

TUGAS AKHIR
STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN
CAMPURAN GARAM (NaCl) DAN ARANG TEMPURUNG
KELAPA

(Studi kasus : Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah)

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



Elang Kuncoro Jati
30.2017.00.065

Muh. Adnan Febya Latif
30.2017.00.112

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**

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

HALAMAN PENGESAHAN

**STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN CAMPURAN
GARAM (NaCl) DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA**

Oleh :



Elang Kuncoro Jati
30.2017.00.065



Muh. Adnan Febva Latif
30.2017.00.112

Telah disetujui dan disahkan di Semarang tanggal 2021

Oleh:

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D.

2. Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

3. Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNISSULA



Muhammad 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. 38 / A.2 / SA-T / III / 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 : Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D.
Jabatan Struktural : Profesor
Jabatan Akademik : Dosen pembimbing I
2. Nama : Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si.
Jabatan Struktural : Lektor Kepala
Jabatan Akademik : Dosen Pembimbing II

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

1. Nama : Elang KuncoroJati
2. Nama : Muh. Adnan FebyaLatif
3. Judul : STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN CAMPURAN GARAM (NaCl) DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA.

Dengan tahapan sebagai berikut:

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	28 Maret 2021	-
2	Pengumpulan Data	29 Maret 2021	-
3	Penyusunan Laporan	30 Maret 2021	-
4	Selesai Laporan	22 Juli 2021	Acc

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

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D.)

(Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : 1. Elang Kuncoro Jati (30201700065)

2. Muh. Adnan Febya Latif (30201700112)

Jurusan : Teknik Sipil

Dengan ini kami menyatakan bahwa Tugas Akhir/Skripsi kami yang berjudul **“Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Garam (NaCl) dan Arang Tempurung Kelapa”** adalah karya ilmiah yang bebas dari plagiat. Jika kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam Tugas Akhir/Skripsi ini, maka kami bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, Juli 2021

Oleh :

Penyusun I

Penyusun II

UNISSULA

جامعة سلطان أبوبنح الإسلامية

Elang Kuncoro Jati

Muh. Adnan Febya Latif

Nim. 30201700065

Nim. 30201700112

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Elang Kuncoro Jati (30201700065)

Muh. Adnan Febva Latif (30201700112)

Jurusan : Teknik Sipil

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini yang berjudul **"Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Garam (NaCl) dan Arang Tempurung Kelapa"** adalah benar hasil karya saya dan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindak plagiasi atau mengambil seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sebenarnya. Jika kemudian hari ini terbukti terdapat plagiat dalam Tugas Akhir/Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang telah berlaku.

Oleh :

Penyusun I

Penyusun II



Elang Kuncoro Jati

Nim. 30201700065



Muh. Adnan Febva Latif

Nim. 30201700112

MOTTO

➤ **Elang Kuncoro Jati**

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ

Artinya: "Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar." (QS. Al-Baqarah: 153).

➤ **Muh. Adnan Febya Latif**

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ (الشرح: ٧)

Artinya: "Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)," (QS. Al-Insyirah: 7).

PERSEMBAHAN

1. Elang Kuncoro Jati

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya yang saya rasakan samapai saat ini. Dan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Ayah Kasnawi dan Ibu Untarti yang senantiasa mendo'akan dan selalau memberikan dukungan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kakak dan Adik saya Ajilia Sehana dan Shema yang menjadi penyemangat dan pemberi semangat dan tidak mengganggu selama saya mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Dosen – dosen Fakultas Teknik terutama dosen Teknik Sipil, yang telah memberikan ilmunya serta mendidik saya dengan penuh kesabaran, sehingga saya dapat mengetahui beberapa hal yang sebelumnya saya belum mengetahuinya.
4. Laboratorium Geoteknologi dan jajarannya (Bapak Ripto, Mas Hanung, dan Bapak Tardi) yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data.
5. Muh. Adnan Febya Latif (Partner TA) yang selama ini tetap sabar dan gigih berjuang bersama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman – teman kost Wawan, Asyrofi, Farikha aji, Fiyan, Rama, Alim, Affan, Nanda, Faqih, Fiko Dll, terimakasih telah mendukung dan tidak mengganggu selama proses mngerjakan Tugas Akhir ini.
7. Teman – teman Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, dan teman – teman Sipil B.
8. Almamater kebangganku Fakultas Teknik UNISSULA.

