dicetak dan ditempelkan ke dalam wadah di alat *direct shear*.
3. Beban vertikal (normal) dipasang untuk mendapatkan tegangan normal (σ_n).
4. Alat pemutar diputar dan stopwatch ditekan (mulai). Putaran dilakukan teratur dan keputarnya sama atau konstan yaitu ± 2 detik per putaran. Hal ini untuk mendapatkan tegangan geser (σ_s).
5. Pada waktu keadaan menggeser, jarum dicatat pada kedudukan jarum tertinggi. Demikian juga waktunya.

6. Percobaan ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan beban yang berbeda yaitu 8kg, 16 kg, dan 24 kg. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan yang berbeda, sehingga hasil tersebut dapat dibuat grafik.



Gambar 3.10 Direct Shear Test

3.3.7 Proctor Modifikasi

Pengujian ini memiliki tujuan untuk menentukan kadar air yang diperlukan untuk pemadatan tanah (W_{opt}), berat volume basah maksimum (γ_{basah}), berat kering maksimum (γ_{kring}), dan presentase pori atau *porosity*.

1. Sampel tanah yang akan diuji dikringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan uji proktor.
2. Alat proktor dilepas, diukur diameter dan tingginya lalu ditimbang, serta alat pemadatan.
3. Ambil sampel tanah kering dan ayak menggunakan saringan nomor 4 (diameter 4,76mm), kemudian tanah tersebut dibagi menjadi 5 bagian dengan masing-masing 2 kg.

4. Setiap bagian sampel tanah dimasukkan dalam alat proktor dan ditumbuk sebanyak 25 kali berturut-turut.
5. Setelah itu cincin proktor atau bagian atas dilepas perlahan dan tanah dalam tabung diratakan dengan pisau perata,
6. Timbanglah cetakan yang berisi benda uji beserta keping alas.
7. Untuk sampel tanah berikutnya dengan cara yang sama dengan jumlah penambahan kadar air yang berbeda hingga batas maksimum.



Gambar 3.11 Proctor Modifikasi

3.4 Analisa Data Laboratorium

Setelah pengujian selesai diperoleh data – data dari pengujian sifat fisik dan sifat mekanik, lalu data dikumpulkan kemudian dilakukan analisa data. Semua hasil yang didapatkan dari penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik dan deskripsi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah analisa pengaruh penambahan arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* terhadap stabilisasi tanah lempung ekspansif. Metode penelitian yang digunakan adalah berdasarkan data dari uji di laboratorium. Dari data tersebut kemudian dipergunakan sebagai analisa kepadatan tanah optimum yang dihasilkan dari stabilisasi tanah asli dan tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum*. Adapun prosentase campuran yang dicoba sebesar 6%, 10%, dan 14% untuk arang tempurung kelapa dan prosentase campuran 6%, 10%, dan 14%, untuk limbah *gypsum*. Prosentase campuran tersebut kami pilih karena jika dilihat dari penelitian terdahulu belum ada yang menggunakan presentase tersebut sebagai bahan campuran, dan juga sesuai dengan standar pencampuran Arang tempurungkelapa dan limbah *gypsum* untuk tanah.

4.1 Klasifikasi Tanah Ekspansif

Hasil uji laboratorium tanah asli ditunjukkan pada **Tabel 4.1** berikut:

Tabel 4.1 Hasil Laboratorium Tanah Asli

No	Pengujian Tanah Asli	Hasil	Satuan
1	Kadar Air (W)	42,88	%
2	Berat Jenis (GS)	2,438	%
3	<i>Direct Shear</i>		
	Kohesi (C)	0,36	kg/cm ²
	Sudut Geser Dalam (ϕ)	28,34	°
4	<i>Atterberg Limit</i>		
	<i>Liquid Limit</i> (LL)	54,32	%
	<i>Plastis Limit</i> (PL)	23,79	%
	Indeks Plastisitas (IP)	30,53	%
5	Analisa Saringan		

	Lempung (Clay)	48,65	%
	Lanau (Silt)	44,80	%
	Pasir (Sand)	6,47	%
	Kerikil (Gravel)	0,08	%
6	Proktor Modifikasi		
	Gamma Kering MAX (yd)	1,310	%
	Kadar Air Optimum (Wopt)	34,10	kg/cm ³
7	CBR	8,025	%

Dari klasifikasi tanah sistem USCS maka diklasifikasikan sebagai tanah lanau dan berlempung yang termasuk golongan CH (Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk). Sedangkan klasifikasi menurut AASHTO digolongkan sebagai tanah A - 7 - 5 yaitu merupakan tanah berlempung sedang hingga buruk. Untuk hasil pengolahan data pengujian tanah asli dapat dilihat pada Lampiran I Tabel Hasil Pengolahan Data Tanah Asli.

Untuk menunjukkan hubungan potensi pengembangan tanah ekspansif pada suatu tanah, bisa digunakan beberapa metode yaitu :

- a. Chen (1988) mengkelompokkan klasifikasi potensi pengembangan berdasarkan hubungan indeks pengembangan *Liquid Limit* (LL) dan Indeks Plastisitas (IP) seperti pada **Tabel 4.2** berikut ini.

Tabel 4.2. Hubungan Potensi Pengembangan dan Indeks Plastisitas (Chen, 1988)

Indeks Pengembangan (LL)	Indeks Pengembangan (IP)	Potensi Pengembangan
> 65	> 35	Sangat tinggi
40 – 60	20 – 55	Tinggi
30 – 40	10 – 35	Sedang
< 30	0 – 15	Rendah

Berdasarkan **Tabel 4.2** nilai batas cair (LL) sebesar 54,32% dan indeks plastisitas (IP) 30,53%, maka dapat diklasifikasikan tanah Desa

Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah ini merupakan tanah lempung potensi pengembangan tinggi.

- b. Hubungan Derajat Pengembangan Tanah Berdasarkan Indeks Plastisitas Menurut ASTM D-1883

Tabel 4.3. Perkiraan Derajat dan Persen Pengembangan Berdasarkan Indeks Plastisitas (ASTM D-1883)

Indeks Plastisitas (ASTM D-424)	Derajat Pengembangan	Persen Pengembangan (ASTM D-424)
0 - 10	Tidak Ekspansif	2 Atau Kurang
10 - 20	Agak Ekspansif	2 - 4
> 20	Ekspansif Tinggi	> 4

Pada **Tabel 4.3** klasifikasi tanah ekspansif ASTM D –1988 dapat dilihat dari nilai indeks plastisitas (IP) yaitu 30,53%, maka dapat diklasifikasikan tanah Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah ini merupakan tanah lempung ekspansif tinggi.

- c. Chen (1975) Mengelompokkan Klasifikasi Hubungan Antara Indeks Plastisitas Terhadap Potensial Pengembangan.

Tabel 4.4 Hubungan Antara Indeks Plastisitas Terhadap Potensial Pengembangan (Chen,1975)

Potensial Pengembangan	Indeks Plastisitas (%)
Rendah	0 – 15
Sedang	15 - 35
Tinggi	20 - 55
Sangat tinggi	>55

Pada **Tabel 4.4**, nilai indeks plastisitas (IP) sebesar 30,53% maka dapat diklasifikasikan tanah Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah ini merupakan tanah dengan potensial tinggi.

Berdasarkan dari ketiga metode diatas dapat diklasifikasikan tanah Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah ini merupakan tanah lempung ekspansif dengan potensi pengembangan tinggi.

4.2 Hasil Analisa Perkuatan Tanah Dengan Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum*

4.2.1 Kadar Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam sampel tanah dengan kedalaman 1 meter dari tanah dari Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Dengan pengujian tanah asli 0% dan tanah campuran arangtempurung kelapa sebesar 6%, 10%, dan 14%, serta campuran limbah *gypsum* 6%, 10%, dan 14%, serta campuran keduanya antara arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* sebesar 3%+3%, 5%+5%, dan 7%+7% (prosentase diperoleh dari penelitian terdahulu).

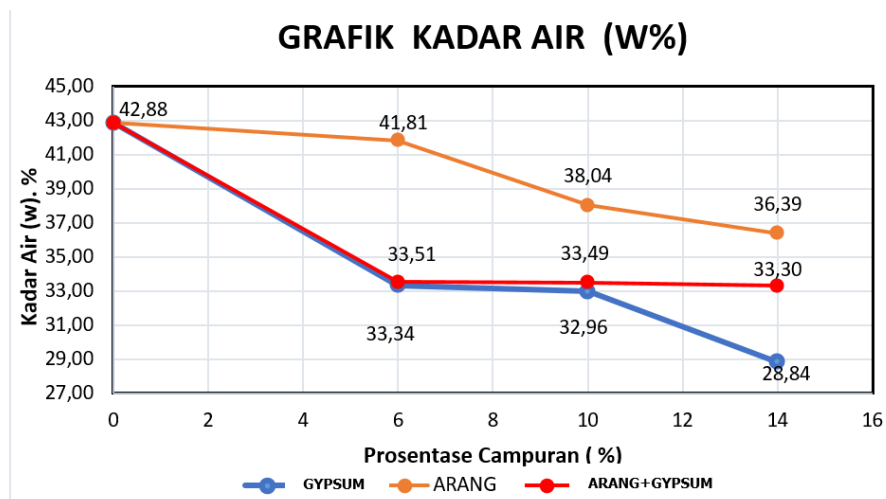
Hasil dari pengujian kadar air di laboratorium sampel tanah campuran Arang Tempurung Kelapa diperoleh data seperti dalam **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Campuran

Sample	Kadar Air (%)
0%	42,88
Arang Tempurung Kelapa	
6%	41,81
10%	38,04
14%	36,39

Limbah <i>Gypsum</i>	
6%	33,34
10%	32,96
14%	28,84
Arang Tempurung Kelapa + Limbah <i>Gypsum</i>	
3%+3%	33,51
5%+5%	33,49
7%+7%	33,30

Grafik perbandingan antara sempel tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* serta pencampuran arang tempurung kelapa ditambah limbah *gypsum* dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Grafik Kadar Air

Berdasarkan **Gambar 4.1** kadar air diatas diketahui bahwa semakin banyaknya atau besarnya penambahan campuran tanah lempung dan arang tempurung kelapa, limbah *gypsum* serta pencampuran antara arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum*, maka semakin turun dan semakin kecil kadar air yang terdapat didalam tanah. Hal itu terjadi karena sifat dari arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* yang berfungsi sebagai zat pengikat antara butiran tanah sehingga butiran – butiran tanah menjadi semakin rapat.

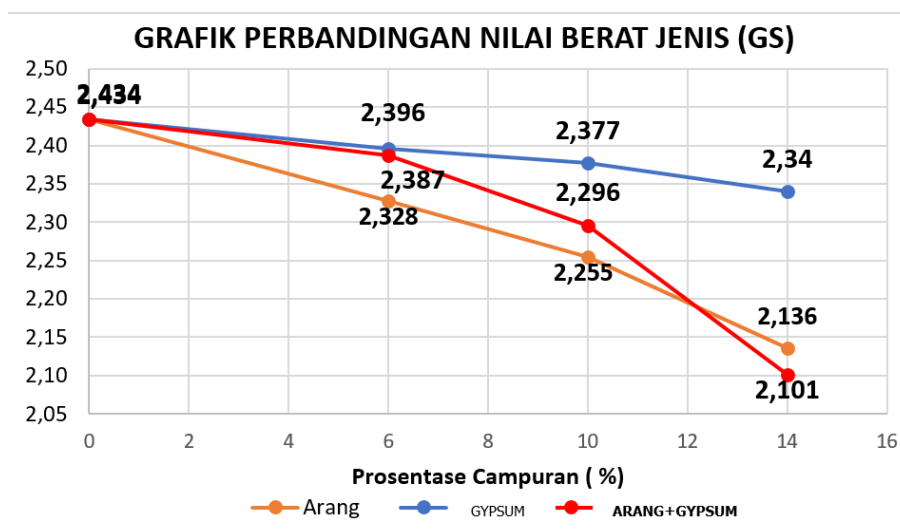
4.2.2 Berat Jenis Tanah (Gs)

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan harga berat jenis butir tanah (Gs) pada sampel tanah dengan kedalaman 1 m dari Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Hasil pengujian berat jenis di laboratorium diperoleh data seperti dalam **Tabel 4.6**

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Piknometer Tanah Campuran

No	Sampel	Piknometer				HAP	Gs
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest		
1	0%	31,26	81,15	60,86	98,63	50,10	2,434
<i>Arang Tempurung Kelapa</i>							
2	6%	27,25	77,34	57,64	94,72	50,29	2,328
3	10%	32,07	81,77	63,22	99,15	49,90	2,255
4	14%	30,56	80,52	58,4	35,37	50,16	2,136
<i>Limbah Gypsum</i>							
5	6%	31,23	81,29	62,7	99,68	50,27	2,396
6	10%	26,62	76,46	26,62	91,4	50,05	2,377
7	15%	27,29	77,13	58,24	94,91	50,5	2,340
<i>Arang Tempurung Kelapa + Limbah Gypsum</i>							
8	6%	30,56	80,69	61,09	98,47	50,33	2,387
9	10%	29,63	79,57	59,16	96,28	50,14	2,296
10	14%	34,14	83,69	61,25	97,94	49,75	2,101

Grafik hasil perhitungan pengujian berat jenis sampel tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2. Grafik Berat Jenis Tanah

Berdasarkan **Gambar 4.2** Grafik hasil yang didapatkan dari uji berat jenis tanah di laboratorium, diperoleh semakin ditambahkan prosentase campuran maka nilai GS semakin menurun karena berat butiran pada campuran semakin ringan.

4.2.3 Atterberg Limit

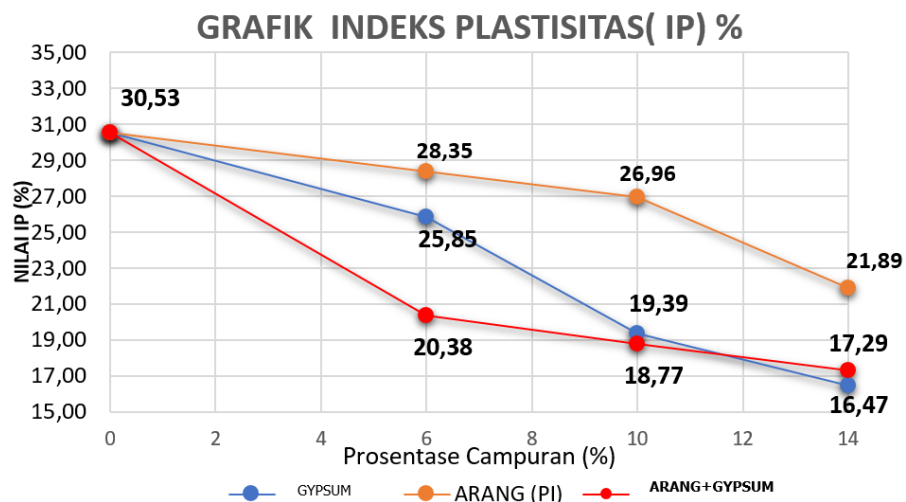
Hasil pengujian Batas – batas *Atteberg* sampel tanah asli yang telah dicampurkan dengan arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* ditunjukkan pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7. Hasil Pengujian *Atterberg Limit* Tanah Campuran

Sampel	Batas – Batas Atteberg		
	LL (%)	PL (%)	IP (%)
0 %	54,32	23,79	30,53
Arang Tempurung Kelapa			
6%	53,98	22,34	28,35

10%	49,30	22,34	26,96
14%	45,47	23,58	21,89
<i>Limbah Gypsum</i>			
6%	53,89	28,04	25,85
10%	49,05	29,67	19,39
14%	47,49	31,02	16,47
<i>Arang Tempurung Kelapa + Limbah Gypsum</i>			
6%	48,83	28,45	20,38
10%	48,12	29,35	18,77
14%	47,08	29,79	17,29

Grafik perbandingan indeks plastisitas antara sampel tanah campuran arang tempurung kelapa, limbah *gypsum*, dan arang tempurung kelapa ditambahkan limbah *gypsum* dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3. Grafik Indeks Plastisitas

Berdasarkan grafik pada **Gambar4.3**, menunjukkan bahwa asil prosentase campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* maksimum terjadi pada campuran 14%. Karena semakin banyak prosentase campuran maka nilai indeks plastisitas semakin menurun, yang artinya bahwa karakteristik tanah semakin baik.

4.2.4 Direct Shear

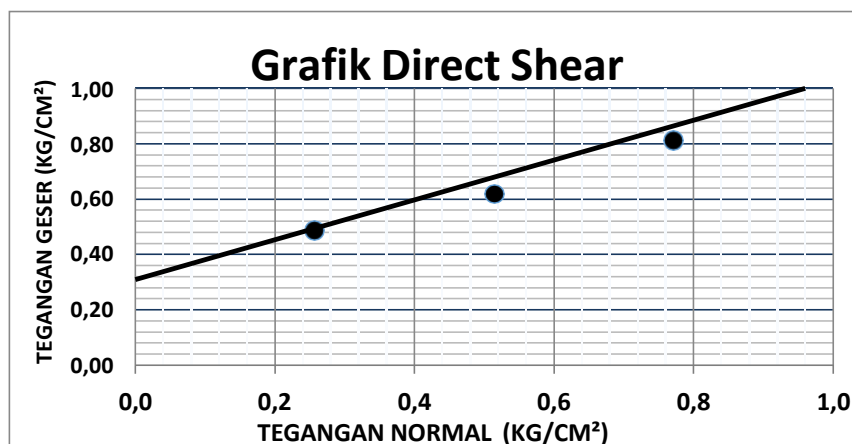
Uji *direct shear* ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kohesi dan sudut geser dalam sampel tanah hasil pemadatan *proctor* dengan variasi yang berbeda. Dari hasil uji *direct shear* ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan *Direct Shear*

Sampel	Percobaan	Beban	Koreksi Beban	Pembacaan Dial	Tegangan Normal	Tegangan Geser
0%	1	8	7,987	43	0,25	0,51
	2	16	16,166	60	0,51	0,72
	3	24	24,041	75	0,77	0,90
Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa						
6%	1	8	7,987	40	0,25	0,48
	2	16	16,166	51	0,51	0,61
	3	24	24,041	67	0,77	0,80
10%	1	8	7,987	41	0,25	0,49
	2	16	16,166	53	0,51	0,63
	3	24	24,041	69	0,77	0,83
14%	1	8	7,987	42	0,25	0,50
	2	16	16,166	57	0,51	0,68
	3	24	24,041	72	0,77	0,86
Tanah Campuran Limbah Gypsum						
6%	1	8	7,987	36	0,25	0,39
	2	16	16,166	48	0,51	0,50
	3	24	24,041	64	0,77	0,70
10%	1	8	7,987	35	0,25	0,42
	2	16	16,166	45	0,51	0,54
	3	24	24,041	61	0,77	0,73
14%	1	8	7,987	33	0,25	0,43
	2	16	16,166	42	0,51	0,57
	3	24	24,041	58	0,77	0,77
Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa + Limbah Gypsum						
3% + 3%	1	8	7,987	37	0,25	0,44
	2	16	16,166	58	0,51	0,70
	3	24	24,041	68	0,77	0,82
5% + 5%	1	8	7,987	40	0,25	0,48
	2	16	16,166	62	0,51	0,74
	3	24	24,041	72	0,77	0,86

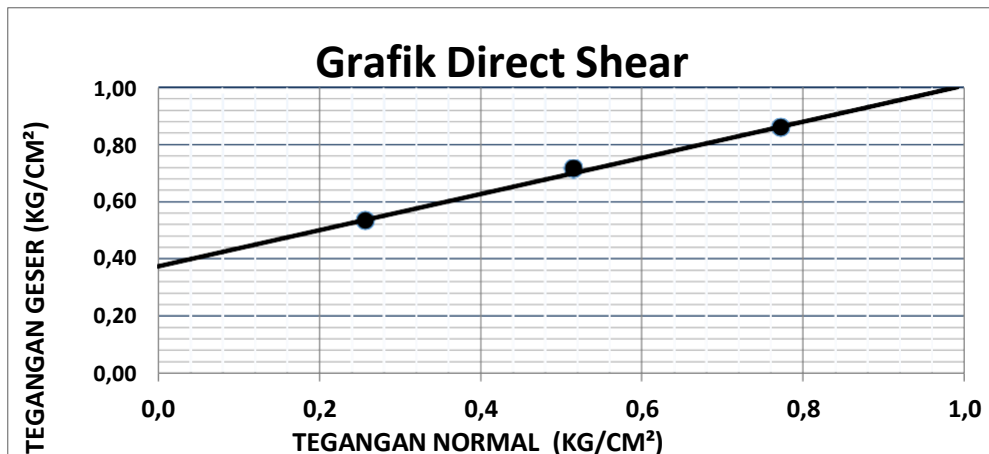
7% + 7%	1	8	7,987	41	0,25	0,49
	2	16	16,166	64	0,51	0,77
	3	24	24,041	74	0,77	0,89

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 4.8**, membuat grafik perbandingan tegangan normal dan tegangan geser akibat variasi beban yang berbeda-beda untuk menentukan nilai kohesi dan sudut geser dalam. Buat titik dari angka tegangan normal menuju angka besar tegangan yang terjadi. Setelah menjadi tiga titik dari hasil pengujian dengan berat beban yang berbeda, buat garis yang melalui ketiga garis tersebut. Dari hasil garis yang bersinggungan dengan ketiga titik tersebut didapat nilai kohesi dan sudut geser dalam sesuai dengan kondisi tanah yang telah diuji. Untuk masing- masing sampel tanah yang diuji memiliki campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* dengan berbagai variasi. Berikut grafik *direct shear* sampel tanah asli dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



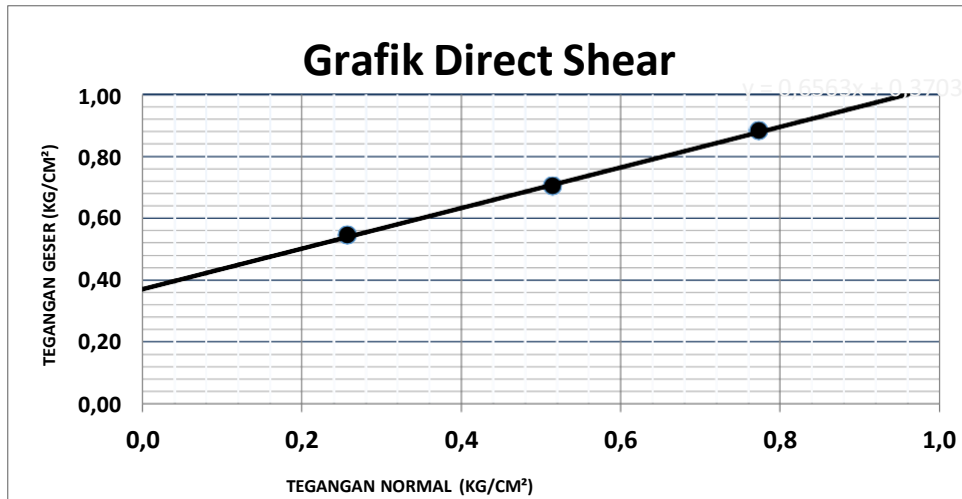
Gambar 4.4. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Asli

Dari **Gambar 4,4** di atas, didapat sudut geser sampel tanah asli sebesar $28,34^\circ$ dan kohesi sebesar $0,358 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa 6% dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



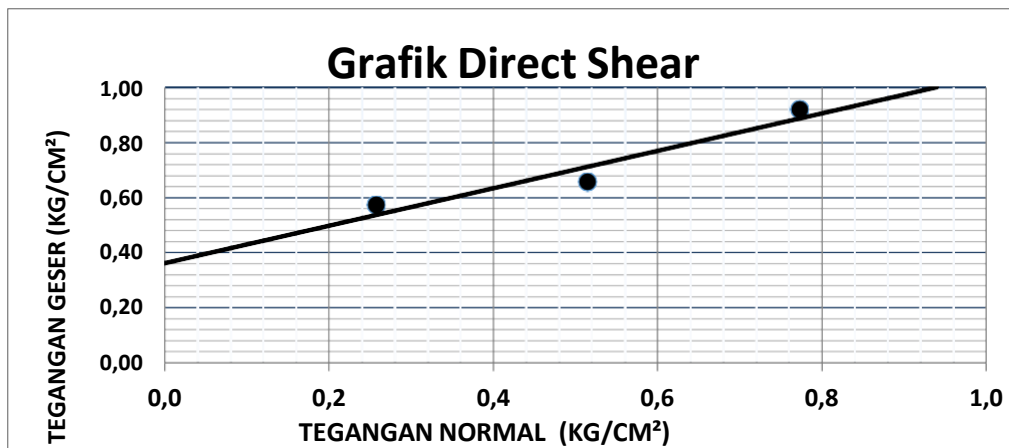
Gambar 4.5. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 6%

Dari **Gambar 4.5** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran arang tempurung kelapa 6% sebesar $32,31^\circ$ dan kohesi sebesar $0,309 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa 10% dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



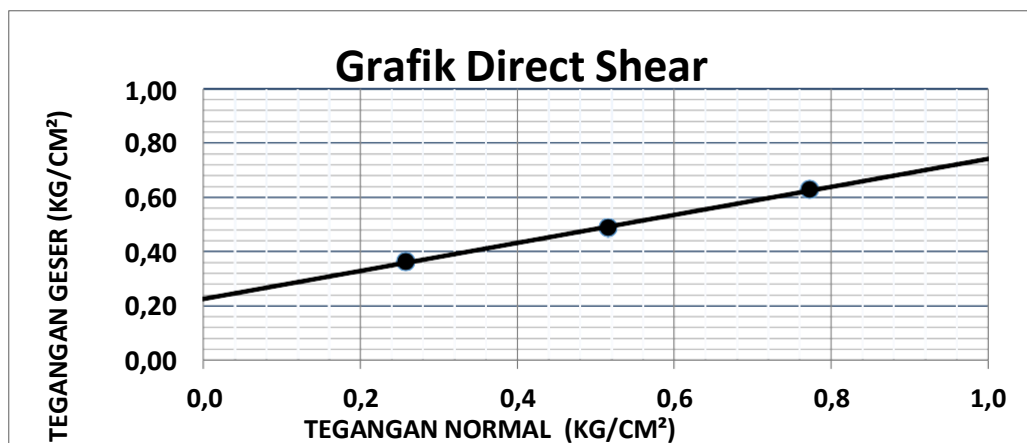
Gambar 4.6. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 10%

Dari **Gambar 4.6** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran arang tempurung kelapa 10% sebesar $33,28^\circ$ dan kohesi sebesar $0,317 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa 14% dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



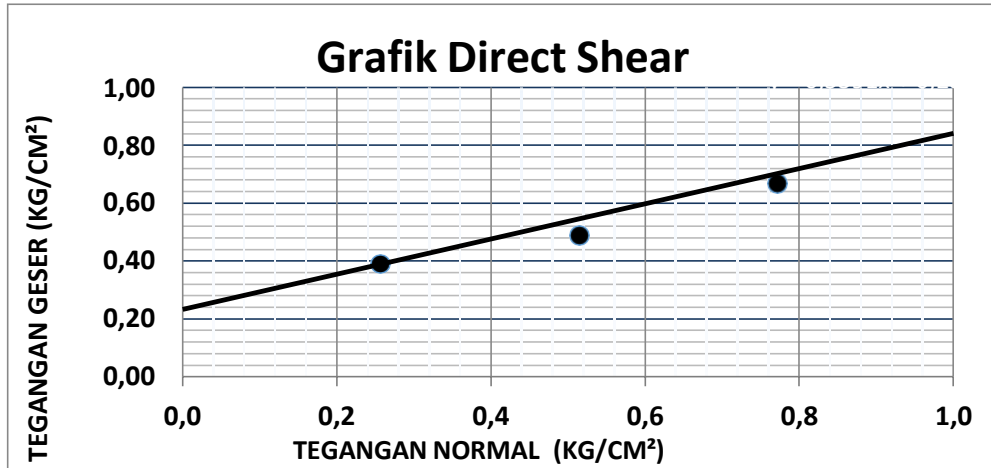
Gambar 4.7. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campura Arang Tempurung Kelapa 14%

Dari **Gambar 4.7** grafik diatas, didapat sudut gesertanah campuran arang tempurung kelapa 14% sebesar $35,13^\circ$ dan kohesi sebesar $0,326 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran *limbah gypsum* 6% dapat dilihat pada **Gambar 4.8**



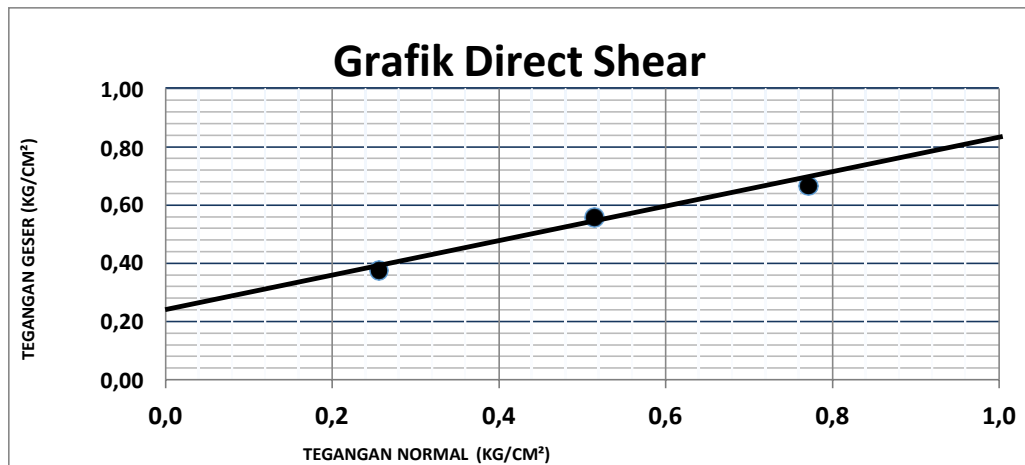
Gambar 4.8. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Limbah *Gypsum* 6%

Dari **Gambar 4.8** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran *limbah gypsum* 6% sebesar $30,34^\circ$ dan kohesi sebesar $0,233 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran *limbah gypsum* 10% dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



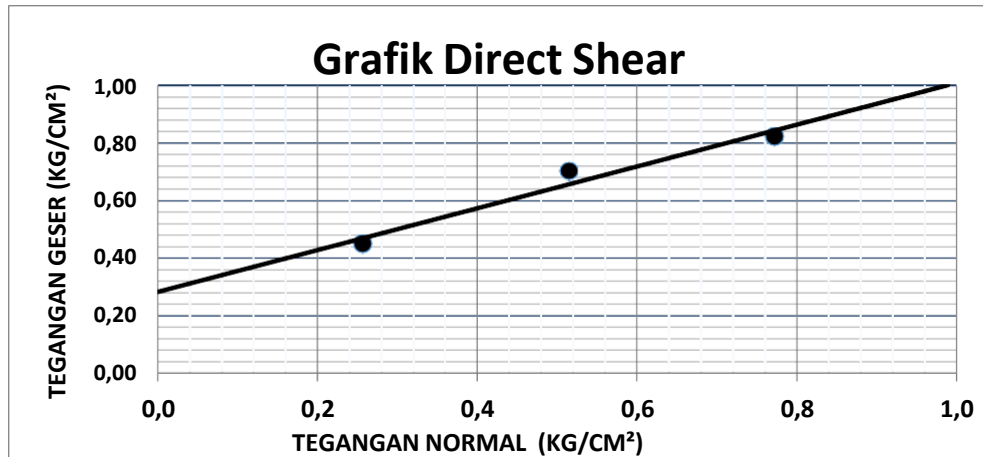
Gambar 4.9. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Limbah *Gypsum* 10%

Dari **Gambar 4.9** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran limbah *gypsum* 10% sebesar $31,36^\circ$ dan kohesi sebesar $0,253 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran limbah *gypsum* 14% dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



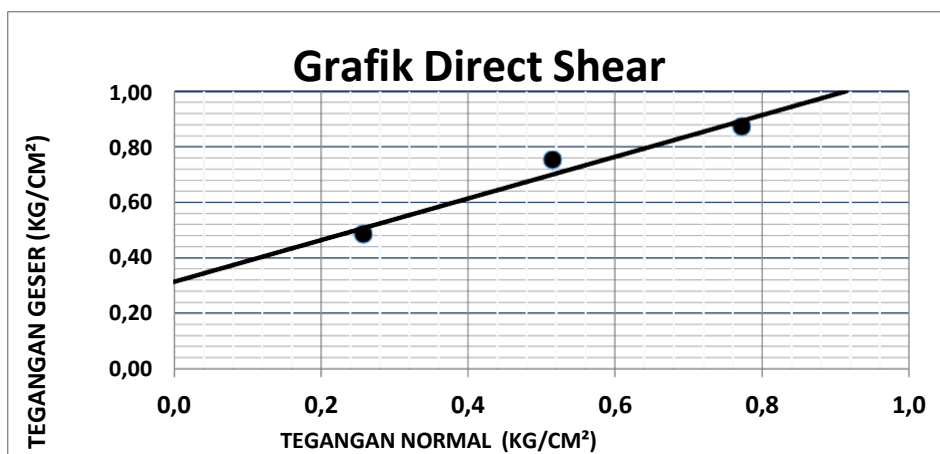
Gambar 4.10. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Limbah *Gypsum* 14%