PERSEMBAHAN

2. Muh. Adnan Febya Latif

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya yang saya rasakan samapai saat ini. Dan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Ayah Sukahar dan Ibu Sri Murni yang senantiasa mendo'akan dan selalau memberikan dukungan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Adik saya Risqy Arofanía Adesta yang menjadi penyemangat dan pemberi semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Dosen – dosen Fakultas Teknik terutama dosen Teknik Sipil, yang telah memberikan ilmunya serta mendidik saya dengan penuh kesabaran, sehingga saya dapat mengetahui beberapa hal yang sebelumnya saya belum mengetahuinya.
4. Laboratorium Geoteknologi dan jajarannya (Bapak Ripto, Mas Hanung, dan Bapak Tardi) yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data.
5. Elang Kuncoro Jati (Partner TA) yang selama ini tetap sabar dan gigih berjuang bersama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman – teman kost Wawan, Asyrofi, Farikha aji, Fiyan, Rama, Alim, Affan, Nanda, Faqih, Fiko dkk, terimakasih telah mendukung dan tidak mengganggu selama proses mngerjakan Tugas Akhir ini.
7. Teman Kontrakan Tegar, Rizky, Candra, Vanhao, Dimas, Amam dkk terimakasih telah mendukung dan tidak mengganggu selama proses mngerjakan Tugas Akhir ini.
8. Teman – teman Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, dan teman – teman Sipil B.
9. Almamater kebangganku Fakultas Teknik UNISSULA

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulisan dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN CAMPURAN GARAM (NaCl) DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA”**

(Studi kasus : Desa

Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah). Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Stata 1 (S-1) Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Selama menyelesaikan tugas akhir dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun berterimakasih kepada :

1. Allah SWT Robbul ‘Izatti dan Rasulullah Muhammad SAW.
2. Kedua orang tua kami tercinta.
3. Keluarga kami yang telah banyak memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta senantiasa memberikan doa, semangat dan dukungan moral, material maupun spiritual dengan penuh kasih sayang dan pengorbanan.
4. Yth. Bapak Ir. H. Rachmad Mudiyono, MT, PhD., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Yth. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Yth. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
7. Yth. Bapak Dr. Ir. Soedarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Disadari, karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan dan pengalaman yang kami miliki, dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun sangat sangat kami harapkan untuk menjadikannya lebih baik dan lebih menuju pada kesempurnaan.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memenuhi syarat yang telah ditentukan.
Aamiin Yaa Rabbal Aalamiin.

Semarang, Juli 2021



Elang Kuncoro Jati (30201700065)

Muh. Adnan Febya Latif (30201700112)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PER NYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR NOTASI.....	xxiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvi
ABSTRAK.....	xxvii
ABSTRACT.....	xxviii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Lokasi Penelitian	3
1.7. Keaslian Kajian	4

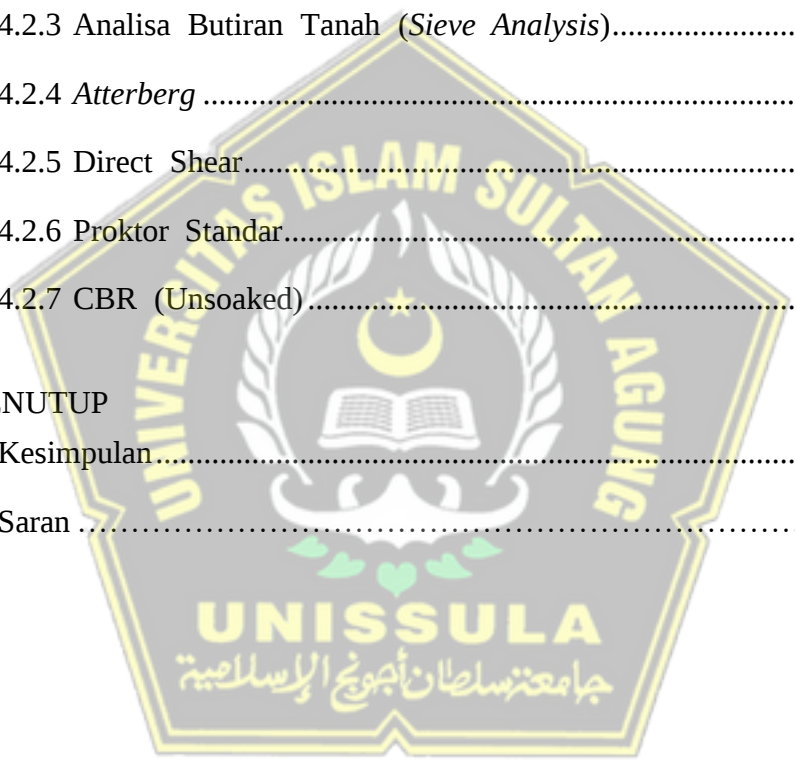
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah.....	6
2.2 Partikel Tanah.....	7
2.3 Material Penyusun Tanah.....	8
2.4 Tanah Lempung.....	8
2.5 Tanah Ekspansif	9
2.6 Klasifikasi Tanah.....	10
2.7 Sifat Fisik Tanah	14
2.7.1 Kadar Air (w).....	14
2.7.2 Berat Jenis Tanah (Gs).....	15
2.7.3 Analisa Butiran Tanah	16
2.7.4 Batas – batas Atterberg	17
2.8 Sifat Mekanik Tanah	21
2.8.1 Pemadatan Tanah.....	21
2.8.2 Kuat Geser Tanah.....	23
2.9 Stabilisasi Tanah.....	24
2.9.1 Garam (NaCl) sebagai bahan untuk stabilisasi.....	25
2.9.2 Arang tempurung kelapa sebagai bahan untuk stabilisasi.....	26
2.10 Penelitian Terdahulu.....	26