Dari **Gambar 4.10** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran limbah *gypsum* 14% sebesar $33,28^\circ$ dan kohesi sebesar $0,258 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 6% dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



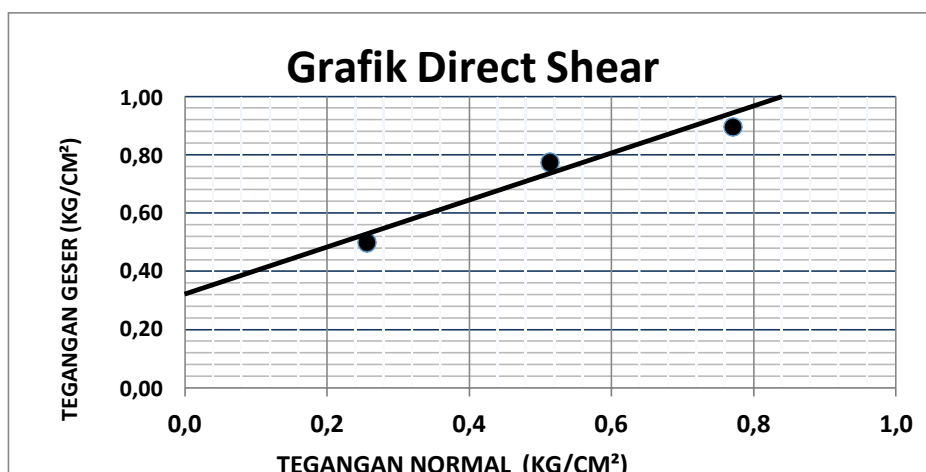
Gambar 4.11. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* 6%

Dari **Gambar 4.11** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 6% sebesar $36,00^\circ$ dan kohesi sebesar $0,281 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 10% dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* 10%

Dari **Gambar 4.12** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 10% sebesar $36,89^\circ$ dan kohesi sebesar $0,313 \text{ kg/cm}^2$. Berikut grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 14% dapat dilihat pada **Gambar 4.14**



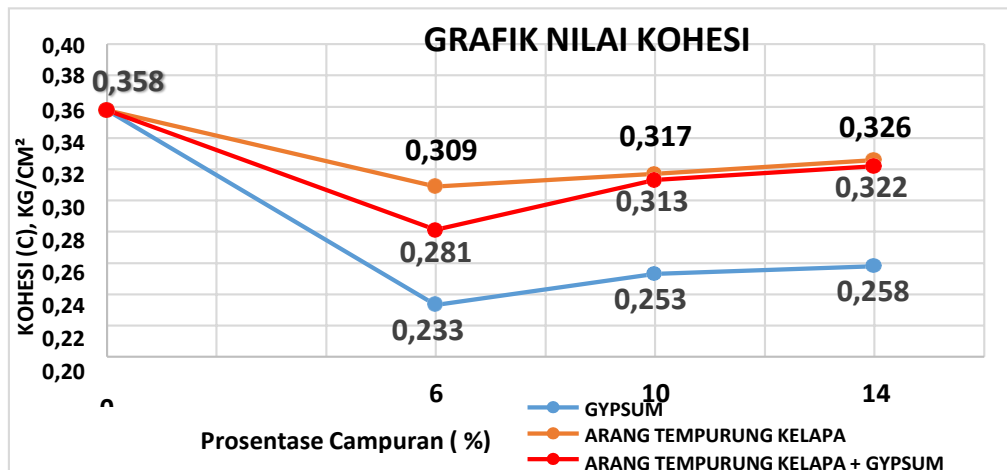
Gambar 4.13. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran ArangTempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* 14%

Dari **Gambar 4.13** grafik di atas, didapat sudut geser tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 14% sebesar $37,72^\circ$ dan kohesi sebesar $0,32 \text{ kg/cm}^2$. Berikut Hasil penggambaran grafik *direct shear* sampel tanah asli dan campuran arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9. Hasil Penggambaran Grafik *Direct Shear* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum*

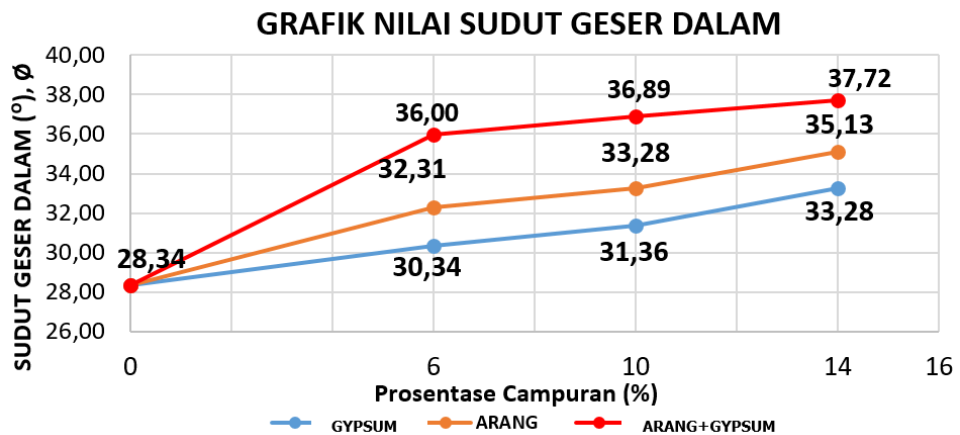
SAMPEL	Kohesi (C)	SudutGeser Dalam $^\circ$
0%	0,358	28,34
<i>Arang Tempurung Kelapa</i>		
6%	0,30	32,31
10%	0,31	33,28
14%	0,326	35,13
<i>Limbah Gypsum</i>		
6%	0,233	30,34
10%	0,253	31,36
14%	0,258	33,28
<i>Arang Tempurung Kelapa + Limbah Gypsum</i>		
6%	0,281	36,00
10%	0,313	36,89
14%	0,32	37,72

Perbandingan hasil nilai kohesi dari pengujian sampel antar tanah asli campuran arang tempurung kelapa, tanah asli campuran limbah *gypsum* dan tanah asli campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* dapat dilihat dalam **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14 Gambar Nilai Kohesi Tanah

Sedangkan perbandingan hasil nilai sudut geser dalam dari pengujian antara sampel tanah campuran arang tempurung kelap, tanah asli campuran limbah *gypsum* dan tanah asli campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* dapat dilihat dalam **Gambar 4.15**.



Gambar 4.15. Grafik Nilai Sudut Geser Dalam

Berdasarkan **Gambar 4.14** dan **Gambar 4.15** hasil dari uji *direct shear* didapat nilai kohesi tanah campuran arang tempurung kelapa, limbah *gypsum*, dan campuran keduanya mengalami peningkatan. Serta didapat nilai optimum pada pencampuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* prosentase 14 % sebesar 0,233 kg/cm².

Sedangkan, pada sudut geser nilainya bertambah dengan nilai semula pada tanah asli sebesar 28,34° menjadi 35,13° pada tanah campuran arang tempurung kelapa, 33,28° pada tanah campuran limbah *gypsum* dan 37,72° pada tanah campuran arang tempurung kelapa ditambah limbah *gypsum*. Meningkatnya sudut geser dikarenakan semakin banyaknya campuran yang artinya bahwa daya dukung tanah semakin meningkat.

4.2.5 Proktor Modifikasi

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air optimum (w_{opt}), berat volume basah optimum (Y_b), berat volume kering tanah optimum (Y_k), dan prosentase pori/*porosity*. Pada percobaan proktor ini menggunakan 10 sampel dengan kadar air yang berbeda-beda dari percobaan proktor modifikasi maka didapatkan hasil perhitungan seperti pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Asli

Sampe l	No. Percobaa n	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	n (%)	e	ZAV
0%	I	31,26	1,56	1,19	51,24	1,05	1,38
	II	32,70	1,71	1,29	47,18	0,89	1,36
	III	34,17	1,80	1,34	45,03	0,81	1,33
	IV	34,96	1,72	1,27	47,75	0,91	1,31
	V	37,09	1,61	1,17	51,79	1,07	1,28

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

Sampel	No. Percobaan	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	n (%)	e	ZAV
6%	I	30,11	1,54	1,18	49,18	0,967	1,37
	II	31,97	1,66	1,25	46,11	0,855	1,33
	III	32,23	1,82	1,37	40,97	0,694	1,33
	IV	34,01	1,65	1,23	47	0,887	1,30
	V	36,09	1,59	1,17	49,73	0,989	1,27
10%	I	29,57	1,59	1,23	45,62	0,839	1,35
	II	32,61	1,67	1,26	44,18	0,791	1,30
	III	33,33	1,72	1,29	42,88	0,75	1,29
	IV	34,54	1,66	1,23	45,24	0,826	1,27
	V	37,56	1,63	1,18	47,46	0,903	1,22
14%	I	28,27	1,52	1,18	44,68	0,807	1,33
	II	31,18	1,61	1,23	42,49	0,739	1,28
	III	33,10	1,66	1,25	41,62	0,712	1,25
	IV	34,82	1,57	1,17	45,35	0,83	1,23
	V	37,04	1,52	1,11	48,06	0,925	1,19

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Campuran Limbah *Gypsum*

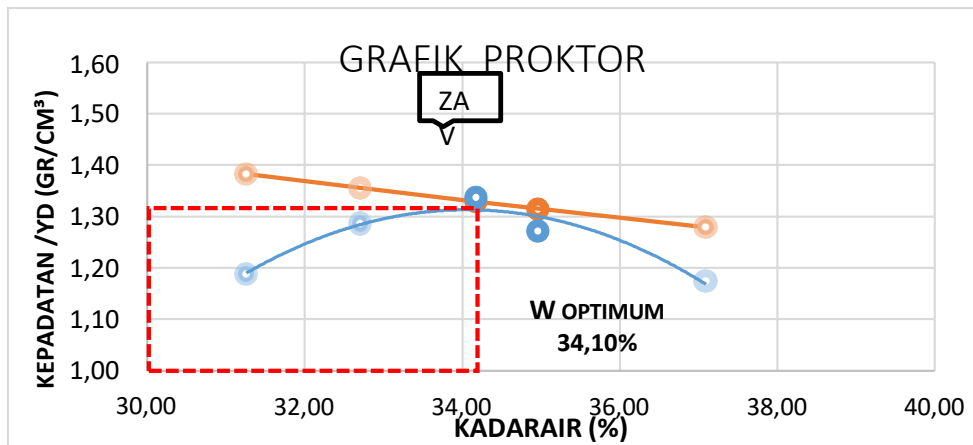
Sampel	No. Percobaan	w (%)	γ_b (gr/cm)	γ_k (gr/cm)	n (%)	e	ZAV
6%	I	28,95	1,57	1,41	49,2	0,968	1,41
	II	32,34	1,67	1,35	47,31	0,898	1,35
	III	36,25	1,70	1,28	48,07	0,925	1,28
	IV	37,53	1,67	1,26	49,28	0,971	1,26
	V	39,36	1,48	1,23	55,66	1,255	1,23
10%	I	25,78	1,48	1,47	50,63	1,025	1,47
	II	30,16	1,63	1,25	47,38	0,9	1,38
	III	33,31	1,69	1,27	46,77	0,878	1,33
	IV	35,09	1,67	1,23	48,07	0,925	1,30
	V	40,07	1,53	1,09	53,95	1,171	1,22
14%	I	25,93	1,55	1,23	47,44	0,902	1,46
	II	29,41	1,60	1,24	47,05	0,888	1,39
	III	31,47	1,67	1,27	45,77	0,844	1,35
	IV	32,86	1,61	1,21	48,19	0,93	1,32
	V	36,61	1,58	1,15	50,64	1,026	1,26

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Proktor Modifikasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum*

Sampel	No. Percobaan	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	n (%)	e	ZAV
3%+3%	I	26,22	1,59	1,26	47,32	0,898	1,47
	II	28,14	1,67	1,30	45,53	0,836	1,43
	III	30,18	1,69	1,30	45,58	0,837	1,39
	IV	33,22	1,68	1,26	47,05	0,888	1,33
	V	35,56	1,60	1,18	50,42	1,017	1,29
5%+5%	I	24,21	1,51	1,21	47,20	0,894	1,48
	II	27,79	1,61	1,26	44,95	0,816	1,40
	III	31,05	1,72	1,32	42,72	0,745	1,34
	IV	34,18	1,61	1,20	47,76	0,914	1,29
	V	36,20	1,58	1,16	49,56	0,982	1,25
7%+7%	I	24,81	1,48	1,19	43,37	0,765	1,38
	II	28,37	1,63	1,27	39,40	0,650	1,32
	III	30,37	1,66	1,26	39,80	0,661	1,27
	IV	31,76	1,61	1,22	41,84	0,719	1,26
	V	33,41	1,50	1,12	46,58	0,872	1,23

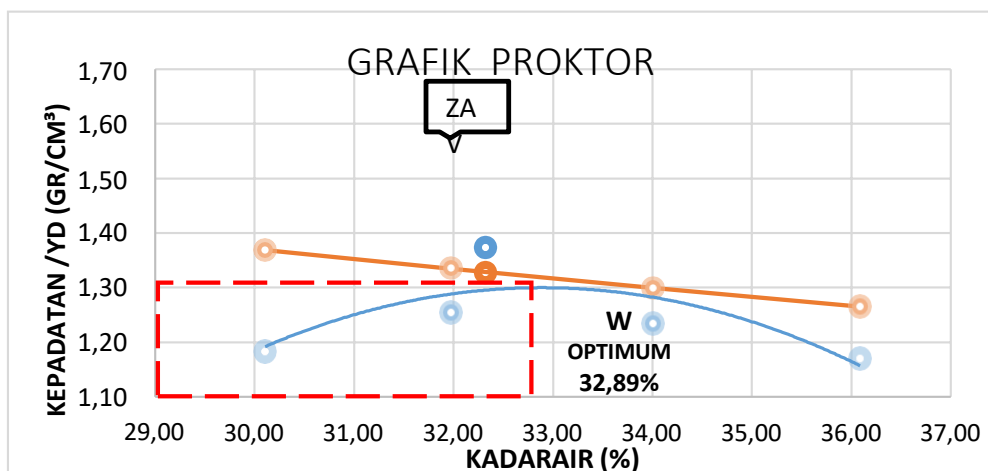
Untuk menentukan besarnya volume kadar air suatu kondisi tanah dengan berat keringnya maka dilakukan suatu proses pemadatan tanah yang disesuaikan dengan kondisi aslinya. Proses pemadatan tanah di laboratorium dilakukan dengan variasi kadar air yang berbeda - beda sehingga mendapatkan kondisi optimum (wopt). Dari data hasil perhitungan pada **Tabel 4.10**, **Tabel 4.11**, **Tabel 4.12** dan **Tabel 4.13** didapatkan grafik-grafik seperti pada gambar dibawah ini.

Gambar 4.16. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah asli.



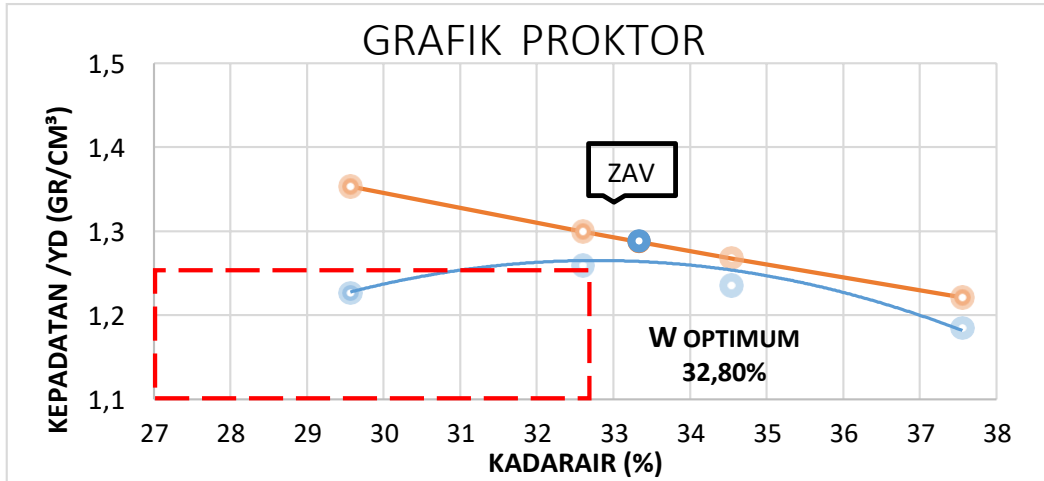
Gambar 4.16. Grafik Wopt SampeI Tanah Asli

Gambar 4.17. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa 6%



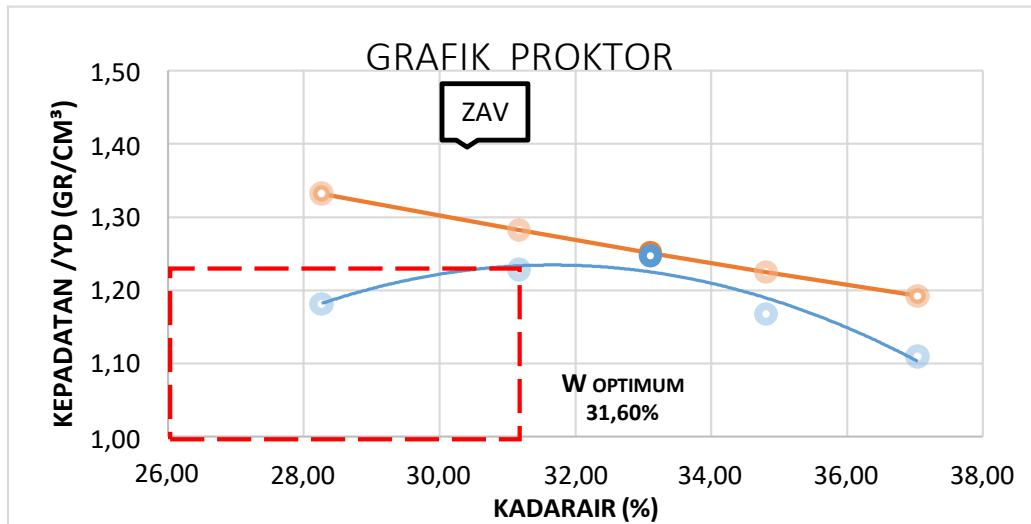
Gambar 4.17. Grafik Wopt SampeI Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 6%

Gambar 4.18. menunjukkan grafik kondisi optimum pematatan tanah padatanah campuran arang tempurung kelapa 10%



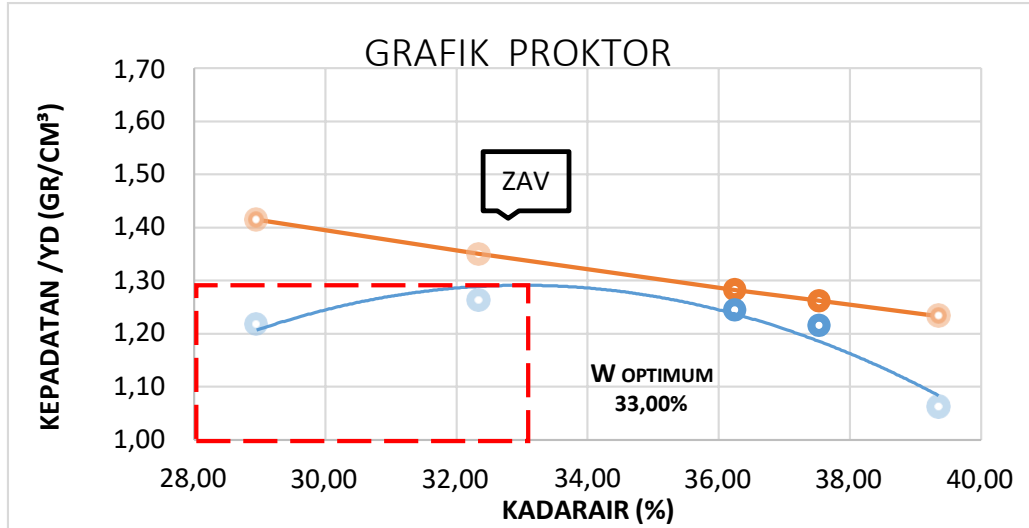
Gambar 4.18. Grafik Wopt SampeI Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 10%

Gambar 4.19. menunjukkan grafik kondisi optimum pematatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa 14%



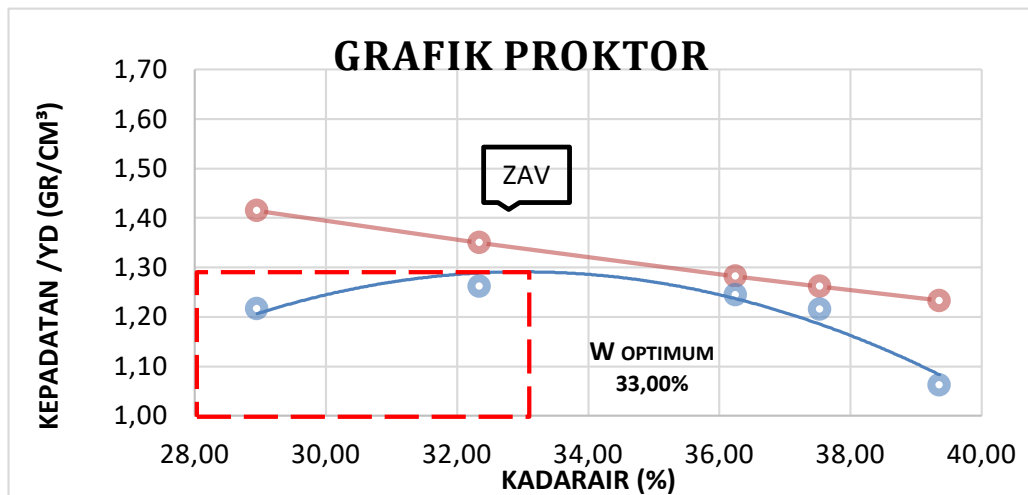
Gambar 4.19. Grafik Wopt SampeI Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 14%

Gambar 4.20 menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran limbah gypsum 6%



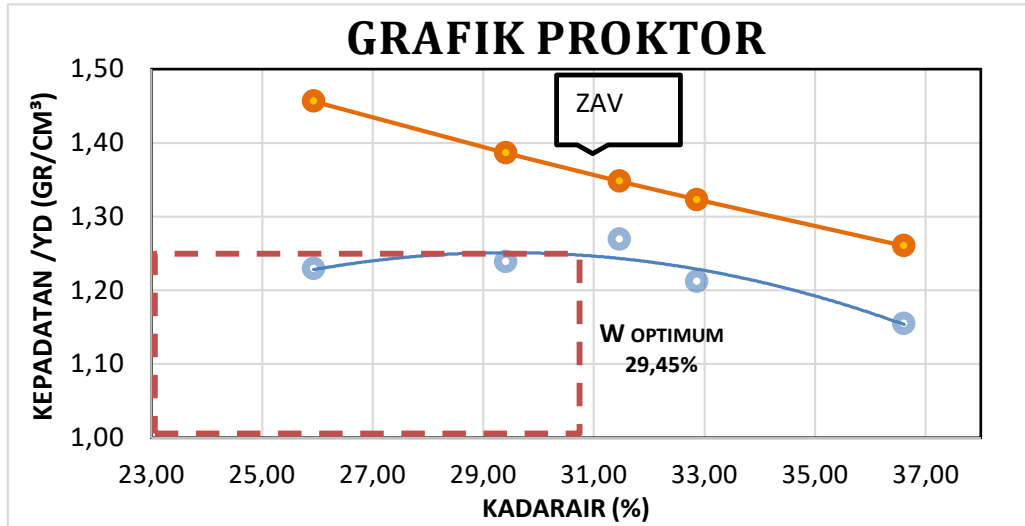
Gambar 4.20. Grafik Wopt SampeI Tanah Campuran Limbah Gypsum6%

Gambar 4.21. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran limbah gypsum 10%



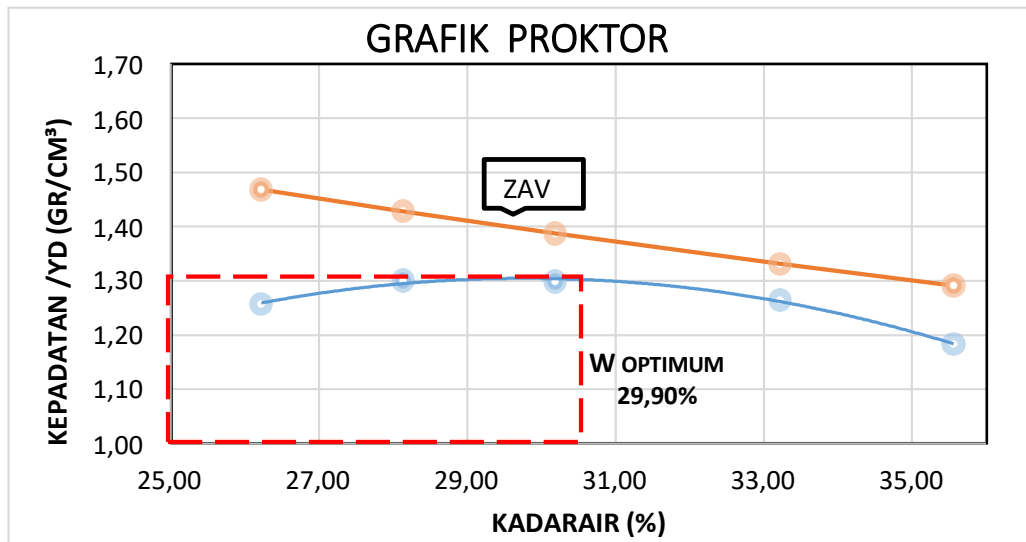
Gambar 4.21. Grafik Wopt SampeI Tanah Campuran Limbah Gypsum10%

Gambar 4.22. menunjukkan grafik kondisi optimum pematatan tanah pada tanah campuran limbah *gypsum* 14%



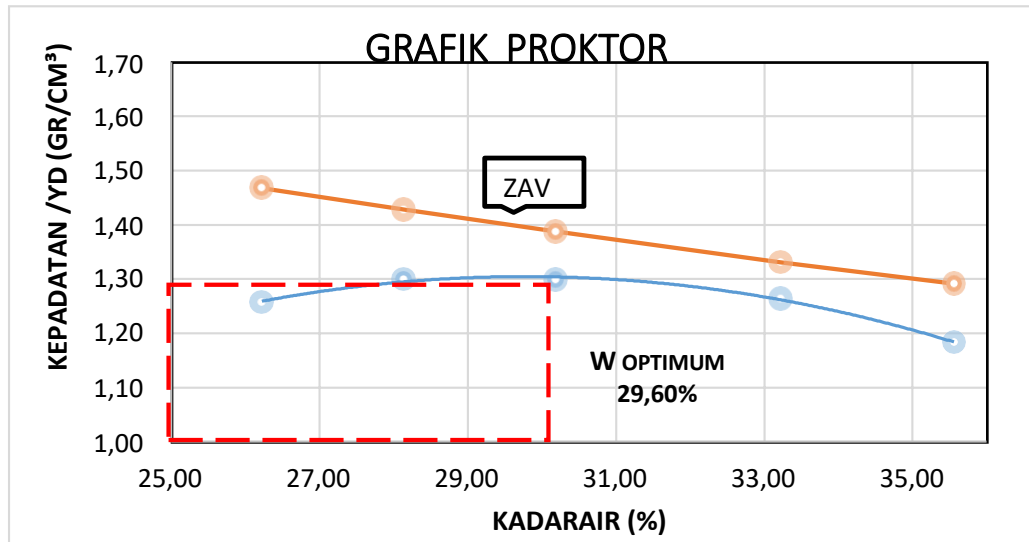
Gambar 4.22. Grafik Wopt Sampel Tana Campuran Limbah *Gypsum* 14%

Gambar 4.23. menunjukkan grafik kondisi optimum pematatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 6%



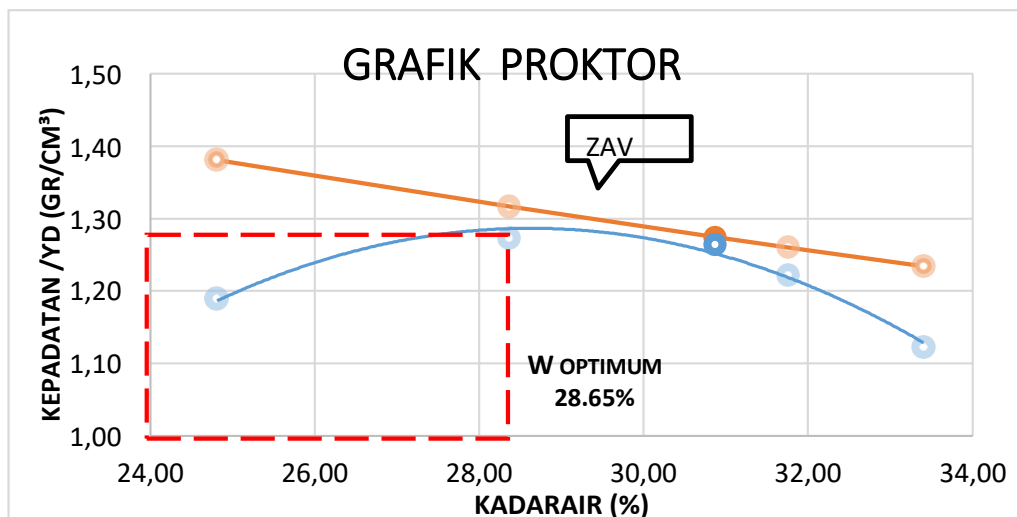
Gambar 4.23. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* 6%

Gambar 4.24. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 10%



Gambar 4.24. Grafik Wopt SampeI Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* 10%

Gambar 4.25. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 14%

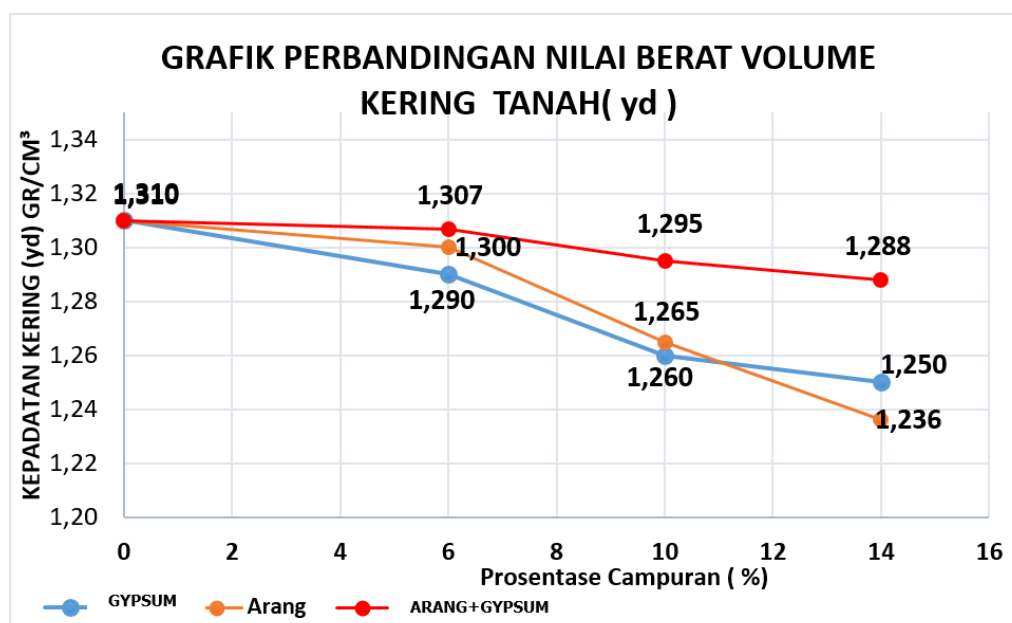


Gambar 4.25. Grafik Wopt SampeI Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* 14%

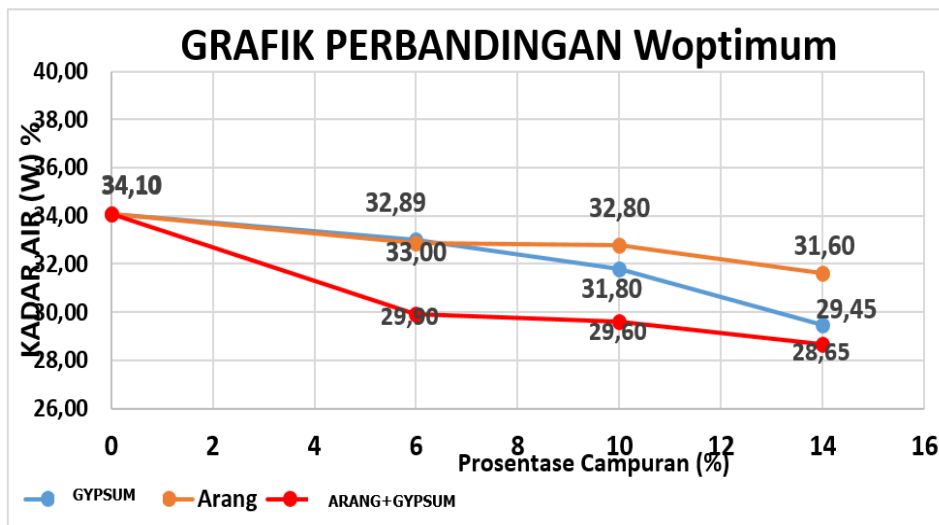
Berdasarkan hasil grafik diatas, maka sampel tanah di Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan memiliki kadar air optimum (wopt) dan volume berat kering maksimum (γ_k) seperti pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Hasil Prokor Modifikasi Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum*

NO	SAMPEL	γ_k (gr/cm ³)	Wopt (%)
	0%	1,310	30,90
Campuran Arang Tempurung Kelapa			
2	6%	1,300	32,89
3	10%	1,265	32,80
4	14%	1,236	31,60
Limbah <i>Gypsum</i>			
5	6%	1,290	33,0
6	10%	1,260	31,80
7	14%	1,250	29,45
Arang Tempurung Kelapa + Limbah <i>Gypsum</i>			
8	6%	1,307	29,90
9	10%	1,295	29,60
10	16%	1,288	28,65



Gambar 4.26. Grafik Perbandingan Berat Volume Kering Tanah (γ_k)



Gambar 4.27. Grafik Perbandingan Kadar Air Optimum (Wopt)

Dari **Gambar 4.26** dan **Gambar 3.27** didapatkan grafik perbandingan nilai berat volume kering tanah asli sebesar $1,310 \text{ kg/cm}^3$ dan tanah campuran Arang Tempurung Kelapa dan Limbah *Gypsum* sebesar $1,288 \text{ kg/cm}^3$. Dan kadar air optimum tertinggi diperoleh dari tanah asli sebesar 34,10% dan kadar air optimum terendah diperoleh tanah dengan campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* sebesar 28,65%. Hal tersebut disebabkan karena adanya ikatan diantara tanah dengan campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* menempatkan air untuk menepati rongga-rongga pori air didalam tanah. Ini menunjukkan bahwa penurunan kadar air setiap prosentase meningkatkan stabilisasi tanah dan juga potensi pengembangan menjadi menurun.