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pengertian Umum.....	28
3.2 Studi Literatur.....	30
3.3 Teknik Pengumpulan Data	30
3.3.1 Bahan Penelitian.....	32
3.3.2 Lokasi Penelitian.....	33
3.3.3 Persiapan Alat dan Prosedur Penelitian	33

3.4 Metode Analisa Data	45
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian.....	46
4.1.1 Sifat Fisik Tanah.....	46
4.2 Akhir Pembahasan.....	118
4.2.1 Kadar air.....	118
4.2.2 Berat Jenis Tanah (Gs).....	119
4.2.3 Analisa Butiran Tanah (<i>Sieve Analysis</i>).....	119
4.2.4 <i>Atterberg</i>	123
4.2.5 Direct Shear.....	124
4.2.6 Proktor Standar.....	125
4.2.7 CBR (<i>Unsoaked</i>).....	125
 BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	127
5.2. Saran	128



Daftar Tabel

Tabel 2.1 Batasan Penggolongan Butiran	7
Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>Unified</i>	12
Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	14
Tabel 2.4 Nilai Indeks plastisitas dan macam tanah	18
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	25
Tabel 3.1 Komposisi Campuran Garam (NaCl) dan Arang Tempurung Kelapa	28
Tabel 3.2 Daftar Benda Uji Campuran	30
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garam (NaCl)	47
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	48
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	49
Tabel 4.4 Data Hasil Percobaan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam	50
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam....	51
Tabel 4.6 Data Hasil Percobaan Piknometer Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	52
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Piknometer Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	52
Tabel 4.8 Data Hasil Percobaan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	53

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	54
Tabel 4.10 Data Pengujian <i>Grain Size</i> Sampel Tanah Asli (0%).....	55
Tabel 4.11 Data Hidrometer Sampel Tanah Asli (0%).....	57
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Hidrometer Sampel Tanah Asli (0%)	58
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Hidrometer Sampel Tanah Asli dan Penambahan Campuran.....	59
Tabel 4.14 Hasil Perubahan Butiran dari Tanah Asli terhadap Prosentase Penambahan Campuran.....	59
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan <i>Liquid Limit</i>	61
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan <i>Plastic Limit</i>	69
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas dengan garam	70
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas dengan Campuran Arang Tempurung Kelapa	71
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas dengan Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa.....	72
Tabel 4.20 Hubungan Potensi Pengembangan dan PI.....	74
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan <i>Direct shear</i> Sampel Tanah.....	75
Tabel 4.22 Hasil Penggambaran Grafik <i>Direct Shear</i> Sampel Tanah Campuran Garam	83
Tabel 4.23 Hasil Penggambaran Grafik <i>Direct Shear</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	85
Tabel 4.24 Hasil Penggambaran Grafik <i>Direct Shear</i> Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	86

Tabel 4.25	Data Hasil Percobaan Proktor Standar dengan Campuran Garam	89
Tabel 4.26	Data Hasil Percobaan Proktor Standar dengan Campuran Arang Tempurung Kelapa	90
Tabel 4.27	Data Hasil Percobaan Proktor Standar Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	90
Tabel 4.28	Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Asli	93
Tabel 4.29	Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Campuran Garam	93
Tabel 4.30	Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	94
Tabel 4.31	Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	94
Tabel 4.32	Hasil Proktor Standar Tanah Campuran Garam	99
Tabel 4.33	Hasil Prokor Standar Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	100
Tabel 4.34	Hasil Prokor Standar Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	100
Tabel 4.35	Hasil Pengujian CBR Tanah Asli dan Campuran Tumbukan 56 Kali	102
Tabel 4.36	Hasil perhitungan CBR <i>Unsoaked</i>	104
Tabel 4.37	Data Penetrasi Sampel Tanah Asli	104
Tabel 4.38	Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Garam	105
Tabel 4.39	Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	105
Tabel 4.40	Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	105
Tabel 4.41	Harga CBR (<i>Unsoaked</i>) Tanah Asli dan Campuran	117

Tabel 4.40	Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	105
Tabel 5.1	Pengaruh Penambahan Garam	126
Tabel 5.2	Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa	127
Tabel 5.3	Pengaruh Penambahan Garam dan Arang Tempurung Kelapa	127



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Tempat Pengambilan Sampel	4
Gambar 2.1	Rentang dari batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (IP).....	14
Gambar 2.2	Penentuan Batas Cair	19
Gambar 2.3	Alat uji proctor standart.....	21
Gambar 2.4	Grafik hubungan kadar air dan berat volume kering	22
Gambar 2.5	Skema Uji Geser Langsung Tanah.....	23
Gambar 3.1	Bagan Metodologi	29
Gambar 3.2	Sampel Tanah	32
Gambar 3.3	Garam krosok	32
Gambar 3.4	Serbuk arang tempurung kelapa.....	33
Gambar 3.5	Piknometer.....	34
Gambar 3.6	Saringan & brass round sieve	36
Gambar 3.7	Gelas ukur & Hydrometer.....	37
Gambar 3.8	Cassagrande.....	38
Gambar 3.9	Perangkat <i>direct shear test</i>	41
Gambar 3.10	Alat proktor standar.....	43
Gambar 4.1	Grafik Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garam (NaCl)	48
Gambar 4.2	Grafik Kadar Air Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	48
Gambar 4.3	Grafik Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garamditambah Arang Tempurung Kelapa	49
Gambar 4.4	Grafik Kadar Air	50
Gambar 4.5	Grafik Berat Jenis Tanah Sampel Tanah Campuran Garam....	51
Gambar 4.6	Grafik Berat Jenis Tanah Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	53
Gambar 4.7	Grafik Berat Jenis Tanah Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	54

Gambar 4.8	Grafik Berat Jenis Tanah.....	55
Gambar 4.9	Grafik Gradasi Butiran.....	58
Gambar 4.10	Grafik Perubahan Gradasi Butiran Sampel Tanah Campuran Garam	60
Gambar 4.11	Grafik Perubahan Gradasi Butiran Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa.....	60
Gambar 4.12	Grafik Perubahan Gradasi Butiran Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa.....	61
Gambar 4.13	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Asli.....	64
Gambar 4.14	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Garam.....	64
Gambar 4.15	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Garam 8%	65
Gambar 4.16	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Garam 12% ..	65
Gambar 4.17	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4%.....	66
Gambar 4.18	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8%.....	66
Gambar 4.19	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12%.....	67
Gambar 4.20	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 4%.....	67
Gambar 4.21	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 8%.....	68
Gambar 4.22	Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 12%.....	68
Gambar 4.23	Grafik Indeks Plastisitas Garam	70
Gambar 4.24	Grafik Indeks Plastisitas Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	71
Gambar 4.25	Grafik Indeks Plastisitas Sampel Garam dan Arang Tempurung Kelapa.....	72
Gambar 4.26	Grafik Indeks Plastisitas.....	73

Gambar 4.27	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Asli	77
Gambar 4.28	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Garam 4%	77
Gambar 4.29	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Garam 8%	78
Gambar 4.30	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Garam 12%	79
Gambar 4.31	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4%.....	79
Gambar 4.32	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8%.....	80
Gambar 4.33	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12%.....	81
Gambar 4.34	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (4%).....	81
Gambar 4.35	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (8%).....	82
Gambar 4.36	Grafik <i>Direct Shear Test</i> Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (12%).....	83
Gambar 4.37	Grafik Nilai Kohesi Tanah Campuran Garam	84
Gambar 4.38	Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Campuran Garam	84
Gambar 4.39	Grafik Nilai Kohesi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa	85
Gambar 4.40	Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Campuran Arang Tempurung Kelapa.....	85
Gambar 4.41	Grafik Nilai Kohesi Tanah Campuran garam ditambah Arang Tempurung Kelapa	86
Gambar 4.42	Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Campuran garam ditambah Arang Tempurung Kelapa.....	87
Gambar 4.43	Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Tanah.....	88
Gambar 4.44	Grafik Wopt Sampel Tanah Asli.....	95
Gambar 4.45	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam 4%.....	96
Gambar 4.46	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam 8%.....	96
Gambar 4.47	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam 12%.....	97