4.2.6 CBR (*Unsoaked*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah asli dan juga tanah arang tempurung kelapa 6%, 10%, dan 14%, limbah *gypsum* 6%, 10%, dan 14%, arang tempurung kelapa ditambah limbah *gypsum* 6%, 10%, dan 14%, dengan menggunakan kadar volume air maksimal yang didapat dari hasil pengujian *proctor modified*. Dari hasil pengujian di laboratorium di peroleh data seperti pada **Tabel 4.15**.

Tabel 4.15 Hasil perhitungan CBR *Unsoaked*

Sampel	No	Berat Alat + Tanah (gr)	Berat Alat (gr)	Kadar Air (gr)	Berat Tanah Basah (gr)	γ basah (gr/cm ³)	γ kering (gr/cm ³)
0%	1	10798	7003	30,8	3638	1,7669	1,3123
Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa							
6%	1	10378	6390	31,6	3988	1,8063	1,3722
10%	2	10298	6390	31,5	3908	1,7701	1,3456
14%	3	10368	6390	31,4	4018	1,8199	1,385
Tanah Campuran Limbah Gypsum							
6%	1	10057	6270	32,9	3787	1,7153	1,2908
10%	2	9754	6885	31,7	3529	1,6631	1,263
14%	3	9820	6250	29,4	3570	1,617	1,2493
Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa + Limbah Gypsum							
3%+3%	1	10058	6270	31,4	37,88	1,7157	1,053
5%+5%	2	9769	6225	29,5	3544	1,6701	1,2901
17%+7%	3	9894	6250	28,6	3644	1,6505	1,2836

Dari pengujian CBR di laboratorium, dan didapatkan data penetrasi dari setiap sampel, seperti pada **Tabel 4.16**, **Tabel 4.17**, **Tabel 4.18** dan **Tabel 4.19**.

Tabel 4.16 Data Penetrasi Sampel Tanah Asli

T (Menit)	Penurunan		Jumlah Tumbukan	
	(Inch)	(Mm)	0%	
			Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	6	55,55
½	0,0250	0,64	9	83,33
1	0,0500	1,27	16	148,15
1½	0,0750	1,91	20	185,18
2	0,1	2,54	26	240,74
3	0,15	3,81	32	296,29
4	0,2	5,08	38	351,85
6	0,4	7,62	45	416,66
8	0,5	10,16	51	472,21

Tabel 4.17 Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

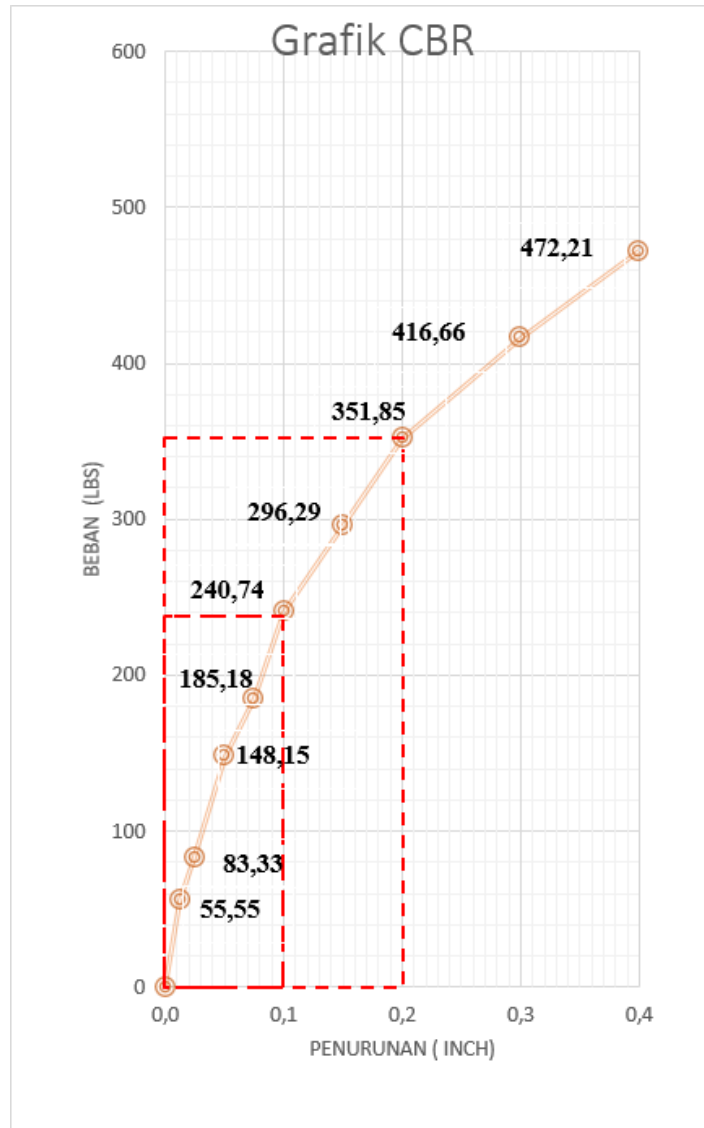
T (Menit)	Penurunan		Prosentase Campuran					
	(Inch)	(Mm)	6%		10%		14%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	4	37,04	9	83,33	9	83,33
½	0,025	0,64	10	92,04	16	148,15	11	101,85
1	0,050	1,27	16	148,15	21	194,44	19	175,92
1½	0,075	1,91	24	222,22	29	268,51	24	222,22
2	0,1	2,54	31	287,03	40	370,36	43	398,14
3	0,15	3,81	35	324,07	48	444,44	49	453,70
4	0,2	5,08	39	361,10	54	499,99	58	537,03
6	0,4	7,62	44	407,40	59	546,29	64	592,58
8	0,5	10,16	46	425,92	64	592,58	71	657,40

Tabel 4.18 Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Limbah *Gypsum*

T (Menit)	Penurunan		Prosentase Campuran					
	(Inch)	(Mm)	6%		10%		14%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	4	37,04	8	74,07	10	92,59
½	0,025	0,64	10	92,59	16	148,15	14	129,63
1	0,050	1,27	18	166,66	26	240,74	20	185,18
1½	0,075	1,91	24	222,22	33	305,55	31	287,03
2	0,1	2,54	33	305,55	42	379,62	45	416,66
3	0,15	3,81	41	379,62	48	444,44	53	490,73
4	0,2	5,08	48	444,44	61	564,81	62	574,06
6	0,3	7,62	54	499,99	76	703,69	68	629,62
8	0,4	10,16	61	564,81	92	851,84	73	675,91

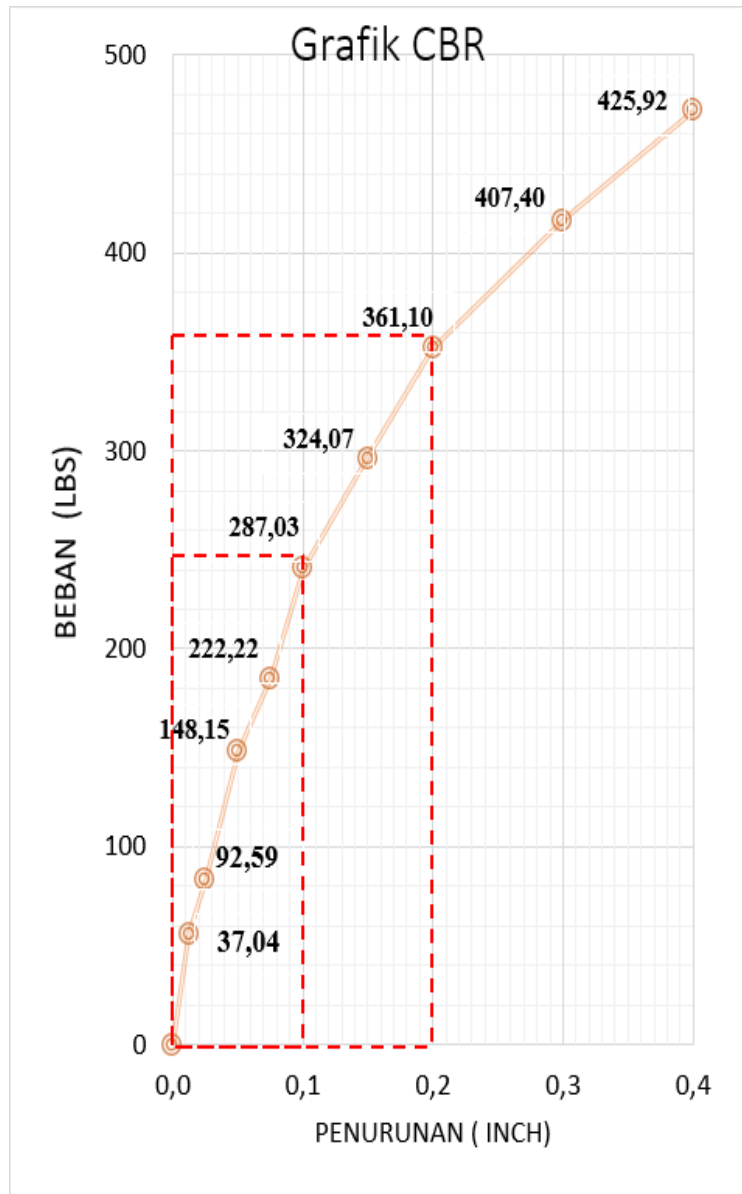
Tabel 4.19 Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa ditambah Limbah *Gypsum*

T (Menit)	Penurunan		Prosentase Campuran					
	(Inch)	(Mm)	6%		10%		14%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	6	55,55	8	74,07	9	83,33
½	0,025	0,64	14	129,63	16	148,15	16	148,15
1	0,050	1,27	19	175,92	26	240,74	26	240,74
1½	0,075	1,91	26	240,74	33	305,55	33	305,55
2	0,1	2,54	36	333,33	42	388,88	47	435,18
3	0,15	3,81	42	388,88	48	444,44	57	527,77
4	0,2	5,08	49	453,70	61	564,81	68	629,62
6	0,3	7,62	56	518,51	76	703,69	76	703,69
8	0,4	10,16	64	592,58	92	851,84	83	768,51



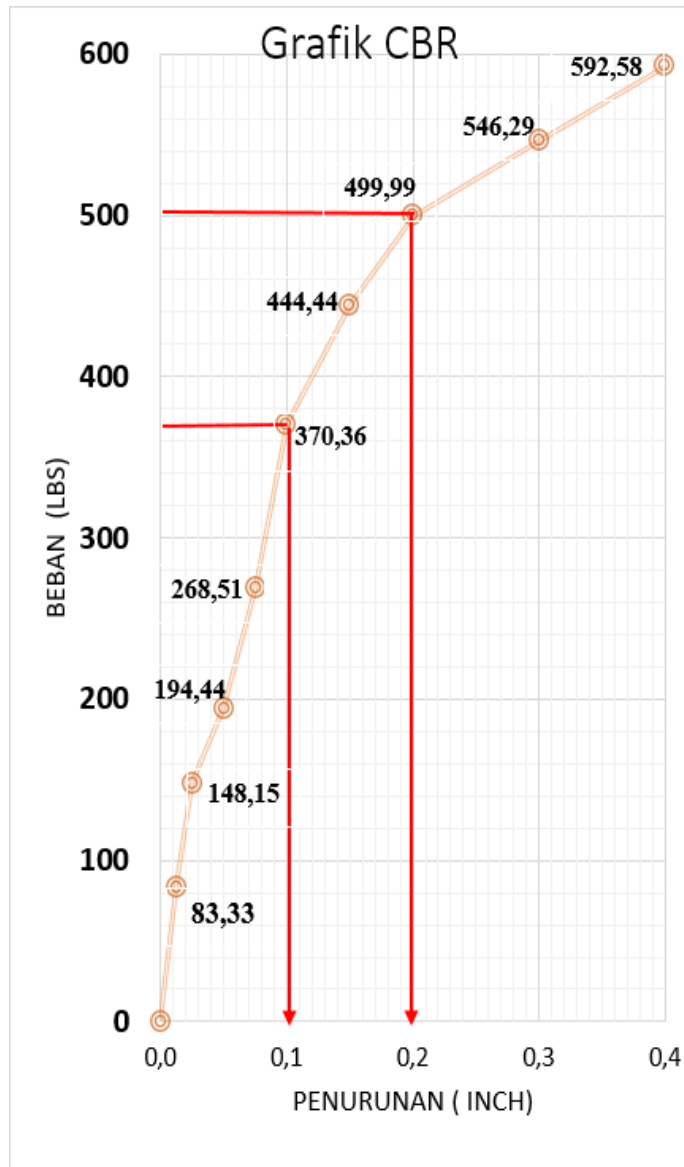
Gambar 4.28 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli
Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.28** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 240,74 lbs dan 0,2 (inch) sebesar 351,85 lbs.



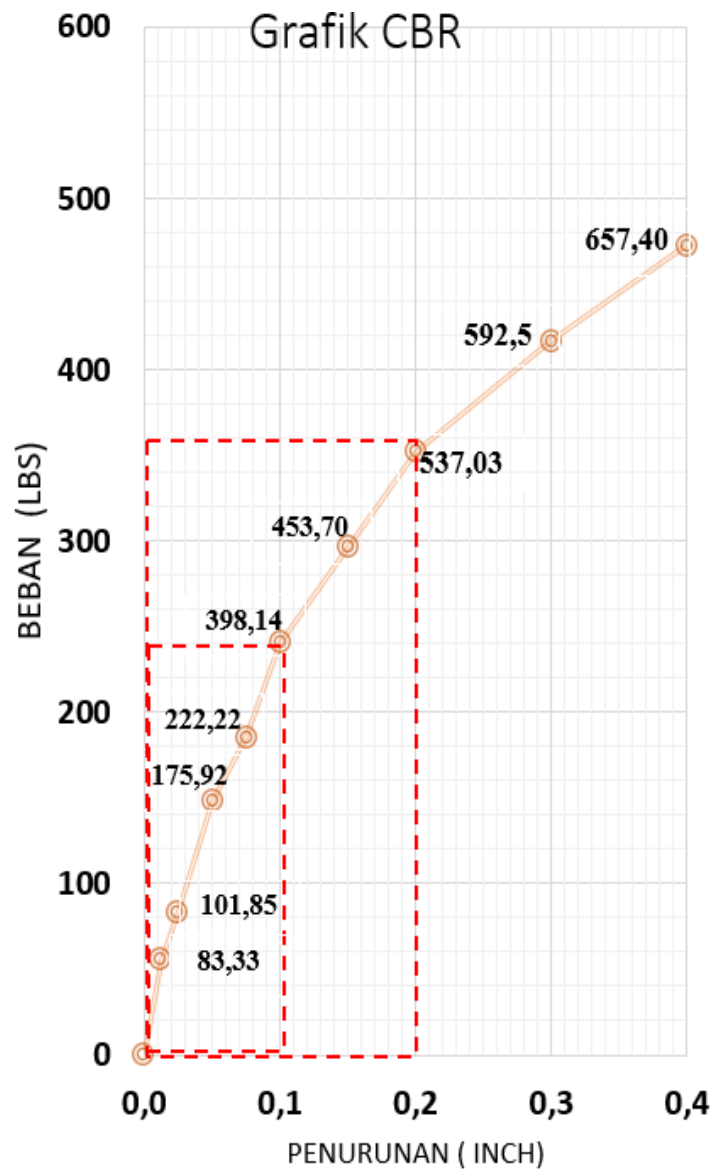
Gambar 4.29 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 6% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.29** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 287,03 lbs dan 0,2 (inch) sebesar 361,10 lbs. Terjadi peningkatan pada campuran Arang Tempurung Kelapa 6%, di kedua dial.