Gambar 4.48	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4%	97
Gambar 4.49	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8%	97
Gambar 4.50	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12%	98
Gambar 4.51	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 4%.....	98
Gambar 4.52	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 8%.....	99
Gambar 4.53	Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 12%.....	99
Gambar 4.54	Grafik woptimum Sampel Tanah Campuran Garam	100
Gambar 4.55	Grafik woptimum Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa.....	101
Gambar 4.56	Grafik woptimum Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa.....	101
Gambar 4.57	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli Tumbukan 56 Kali	107
Gambar 4.58	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam 4% Tumbukan 56 Kali.....	108
Gambar 4.59	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam 8% Tumbukan 56 Kali.....	109
Gambar 4.60	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam 12% Tumbukan 56 Kali	110
Gambar 4.61	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4% Tumbukan 56 Kali.....	111
Gambar 4.62	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8% Tumbukan 56 Kali.....	112
Gambar 4.63	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12% Tumbukan 56 Kali.....	113

Gambar 4.64	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (4%) Tumbukan 56 Kali	114
Gambar 4.65	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (8%) Tumbukan 56 Kali	115
Gambar 4.66	Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (9%) Tumbukan 56 Kali	116
Gambar 4.67	Grafik nilai CBR	118



DAFTAR NOTASI

A	[m ²]	Luas
c	[kg/cm ²]	Kohesi
w	[%]	Kadar air
G _s	[-]	Berat spesifik butiran
e	[-]	Angka pori
σ _n	[kg/cm ²]	Tegangan normal
σ _s	[kg/cm ²]	Tegangan geser
Ø	[°]	Sudut geser
γ _k	[gr/cm ³]	Gamma kering
n	[%]	Kadar pori
γ _b	[gr/cm ³]	Gamma basah
HAP	[-]	Harga air piknometer
T	[°]	Suhu
t	[s]	Waktu
PL	[%]	Plastic limit
LL	[%]	Liquid limit
ZAV	[-]	Zero Air Void

Abstrak

Oleh :

Elang Kuncoro Jati¹⁾, Muh. Adnan Febya Latif.²⁾,
Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D³⁾, Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si⁴⁾

Tanah merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam mendirikan berbagai konstruksi bangunan maupun gedung, namun tanah sering kali memiliki beberapa masalah seperti plastisitas tinggi, potensi kembang susut yang tinggi dan kuat geser yang rendah. Oleh sebab itu beberapa jenis tanah memerlukan penanganan khusus agar dapat dijadikan sebagai dasar konstruksi, salah satunya adalah tanah lempung yang sangat dipengaruhi oleh kadar air. Tanah lempung memerlukan perbaikan sifat-sifat tanah dengan suatu metode, salah satunya adalah metode stabilisasi perkuat tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah dan pengaruh presentase arang dan garam terhadap stabilitasi tanah yang terdapat di Desa Milir, kecamatan Gubug kabupaten Grobogan Jawa Tengah.

Metode penelitian ini yaitu analisis eksperimental data dari hasil penelitian di laboratorium. Sampel penelitian ini terdiri dari tanah asli, campuran tanah dan garam 4%, 8%, 12%, tanah dan arang tempurung kelapa 4%, 8%, 12%, dan tanah yang diberi penambahan arang serta garam 4%, 8%, 12% yang masing-masing berjumlah 5 sampel. Dilakukan uji kadar air, berat jenis, analisa saringan, atterberg limits, direct shear, uji proctor, dan CBR. Alat yang digunakan untuk menguji penelitian diantaranya adalah proctor standart, tabung hydrometer, botol picnometer, oven dan neraca.

Hasil yang diperoleh dari pengujian tanah asli didapat nilai IP 30,53%. Dari pencampuran yang dilakukan didapatkan kenaikan strabilitas tanah dengan nilai IP sebesar 24,26% dan nilai CBR 13,22% pada tanah dengan campuran arang tempurung kelapa 12%.

Kata Kunci : Stabilitas Tanah Lunak, Arang Tempurung Kelapa, Garam (NaCl), Tanah lempung.

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

²⁾Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

Abstract

By :

Elang Kuncoro Jati¹⁾, Muh. Adnan Febya Latif.²⁾,
Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D³⁾, Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si⁴⁾

Soil is an important thing that needs to be considered in constructing various building, but soil often has several problems such as high plasticity, high potential for shrinkage and low shear strength. Therefore, some types of soil require special handling so that they can be used as the base for construction, one of which is clay soil which is strongly influenced by water content. Clay soils needs to be improved of its soil properties with a method, one of which is the method of strengthening soil stabilization. This study aims to determine the type of soil and the effect of the percentage of charcoal and salt on soil stability in Milir Village, Gubug sub-district, Grobogan district, Central Java

Research method used is experimental analysis of data from the results of experiment in the laboratory. The sample of this study consisted of native soil, a mixture of soil and salt 4%, 8%, 12%, soil and coconut shell charcoal 4%, 8%, 12%, and soil that was mixed with charcoal and salt 4%, 8%, 12 %, each of which amounted to 5 samples. Tests were carried out for moisture content, specific gravity, filter analysis, atterberg limits, direct shear, proctor and CBR tests. Tools used to test the research include standard proctor, hydrometer tube, picnometer bottle, oven and scale.

The results obtained from testing the original soil with an IP value of 30.53%. From the mixing that was carried out, it was found that the increase in soil stability with an IP value of 24.26% and a CBR value of 13.22% on a soil with a mixture of 12% coconut shell charcoal.

Keywords: *Soft Soil Stabilization, Coconut Shell Charcoal, Salt (NaCl), Clay.*

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

²⁾Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material yang letaknya berada di seluruh muka bumi. Tanah dibidang teknik sipil merupakan tempat pondasi berdiri juga penahan bangunan yang ada di atasnya. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauziek dkk (2018), tanah merupakan suatu lapisan pada bumi bagian permukaan yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjutan yang disebabkan oleh perubahan alami bersamaan dengan pengaruh udara, air serta berbagai macam organisme baik yang telah mati ataupun organisme yang masih hidup.

Jenis kontriksi ataupun struktur, baik struktur bangunan seperti bendung, gedung, jalan dan lainnya semuanya berdiri di tempat yang disebut sebagai tanah. Namun, tak semua tanah itu baik. Beberapa masalah terjadi jika tanah tersebut memiliki sifat yang buruk seperti tingginya plastisitas, kembang susut yang memiliki potensi tinggi serta kuat geser yang rendah. Tanah memberikan pengaruh besar pada bangunan yang ada di atasnya, oleh karenanya tanah sendiri harus sangat diperhatikan pada saat melakukan perencanaan kontruksi.

Beberapa jenis tanah membutuhkan penanganan khusus agar bisa digunakan sebagai dasar kontruksi, seperti halnya tanah lempung. Tanah lempung sendiri adalah salah satu tanah yang sangat dipengaruhi oleh kadar air. Pada keadaan kering, tanah lempung akan menyusut dengan sifat yang keras dan kuatkuat. Namun pada kondisi basah, tanah tersebut akan mengembang dengan daya dukung yang lemah. Oleh karenanya, sangat diperlukan perbaikan pada sifat tanah lempung, yang kemudian dapat menghasilkan material tanah yg lebih baik, perbaikan tersebut salah satunya dengan metode stabilisasi tanah.

Menurut Hardiyatmo, H.C (2010), stabilisasi adalah tanah yang kemudian dicampur dengan bahan tertentu untuk memperbaiki sifat tanah,

atau stabilisasi tanah merupakan bentuk usaha guna merubah serta memperbaiki sifat teknis tanah untuk memenuhi syarat teknis.

Begitu luasnya lahan tanah lempung di Indonesia, maka bangunan yang ada di atas tanah lempung harus diatasi. Untuk menambah bahan referensi pembangunan infrastruktur di atas tanah lempung pada Tugas Akhir ini penyusun mencoba menambahkan suatu bahan untuk menstabilkan kondisi tanah lempung tersebut. Percobaan ini diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tanah serta menjadi alternatif lain sebagai bahan stabilisasi tanah lempung dengan judul Tugas Akhir ini “Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Arang Tempurung Kelapa dan Garam Dapur”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah tanah di Ds. Mlilir, Kec. Gubug, Kab. Grobogan, Jawa Tengah merupakan jenis tanah lempung (*clay*)?
2. Bagaimana pengaruh penambahan Arang Tempurung Kelapa terhadap stabilisasi tanah?
3. Bagaimana penambahan Garam Dapur dapat berpengaruh terhadap stabilisasi tanah?
4. Bagaimana pengaruh penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Garam Dapur terhadap stabilisasi tanah?
5. Pada prosentase campuran manakah yang maksimal guna menaikkan stabilisasi tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis tanah yang berada di Ds. Mlilir, Kec. Gubug, Kab. Grobogan, Jawa Tengah
2. Mengetahui persentase maksimum tanah yang telah dicampuri Arang Tempurung Kelapa sebagai stabilisasi tanah.
3. Mengetahui persentase maksimum tanah yang dicampuri Garam Dapur terhadap stabilisasi tanah.
4. Mengetahui persentase maksimum pencampuran Arang Tempurung Kelapa dan Garam sebagai stabilisasi tanah.