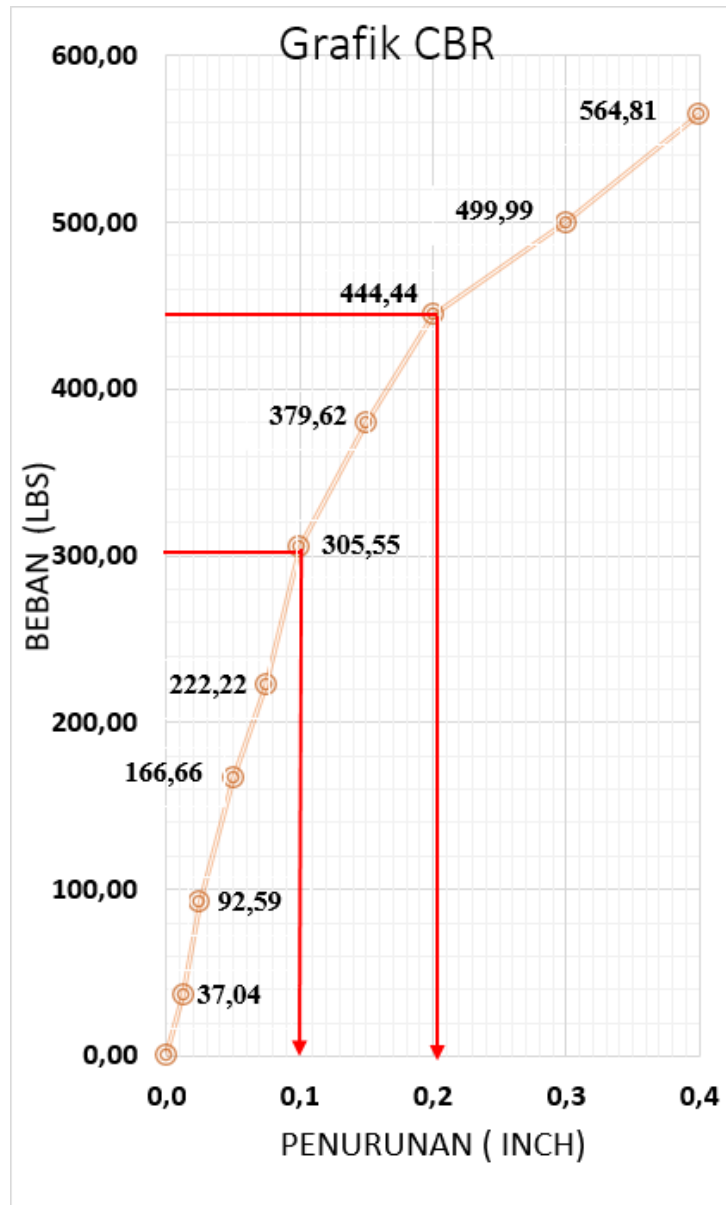
Gambar 4.30 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 10% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.30** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 370,36 lbs dan 0,2 (inch) sebesar 499,99 lbs. Terjadi peningkatan pada campuran Arang Tempurung Kelapa 10%, di kedua dial.



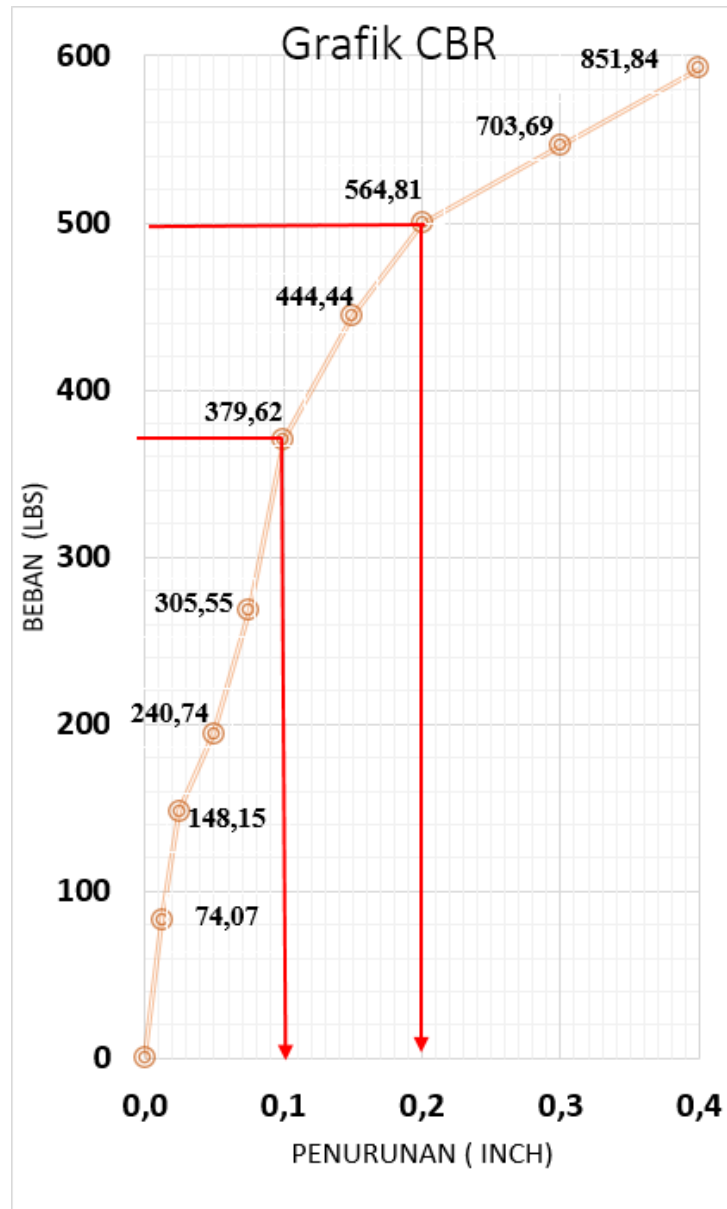
Gambar 4.31 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 14% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.31** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 398,14 lbs dan 0,2 (inch) sebesar 537,03 lbs. Terjadi peningkatan pada campuran Arang Tempurung Kelapa 14%, di kedua dial.



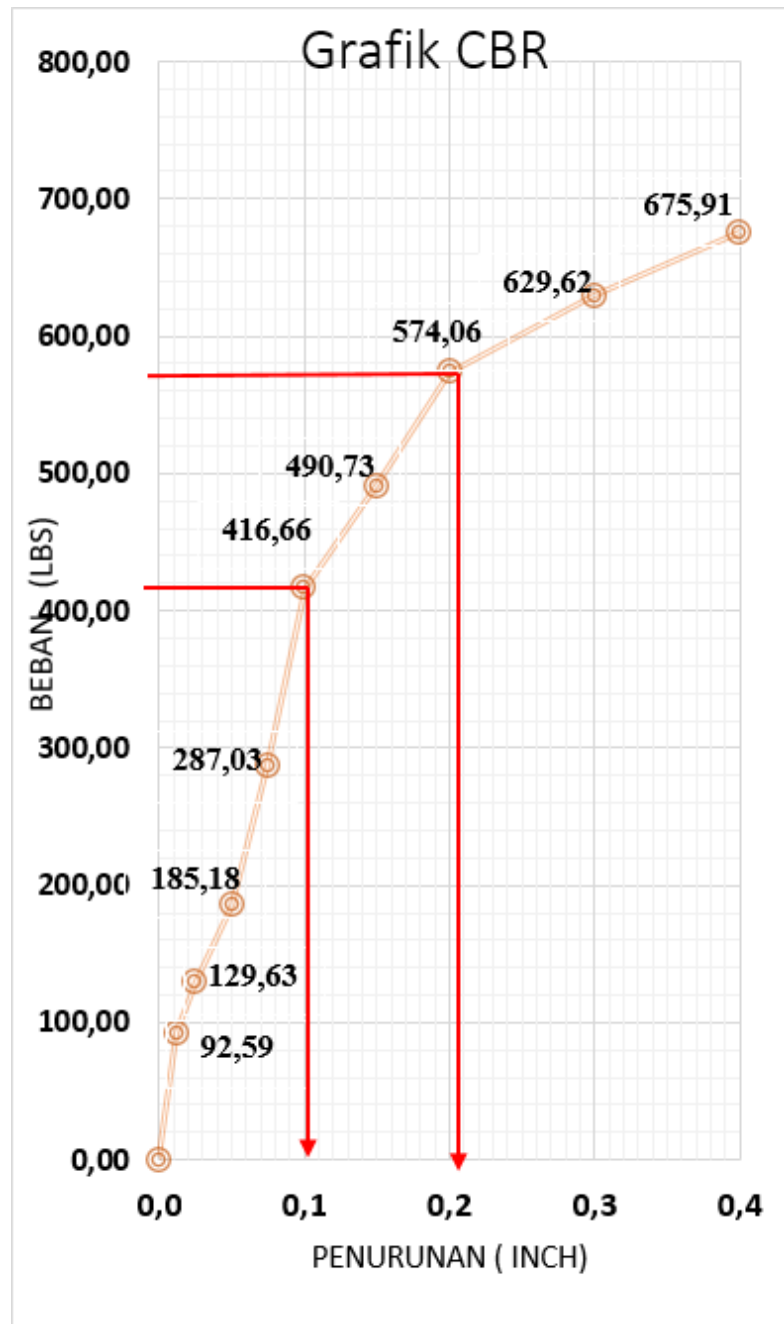
Gambar 4.32 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Limbah *Gypsum* 6% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.32** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 305,55 lbs dan 0,2 (inch) sebesar 444,44 lbs. Terjadi peningkatan pada campuran Limbah *Gypsum* 6%, di kedua dial.



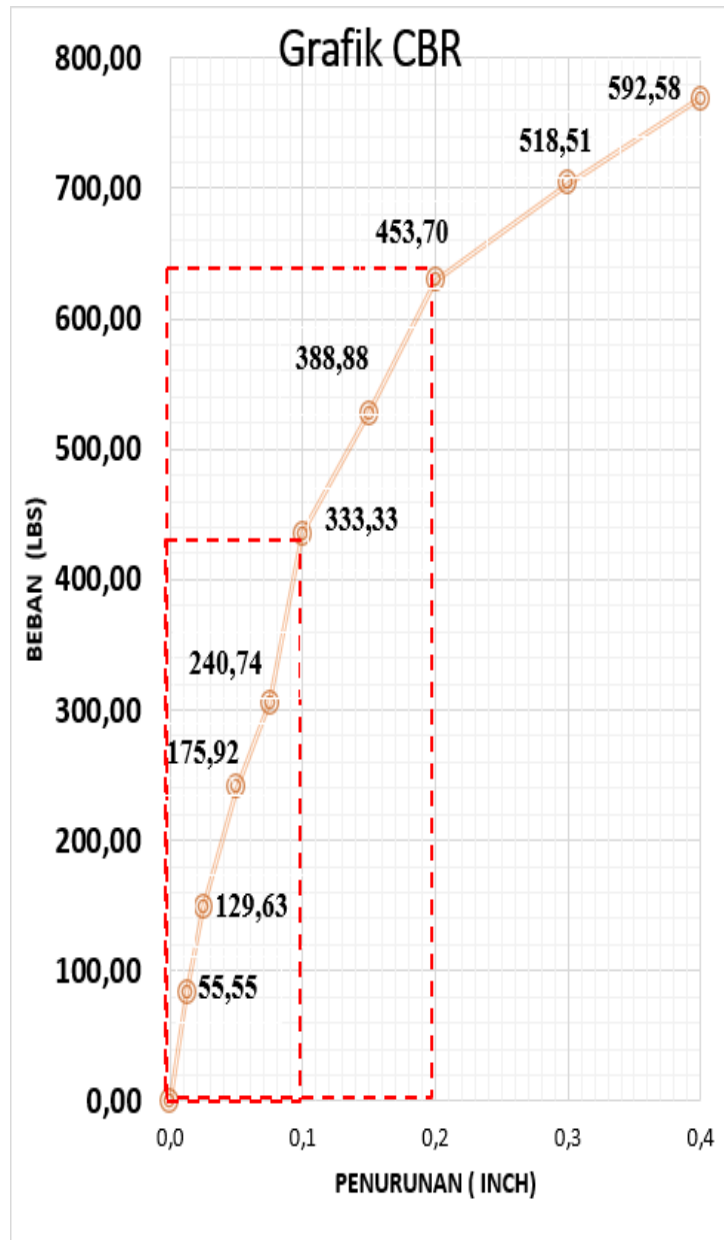
Gambar 4.33 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Limbah *Gypsum* 10% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.33** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 379,62 Ibs dan 0,2 (inch) sebesar 564,81 Ibs. Terjadi peningkatan pada campuran Limbah *Gypsum* 10%, di kedua dial.



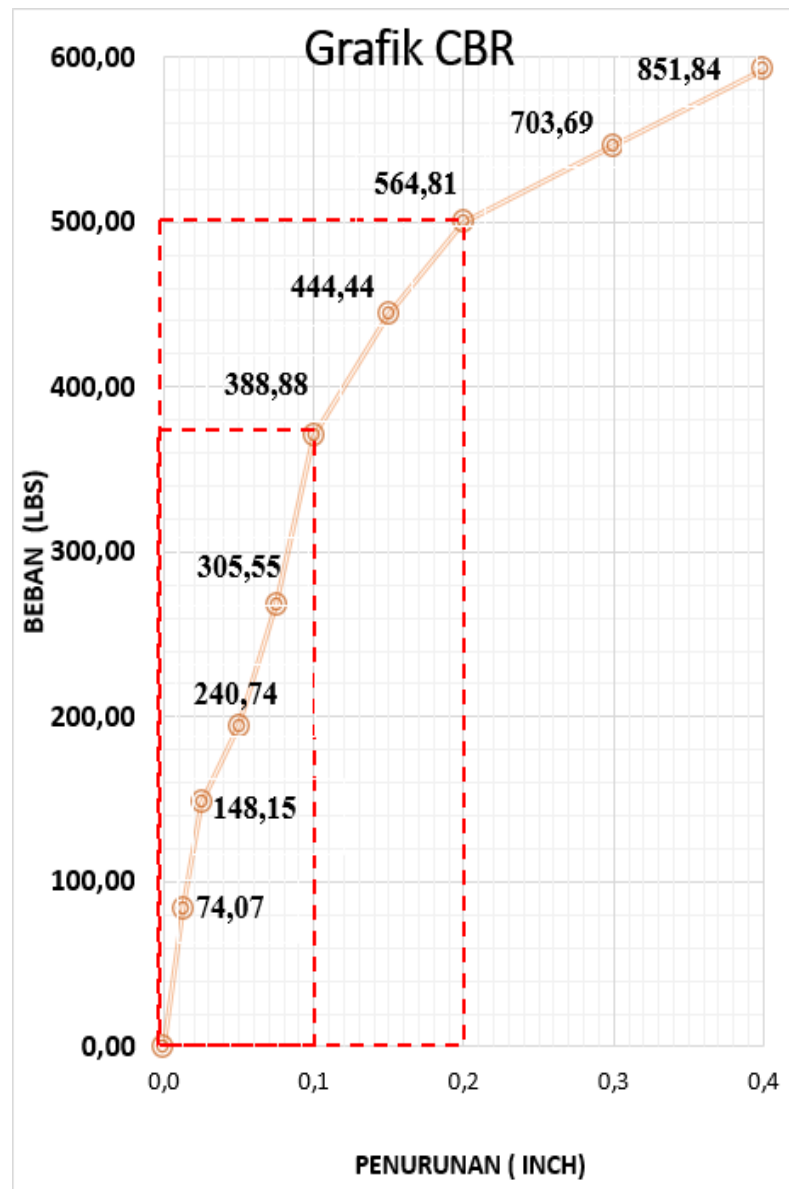
Gambar 4.34 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Limbah *Gypsum* 14% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.34** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 416,66 Ibs dan 0,2 (inch) sebesar 574,06 Ibs. Terjadi peningkatan pada campuran Limbah *Gypsum* 14%, di kedua dial.