1.4 Batasan Penelitian

Karena luasnya permasalahan, keterbatasan waktu dan kemampuan, maka perlu dilakukannya pembatasan masalah yaitu:

1. Tanah yang diteliti merupakan tanah yang diambil pada kedalaman 1 m dari permukaan tanah di Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.
2. Penambahan Arang Tempurung Kelapa pada sampel tanah.
3. Penambahan Garam Dapur pada sampel tanah.
4. Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Garam Dapur pada sampel tanah.
5. Penelitian yang akan dilakukan pada laboratorium tanah yaitu, kadar air (*Water Content*), berat jenis butiran (*Gs*), *sieve analysis*, *atterberg limit*, *direct shear*, *proctor standart* dan *California bearing ratio* (CBR).

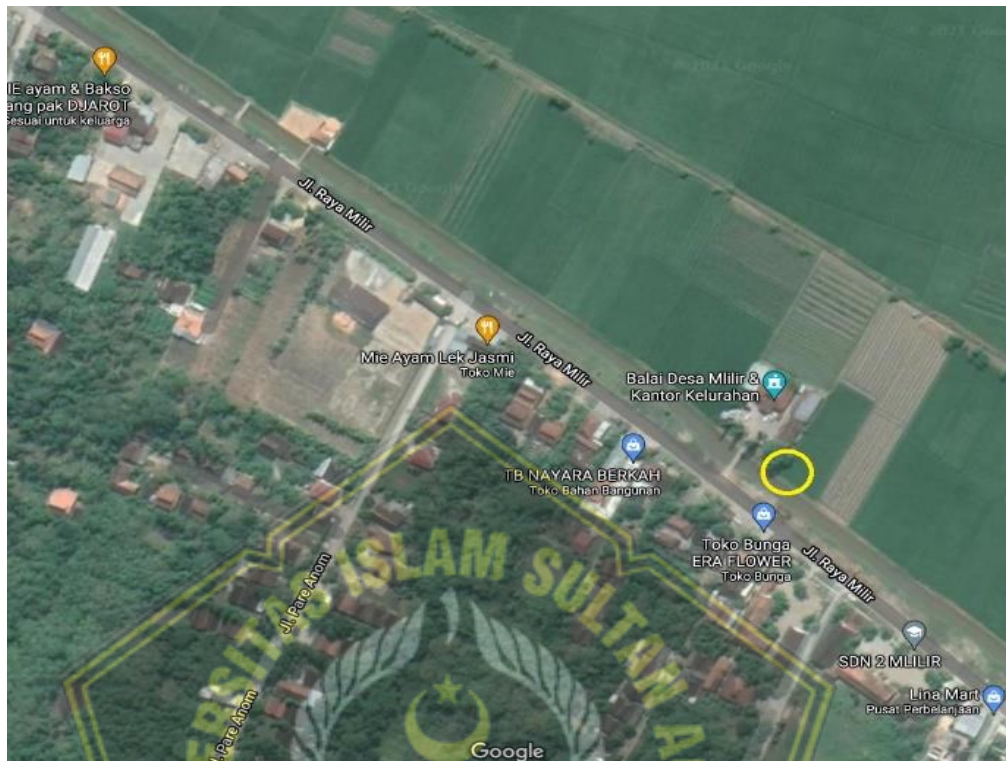
1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan dan ilmu mengenai mekanika tanah terhadap uji yang telah dilakukan di laboratorium.
2. Memberikan informasi yang berkaitan dengan kondisi dan sifat tanah yang telah diteliti.
3. Mengetahui seberapa besar pengaruh setelah adanya penambahan arang tempurung kelapa terhadap perilaku sampel tanah.
4. Mengetahui seberapa besar pengaruh setelah adanya penambahan garam dapur terhadap perilaku sampel tanah.
5. Mengetahui seberapa besar pengaruh setelah adanya penambahan arang tempurung kelapa dan garam dapur terhadap perilaku sampel tanah.
6. Dapat dijadikan acuan atau bahan pertimbangan untuk pihak-pihak yang akan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai stabilitasi tanah.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi desa yang diambil tanahnya guna dijadikan keperluan penelitian berada di Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan.

n, Jawa Tengah. Peta lokasi pengambilan sampel tanah ditunjukkan pada **Gambar 1.1** dibawah ini.



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

Sumber: *Google Maps*

1.7 Keaslian Kajian

Keaslian kajian dalam pembuatan tugas akhir ini, bahwa semua yang tertulis dalam penyelesaian tugas akhir ini merupakan asli karya dari penulis. Adapun bagian –

bagian yang merupakan acuan dan disertakan sumbernya, yang tertera berupa teks karangan maupun daftar pustaka .