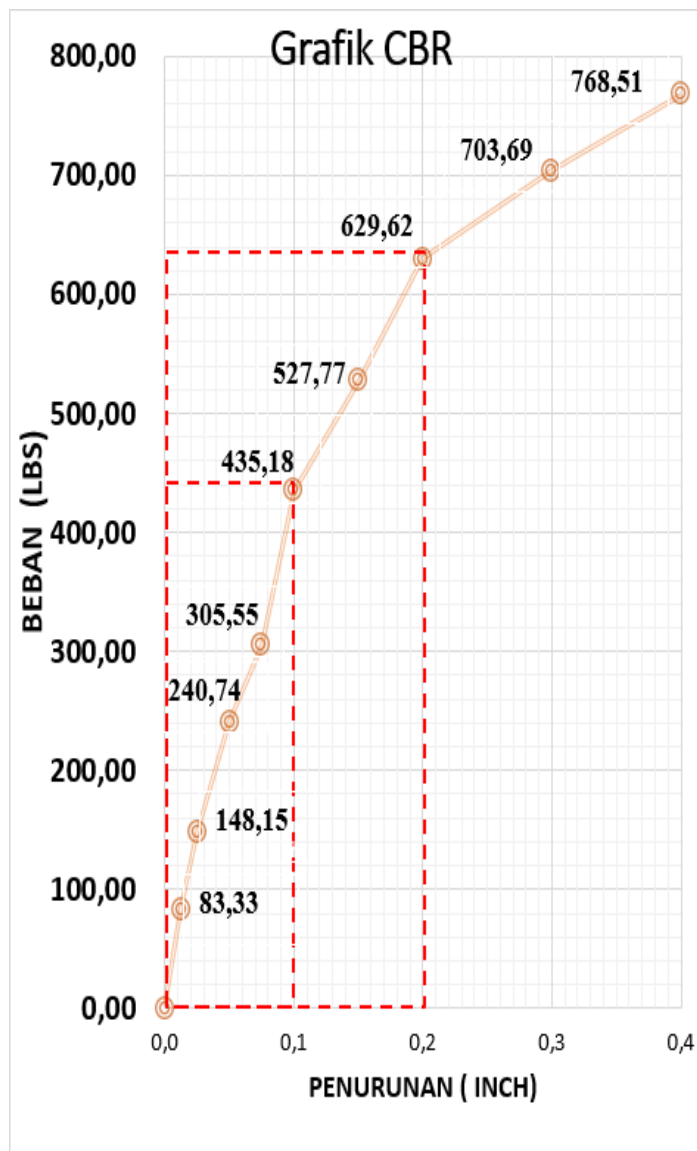
Gambar 4.35 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum* 6% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.35** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 333,33 Ibs dan 0,2 (inch) sebesar 453,70 Ibs. Terjadi peningkatan pada campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum* 6%, di kedua dial.



Gambar 4.36 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum* 10% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.36** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 388,88 Ibs dan 0,2 (inch) sebesar 564,81 Ibs. Terjadi peningkatan pada campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum* 10%, di kedua dial.



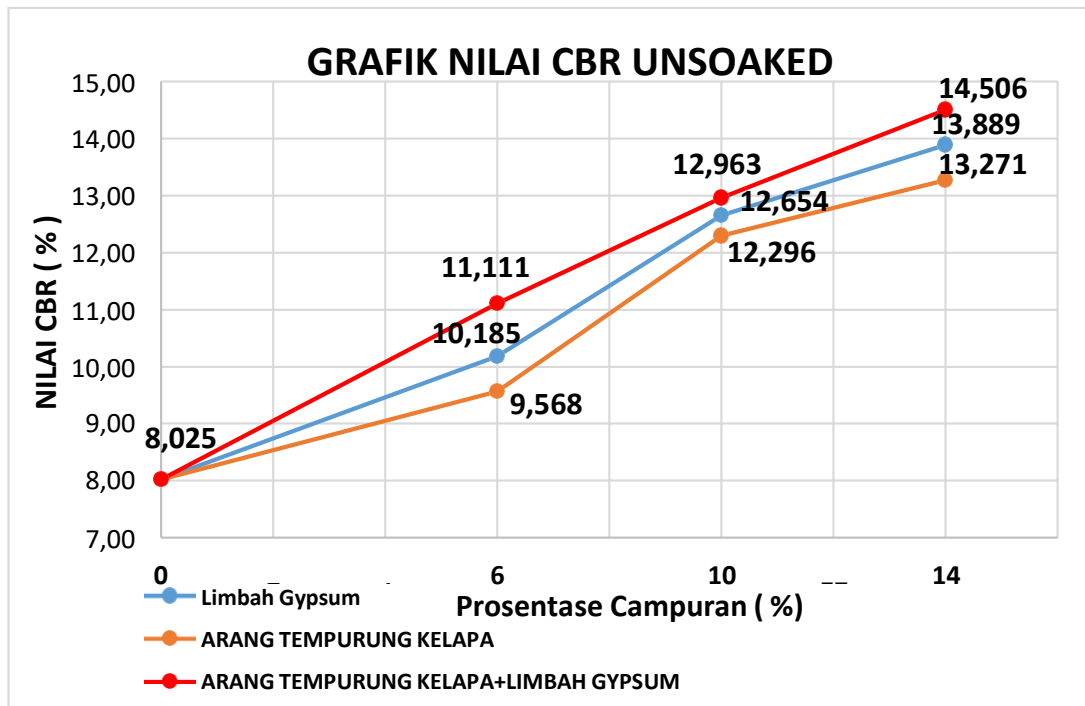
Gambar 4.37 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum* 14% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan **Gambar 4.37** grafik di atas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,01 (inch) sebesar 435,18 Ibs dan 0,2 (inch) sebesar 629,62 Ibs. Terjadi peningkatan pada campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah *Gypsum* 14%, di kedua dial.

Berdasarkan hasil data penetrasi tanah asli dan tanah campuran arang tempurung kelapa, limbah *gypsum* arang tempurung kelapa ditambah limbah *gypsum*, maka dapat diketahui harga CBR dari setiap sampel melalui perhitungan. Berikut akan dijelaskan contoh perhitungan sampel tanah asli.

Tabel 4.20. Harga CBR(*Unsoaked*) Tanah Asli dan Campuran

Sampel	Beban Atas koreksi		Harga CBR		
	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	(%)
0%	240,74	351,85	8,02	7,82	8,025
Campuran Arang Tempurung Kelapa					
6%	287,03	361,10	9,57	8,02	9,568
10%	370,36	499,99	13,35	11,11	12,345
14%	398,14	537,03	13,27	11,93	13,271
Campuran Limbah <i>Gypsum</i>					
6%	305,55	444,44	10,19	9,88	10,185
10%	379,62	564,81	12,65	12,55	12,654
14%	416,66	574,06	13,89	12,76	13,889
Campuran Arang Tempurung Kelapa + Limbah <i>Gypsum</i>					
6%	333,33	453,70	11,11	10,08	11,111
10%	388,88	564,81	12,96	12,55	12,963
14%	435,18	629,62	14,51	13,99	14,506



Gambar 4.38 Grafik Nilai CBR

Berdasarkan grafik di atas maka dapat diketahui bahwa penambahan campuran arang tempurung kelapa dan tanah campuran limbah *gypsum* dapat menaikkan harga CBR maksimal di campuran 14% yaitu 14,506% jika dibandingkan dengan tanah asli. Meningkatnya nilai CBR dikarenakan semakin banyaknya campuran yang artinya bahwa daya dukung tanah semakin meningkat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian sampel tanah dalam Tugas Akhir ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tanah yang digunakan untuk sampel dari Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah ini merupakan tanah lempung ekspansif tinggi dan mempunyai potensi pengembangan yang tinggi. Hal ini berdasarkan dari hasil klasifikasi metode Chen (1988), ASTM – D 1883 dan Chen (1975).
2. Nilai CBR tertinggi pada campuran arang tempurung kelapa ditambah limbah *gypsum* sebesar 14,51%, nilai kohesi 0,32 kPa, sudut geser dalam $37,72^\circ$, indeks plastisitas 17,23 % . Dengan alasan, nilai CBR pada prosentase maksimum campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* 14% nilainya paling tinggi diantara campuran lainnya.
3. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil nilai CBR, nilai kohesi dan sudut geser dalam mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan untuk indeks plastisitas mengalami penurunan. Menunjukkan bahwa campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* dapat meningkatkan daya dukung tanah (stabilitas tanah).

5.2 Saran

- 6 Perbanyak jumlah variasi prosentase tanah yang berbeda dan selisih yang tidak terlalu jauh, agar dapat mengetahui perbandingan perubahan yang terdapat didalam campuran yang digunakan.
- 7 Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan campuran arang tempurung kelapa dan limbah *gypsum* yang untuk mengetahui perilaku stabilisasi pada tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, Gogot Setyo. 2011. *Pengujian Tanah Di Laboratorium; Penjelasan Dan Panduan*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Darwis. 2017. *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: Pustaka AQ Nyutran MG II
- Das, Braja M; Endah, Noor; Mochtar, Indrasurya B. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya : Penerbit Erlangga
- Dianty, Windy Oky. 2017. *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Gypsum Dan Abu Sekam Padi Dengan Pengujian CBR Dan Kuat Tekan Bebas*. Medan : Bidang Studi Geoteknik Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Tanah Ekspansif Permasalahan Dan Penanganan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Lubis Yudha Septiawan. 2020 *Pengaruh Campuran Arang Tepurung Kelapa Terhadap Konsolidasi Pada Tanah Lempung*. Medan : Universitas Medan Area
- Lanandangkasiang Nasrani Febiola, Sompie B.A Oktovian. 2020 *Analisis Geoteknik Tanah Lempung Terhadap Penambahan Limbah Gypsum*. Manado: Universitas Sam Ratulangi
- Muntohar, Agus Setyo. 2010. *Kuat Geser Tanah (Shear Strength Of Soils)*. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Panguriseng, Darwis. 2001. *Stabilisasi Tanah*. Makassar : Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar
- Pratikso. (2017). *Mekanika Tanah I*. Semarang: Unissula Press.
- Putra, Apriliyan Cahyono; Mukhtar, Bagus Khafid. 2020. *Stabilisasi Tanah*

Lempung Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi Dan Arang Tempurung Kelapa (Studi Kasus: Desa Karangwader, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah). Semarang : Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Widiantoro, Ibnu; Ahmad, Fauzi. 2016. *Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Bahan Tambah Gypsum (Studi Kasus Di Kawasan Industri Candi Blok K-18).* Semarang : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata

LAMPIRAN

Lampiran I Tabel Hasil Pengolahan Data Tanah Asli.

1. Tabel Hasil Pengolahan Data Kadar Air Sampel Tanah Asli

Sample	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Kadar Air (%)
0%	2	44,48	379,5	278,96	42,88

Analisis Hasil Percobaan Kadar Air Tanah Asli :

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

Dimana:

a = Berat cawan(gram)

b = Berat cawan + tanah basah(gram)

c = Berat cawan + tanah kering(gram)

w = Kadar air

Contoh perhitungan kadar air tanah sampel 0%

$$w = \frac{379,50 - 278,95}{278,96 - 44,48} \times 100\% = 42,88\%$$

2. Tabel Hasil Pengolahan Data Analisa Saringan

a. Tabel Hasil Pengolahan Data Piknometer Sampel Tanah Asli

No	Sampel	Piknometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest	T1 (C°)	T1 (C°)	t1	t2
1	0%	31,26	81,15	60,86	98,63	29	31	1,00428	1,00456

Analisa Hasil Percobaan Data Piknometer contoh perhitungan berat jenis tanah sampel 0% :

Dimana: a = Berat Piknometer

b = Berat Piknometer + aquadest

c = Berat Piknometer + sampel tanah

d = Berat Piknometer + sampel tanah+ aquadest
 t_1 = Koreksi suhu T1
 t_2 = Koreksi suhu T2

a. Mencari Harga Air Piknometer

$$\begin{aligned}
 \text{HAP} &= (b - a) t_1 \\
 &= (81,15 - 31,26) 1,00428 \\
 &= 50,10
 \end{aligned}$$

b. Mencari Gs

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{c - a}{H_p - (d - c) t_2} \\
 &= \frac{60,86 - 31,26}{50,10 - (98,63 - 60,86) 1,00456} \\
 &= 2,434 \%
 \end{aligned}$$

b. Tabel Hasil Pengolahan Data *Grain Size* Sampel Tanah Asli

Diameter Saringan	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Sampel + Cawan yang tertinggal dalam saringan (gr)	Berat Sampel yang tertinggal dalam saringan (gr)
4,750	1	3,91	3,91	0,00
2,000	2	4,01	4,18	0,17
0,850	3	4,01	5,94	1,93
0,425	4	4,03	7,20	3,17
0,250	5	4,23	6,71	2,48
0,180	6	3,98	6,11	2,13
0,150	7	4,03	5,12	1,09
0,075	8	4,09	6,22	2,13
0,000	9	4,28	5,82	1,57
JUMLAH				14,67

Analisa Hasil Percobaan Data *Grain Size* sampel tanah asli (0%) :

- a. Berat sampel semula (A) = 200 gr
 Berat sampel tercuci (B) = 14,67 gr

- Berat Lumpur (A-B) = 185,33 gr
- b. Jumlah tanah yang tertinggal dalam saringan(C) = 6,50 gr
- c. Kehilangan berat(B-C) = 14,67 - 6,50
= 8,17 gr

d. Kadar lumpur

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur} &= \frac{(A-B)+(B-C)}{200} \times 100\% \\ &= \frac{185,33+8,17}{200} \times 100\% \\ &= 0,96\% \end{aligned}$$

e. Presentase tanah tertinggal

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Presentase Tanah Tertinggal} &= \frac{B}{200} \times 100\% \\ &= \frac{14,67}{200} \times 100\% \\ &= 7,34\% \end{aligned}$$

f. Komulatif persen tanah

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Komulatif Persen Tanah} &= 0 + 14,67\% \\ &= 14,67\% \end{aligned}$$

g. *Precent Finner*

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Percent Finer} &= (100\% - 14,67\%) \\ &= 85,33\% \end{aligned}$$

c. Tabel Hasil Pengolahan Data Hidrometer Sampel Tanah Asli

Waktu (menit)	Pembacaan Strip
0	40
0,25	34
0,5	28

1	21
2	18
5	16
10	11
45	1
60	0
120	0

Analisa Hasil Percobaan Data Hidrometer Sampel Tanah Asli (0%)

Contoh perhitungan:

a. Selisih pembacaan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{strip pertama} - \text{strip kedua}) \times 0,2 \\
 &= (40 - 34) \times 0,2 \\
 &= 1,2
 \end{aligned}$$

b. Z = 24 - α (0,2)

$$\begin{aligned}
 &= 24 - 60 (0,2) \\
 &= 12
 \end{aligned}$$

c. D = $(106 \cdot 10^{-7} \cdot z/t)^{1/2}$

$$\begin{aligned}
 &= (106 \cdot 10^{-7} \cdot 12/0)^{1/2} \\
 &= 0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. N = $\frac{\text{Selisih pembacaan}}{\text{Jumlah selisih pembacaan}} \times \text{Kadar Lumpur}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0}{40} \times 96\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

e. Presentase kumulatif = 0% + 0%

$$= 0\%$$

f. Presentase finner = 96% - 0%

$$= 96\%$$

3. Tabel Hasil Pengolahan Data *Atterberg limit*

a. Tabel Hasil Pengolahan Data *Liquid Limit* Sampel Tanah Asli

Sampel	Jumlah Ketukan	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	w(%)	LL(%)
Tanah Asli	15	1	3,97	18,68	13,91	47,89	54,32
	27	2	3,97	16,02	11,66	56,70	
	47	3	3,88	23,73	16,53	57,12	
	70	4	4,9	16,04	12,06	57,95	
	15	25	4,12	30,52	21,78	49,49	
	6	26	6,22	31,64	22,42	56,91	

Contoh perhitungan:

Dimana:

a = Beratcawan(gram)

b = Beratcawan + tanahbasah(gram)

c = Beratcawan + tanahkering(gram)

w = Kadar air

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

$$W_{0\%} = \frac{16,02 - 11,66}{11,66 - 3,97} \times 100\% = 56,70\%$$

b. Tabel Hasil Pengolahan Data *Plastic Limit* Sampel Tanah Asli

Sampel	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	w (%)	PL (%)
Tanah Asli	5	4,10	7,43	6,79	23,79	23,79

Contoh perhitungan:

Dimana:

- a = Berat cawan(gram)
- b = Berat cawan + tanah basah (gram)
- c = Berat cawan + tanahIkering(gram)

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

$$w_{0\%} = \frac{7,43-6,79}{6,79-4,10} \times 100\%$$

$$= 23,79\%$$

4. Tabel Hasil Pengolahan Data *Direct Shear* Sampel Tanah Asli

Sampel	Percobaan	Beban	Koreksi Beban	Pembacaan Dial	Tegangan Normal	Tegangan Geser
0%	1	8	7,987	43	0,25	0,51
	2	16	16,166	60	0,51	0,72
	3	24	24,041	75	0,77	0,90

Berat Ring = 0,953 kg

Diameter Ring = 6,3 cm

Koreksi Beban :

8 kg = 7,945 kg

16 kg = 16,140 kg

24 kg = 24,085 kg

Analisa Hasil Percobaan *Data Direct Shear*

Contoh Perhitungan :

a. Tegangan Normal(σ_n)

$$\sigma_n = \frac{P}{F} \rightarrow F = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

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

$$= 31,06 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma n = \frac{\text{Berat Beban}}{\text{Luas Penampang}}$$

$$= \frac{7,945}{31,06}$$

$$= 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

b. Tegangan Geser (σ_s)

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{\text{Gaya Geser}}{F} \\ &= \frac{\text{Dial} \times 0,375}{\text{Luas Penampang}} \\ &= \frac{43 \times 0,375}{31,06} \\ &= 0,51 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

5. Tabel Hasil Pengolahan Data Proktor Modifikasi Sampel Tanah Asli

Sampel	No. Percobaan	V. Air (ml)	Berat alat + tanah (gr)	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat cawan + T. Basah (gr)	Berat cawan + T. Kering (gr)
Tanah Asli	I	200	8470	1	4,09	32,56	25,78
	II	350	8785	2	4,23	35,07	27,47
	III	500	8974	3	6,55	44,87	35,11
	IV	650	8807	4	6,18	36,25	28,46
	V	800	8578	5	6,17	37,29	28,87

Contoh diambil dari sampel tanah asli.

Data alat

Berat alat = 5165 gram

Tinggi alat = 12,5 gram

Diameter alat = 15,2 cm

Analisa Hasil Percobaan Data Proktor

Modifikasi :

Alat I

Digunakan contoh perhitungan dengan sampel tanah asli

$$\begin{aligned} \text{a) Volume Alat} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (15,2)^2 \cdot 12 \\ &= 2194,53 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

b) Berat Tanah basah

$$= (\text{berat tanah} + \text{cetakan}) - \text{berat alat}$$

$$= 8470 - 5165$$

$$= 3305 \text{ gram.}$$

c) Berat Volume Tanah Basah (γ_b)

$$= \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume cetakan}}$$

$$= \frac{3305}{2194,53}$$

$$= 1,56 \text{ gr/cm}^3$$

d) Kadar Air (w) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$,

Dimana:

a = Berat cawan(gram)

b = Berat cawan + tanah basah(gram)

c = Berat cawan+ tanah kering(gram)

Contoh pada penambahan air 200 cc:

$$W = \frac{32,56-25,78}{25,78-4,09} \times 100\% = 31,26\%$$

e) Berat Jenis Tanah Kering (γ_k)

$$\gamma_{k1} = \frac{\gamma_b}{1+W}$$

$$= \frac{1,56}{1+31,26}$$

$$= 1,19 \text{ gr/cm}^3$$

f) Kadar Pori / Porosity (n)

$$n = [1 - (\frac{\gamma_k}{G_s})] \times 100\%$$

, dimana G_s tanah asli = 2,434 gr/cm^3

$$= [1 - (\frac{1,19}{2,434})] \times 100\%$$

$$= 51,24 \%$$

g) Angka Pori / Void Ratio (e)

$$e = \frac{n}{1-n} = \frac{51,24}{1-51,24} = 1,05$$

h) Zero Air Void (ZAV)

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

dimana:

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 1 \text{ gr/cm}^3 \\ G_s &= 2,434 \text{ gr/cm}^3 \\ ZAV &= \frac{2,434 \times 1}{1 + (2,434 \times 31,26)} \\ &= 1,38 \end{aligned}$$

6. Tabel Hasil Pengolahan Data CBR

a. Tabel Hasil Pengolahan Data CBR (Unsoaked) Sampel Tanah Asli

Sampel	No	Volume Air (cc)	Berat Alat + Tanah (gr)	Berat Cawan	Berat Alat (gr)	Kadar Air (gr)	Berat Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah	Berat Cawan + Tanah Kering
0%	1	800	10798	4,15	7003	30,8	3795	60,74	46,18

Data alat

$$\begin{aligned} \text{Berat tabung} &= 7003 \text{ gram} \\ \text{Tinggi tabung} &= 12 \text{ cm} \\ \text{Diameter tabung} &= 15,1 \text{ cm} \\ \text{Tinggi ganjal} &= 5,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Analisa perhitungan hasil pengujian CBR :

Digunakan contoh perhitungan dengan sampel tanah Asli tumbukan 56 kali.

$$\begin{aligned} \text{a) Volume alat} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (15,1)^2 \cdot 12 \\ &= 2147,9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Berat tanah basah} \\ &= (\text{berat proktor} + \text{tanah}) - \text{berat proktor (Alas + I)} \\ &= 10798 - 7003 \\ &= 3795 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Berat volume tanah basah } (\gamma_b) \\ &= \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume tanah basah}} \\ &= \frac{3798}{2147,9} \\ &= 1,7669 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Kadar air(w)} \\ &= \frac{b - c}{c - a} \times 100\% \end{aligned}$$

Dimana : a = Berat cawan(gram)
 b = Berat cawan + tanahbasah(gram)
 c = Berat cawan +tanahkering(gram)

$$W = \frac{60,74 - 46,18}{46,18 - 4,15} \times 100\%$$

$$= 34,6 \%$$

e) Berat volume tanah kering (γ_k)

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \frac{\gamma_b}{1+W} \\ &= \frac{1,7669}{1+0,34} \\ &= 1,3123 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Data Penetrasi SampeI Tanah Asli

T (Menit)	Penurunan		Jumlah Tumbukan	
	(Inch)	(Mm)	0%	
			Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	6	55,55
½	0,0250	0,64	9	83,33
1	0,0500	1,27	16	148,15
1½	0,0750	1,91	20	185,18
2	0,1	2,54	26	240,74
3	0,15	3,81	32	296,29
4	0,2	5,08	38	351,85
6	0,4	7,62	45	416,66
8	0,5	10,16	51	472,21

Menghitung koreksi beban :

$$\begin{aligned} \text{Koreksi beban} &= \text{Kalibrasi alat} \times \text{pembacaan arloji CBR} \\ &= 9,25 \times 6 \\ &= 55,55 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Data Harga CBR (*Unsoaked*) Sampel Tanah Asli

Sampel	Beban Atas koreksi		Harga CBR		
	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	(%)
0%	240,74	351,85	8,02	7,82	8,025

Berikut akan dijelaskan contoh perhitungan sampel tanah asli.

1. Menghitung penetrasi 0,1" (0,254 mm)

$$\begin{aligned}
 \text{CBR (\%)} &= \frac{P_1}{3 \times 1000} \times 100\% \\
 &= \frac{240,74}{3 \times 1000} \times 100\% \\
 &= 8,02\%
 \end{aligned}$$

2. Menghitung penetrasi 0,2" (0,508 mm)

$$\begin{aligned}
 \text{CBR (\%)} &= \frac{P_2}{3 \times 1000} \times 100\% \\
 &= \frac{351,85}{3 \times 1000} \times 100\% \\
 &= 7,82\%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

P1= tekanan uji pada penetrasi 0,1" (g/cm³)

P2= tekanan uji pada penetrasi 0,2" (g/cm³)









LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

NAMA : Mauriska Roshadewi

NIM : 30201700099

DOSEN PEMBIMBING I : Lisa Fitriyana, ST, M.Eng

NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1.	27 September 2021	- Mengajukan Surat Bimbingan TA.	
2.	5 Oktober 2021	- Bab 1, Latar Belakang diberi alasan mengapa 2 bahan tersebut digunakan - Bab 3., Alasan menggunakan prosentase tersebut.	
3	15 November 2021	- Perbaiki Penulisan BAB 4.	
4.	18 November 2021	- Bab 4, ditambahkan metoda untuk menentukan tanah ekspasive. - Perbaiki kesimpulan.	
5.	23 - 11 - 2021	- Perbaiki penjelasan pada setiap grafik, tabel dan gambar. disertai dengan penjelasan ilmiahnya.	
6.	24 - 11 - 2021	- Perbaiki penulisan pada lembar lampiran	



LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

NAMA : Mauriska Roshadewi

NIM : 30201700099




DOSEN PEMBIMBING I : Lisa Fitriyana,ST,M.Eng

NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
7.	25-11-2021	Acc smhas	



LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR


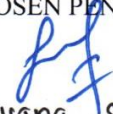
NAMA : Mauriska Roshadewi
NIM : 30201700099
DOSEN PEMBIMBING II : Selvia Agustina, ST., M.Eng

NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1	27 September 2021	Mengajukan surat bimbingan Tugas Akhir	
2	11 November 2021	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki BAB I - Cek kata asing ditulis miring - bagian gambar lokasi diuraikan dahulu baru dimunculkan gambar - Perbaiki BAB III - Jumlah sampel ditulis dalam tabel - Diagram alir mulai dan selesai tanyanya menggunakan oval 	
3	24 November 2021	<ul style="list-style-type: none"> -Perbaiki penulisan Bab 4 - Setelah diperbaiki bisa diajukan Seminar TA 	



SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Maurisha Koshadupi / 30201700099
Hari / Tanggal : Rabu / 1 Desember 2021
Judul TA : Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah Gypsum Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif

NO	
1	- BAB IV hasil klasifikasi metode di cek kembali
2	- Untuk latar belakang dihuatkan lagi alasan menggunakan bahan tersebut
3	- Gambar skrap grafik pada BAB IV diperbaiki untuk nama keterangan dan warna dibuat seragam.
4	
5	
<p>DOSEN PENGUJI  Lisa Fitriyana, ST., M.Eng</p>	



SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Mauriska Roshadewi / 30201700099
Hari / Tanggal : Rabu / 1 Desember 2021
Judul TA : Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan
Limbah Gypsum Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif

NO	
1	Perbaiki Bagan alir pada BAB III dibuat 2 lembar.
2	- Pada Bab III langkah pengujian dicek kembali
3	- Abstrak di sematkan dengan kesimpulan, kata asing ditulis miring.
4	- Daftar Tabel dicek kembali (Tabel 2.4)
5	- Daftar Pustaka diperbaiki, penulisan harus sesuai dengan Abjad.
<p>DOSEN PENGUJI</p> <p>Selvia Agustina, S.T., M. Eng</p>	

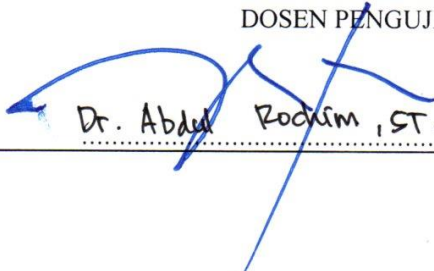


SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Mauriska Roshadewi / 30201700099
Hari / Tanggal : Rabu / 1 Desember 2021
Judul TA : Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa
Dan Limbah Gypsum Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif

NO	
1	* Periksa kembali keterangan nama campuran pada setiap grafik * BAB IV warna pada setiap grafik dibuat sama (seragam)
2	* Pada BAB IV untuk klasifikasi uscs diberi keterangan yang lebih detail
3	* Perbaiki lagi lembar Pengesahan
4	
5	

DOSEN PENGUJI


Dr. Abdul Rodhim, ST., MT



Nomor : 03 / A.3 / SA - T / XII / 2021

Pada hari ini, Senin Tanggal 1 Desember 2021 telah dilaksanakan Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Mauriska Roshadewi	30201700099
2 Nama	0	0

Judul TA Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah Gypsum Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif
(Studi Kasus ; Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah)

Dengan Hasil : Baik (ada beberapa revisi dari Dosen Pengaji)
:
:
:

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan digunakan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

Lisa Fitriyana,ST,M.Eng

Dosen Pembimbing II

Selvia Agustina,ST,M.Eng

Dosen Pembanding

Dr. Abdul Rochim,ST,MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Anyar,ST,M.Eng



JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS

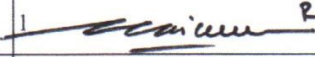
Hari Rabu
Tanggal 01 Desember 2021
Jam 08.00 WIB

Judul Tugas Akhir

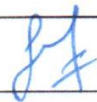

Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah Gypsum Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif
(Studi kasus ; Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah)

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

The Effect of Adding Coconut Shell charcoal And Gypsum Waste to The Stability Of Expansive Clay Soil

1	Mauriska Roshadewi	30201700099	1 
2		0	2

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA		TANDA TANGAN
1	Lisa Fitriyana,ST,M.Eng	1	
2	Selvia Agustina,ST,M.Eng		2 

Semarang, 1 Desember 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil



M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Senin
1 Desember 2021
08.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan Limbah Gypsum Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif

(Studi Kasus; Desa Kuaron, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah)

1	Mauriska Roshadewi	30201700099	1	
2		0	0	2

NO	NAMA	TANDA TANGAN	
1	Lisa Fitriyana,ST,M.Eng	1	
2	Selvia Agustina,ST,M.Eng	2	
3	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	3	

Semarang, 1 Desember 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089

PENGARUH PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA TANAH DAN LIMBAH GYPSUM TERHADAP STABILITAS TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

ORIGINALITY REPORT

21 %
SIMILARITY INDEX

17 %
INTERNET SOURCES

1 %
PUBLICATIONS

15 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	6 %
2	dspace.uii.ac.id Internet Source	4 %
3	eprints.uny.ac.id Internet Source	2 %
4	www.scribd.com Internet Source	1 %
5	repositori.usu.ac.id Internet Source	1 %
6	repository.unissula.ac.id Internet Source	1 %
7	medium.com Internet Source	1 %
8	monicsari.blogspot.com Internet Source	1 %

www.khafacell.com

9	Internet Source	1 %
10	id.scribd.com Internet Source	<1 %
11	ilmusyamsul.blogspot.com Internet Source	<1 %
12	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
13	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
14	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1 %
15	jurnal.uns.ac.id Internet Source	<1 %
16	Submitted to iGroup Student Paper	<1 %
17	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
18	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
19	123dok.com Internet Source	<1 %
20	ilmugeografi.com Internet Source	<1 %

21	Submitted to UPN Veteran Yogyakarta Student Paper	<1 %
22	vdocuments.site Internet Source	<1 %
23	docplayer.info Internet Source	<1 %
24	jurnal.univpgri-palembang.ac.id Internet Source	<1 %
25	www.neliti.com Internet Source	<1 %
26	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
27	subair3.wordpress.com Internet Source	<1 %
28	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
29	jim.unsyiah.ac.id Internet Source	<1 %
30	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
31	repository.uma.ac.id Internet Source	<1 %
32	www.catatansipil.com Internet Source	<1 %

33	eprints.uty.ac.id Internet Source	<1 %
34	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
35	repository.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
36	jurnal.poltekba.ac.id Internet Source	<1 %
37	repository.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
38	repository.unsimar.ac.id Internet Source	<1 %
39	jurnal.pnk.ac.id Internet Source	<1 %
40	katalog.ukdw.ac.id Internet Source	<1 %
41	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
42	repository.unand.ac.id Internet Source	<1 %
43	sipil.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	<1 %
44	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %

45	mithaariany.wordpress.com Internet Source	<1 %
46	repository.usm.ac.id Internet Source	<1 %
47	text.123dok.com Internet Source	<1 %
48	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
49	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
50	jurnal.poltekstpaul.ac.id Internet Source	<1 %
51	qdoc.tips Internet Source	<1 %
52	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
53	ft-sipil.unila.ac.id Internet Source	<1 %
54	jurnal.untad.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off
 Exclude bibliography Off

Exclude matches Off