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, peta lokasi, keaslian kajian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini “menjelaskan tentang pengertian tanah, tanah lempung, material penyusun tanah, klasifikasi tanah, sifat-sifat fisik tanah, sifat-sifat mekanis tanah, stabilisasi tanah, dan lain-lain”.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini “berisi mengenai bagan alur pengujian sampel tanah, bahan penelitian yang digunakan, tempat penelitian, persiapan alat dan pelaksanaan penelitian”.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini “menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan”.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini “berisi mengenai kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang berhubungan dengan penelitian yang telah dilakukan”.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Tanah merupakan “material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak terikat secara kimiawi dengan yang lainnya dari bahan – bahan organik yang sudah melapuk dan memiliki partikel padat, zat cair serta gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel padat tersebut” (Das, 1993).

Menurut Hardiyatmo dalam Apriliyandi (2017), “tanah merupakan ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat – zat organik, atau oksida – oksida yang mengendap di antara partikel – partikel yang berisi udara, air, maupun yang lainnya”.

Menurut Craig (1991), tanah didefinisikan “sebagai akumulasi partikel mineral yang memiliki sifat lemah terhadap ikatan antar partikelnya dan terbentuk akibat pelapukan batuan”. Di antara partikel – partikel tanah terdapat ruang kosong disebut dengan pori – pori (*void space*) yang berisi udara dan air.

Bowles (1994), tanah adalah campuran partikel – partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

1. *Boulders* (berangkal), kerikil pecahan dari batu besar, yang mempunyai ukuran lebih besar dari 250 mm – 300 mm. untuk ukuran 150 mm – 250 mm bias disebut kerakal (*pebbles/cobbles*).
2. *Gravel* (kerikil), yaitu partikel dari batuan yang ukurannya 5 mm – 150 mm.
3. *Sand* (pasir), yaitu partikel batuan yang ukurannya 0,074 mm – 5 mm, berkisar dari ukuran kasar (3 mm – 5 mm) hingga halus (kurang dari 1 mm).
4. *Silt* (lanau) merupakan partikel batuan yang ukurannya 0,002 mm – 0,0074 mm.

5. *Clay* (lempung), yaitu partikel mineral yang ukurannya lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan penyebab dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. *Colloids* (koloid), yaitu partikel mineral yang tidak bergerak dan mempunyai ukuran yang lebih kecil dari 0,001 mm.

Jika karakter fisis tanah selalu terdapat pada saat tanah dalam keadaan kering dan basah yang menyusun suatu butiran tanah yang sama mengakibatkan perlunya sebuah gaya untuk memisahkan tanah ketika dalam keadaan kering, maka tanah tersebut adalah *kohesif*. Bowles (1991), menerangkan jika butir – butir tanah memisah sesudah dikeringkan dan tanah melekat pada saat kondisi basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air, maka tanah tersebut tak *kohesif*. Tanah kohesif memiliki sifat tidak plastis atau berupa cairan kental yang bergantung pada nilai kadar airnya dan tidak memiliki baris batas antara dalam keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tak plastis untuk semua nilai pada kadar air.

2.2 Partikel Tanah

Ukuran partikel tanah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya “memiliki beberapa jenis yaitu, kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), lempung (*clay*), tergantung dari ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil-sparate-size limits*)”.

Tabel 2.1 Batasan Penggolongan Butiran

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	> 2	2-0,006	0,006-0,002	<0,002
U.S Departement of Agricultur (USDA)	>2	2-0,05	0,05-0,002	<0,002
American Association of State Higway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2-2	2-0075	0,075-0,002	<0,002
Unifield Soil Clasification System (USCS)	76,2-4,75	4,75-0,075	Halus (lanau dan lempung <0,0075)	

2.3 Material Penyusun Tanah

Susunan tanah terdiri dari material – material yang bersifat heterogen dan non heterogen. Tanah terdapat empat komponen utama penyusunya yaitu :

1. Bahan Organik, “berasal dari pembusukan maupun pelapukan dari hewan dan tumbuhan yang telah lama mati atau bisa disebut proses dekomposisi dari hewan dan tumbuhan”.
2. Partikel Mineral, “mineral ini berasal dari pelapukan batuan – batuan yang sangat lama, Proses dari pelapukan batuan ini akan mempengaruhi jenis tanah yang dihasilkan dan kadungan mineral yang dihasilkan terhadap tanah berbeda – beda atau mengakibatkan terjadinya berbagai macam varian tanah”.
3. Air, kadungan air pada tanah sangat mempengaruhi sifat fisik tanah tersebut, “Air dapat tertahan oleh tanah yang disebabkan oleh kohesi, adhesi dan gravitasi dan Jumlah kandungan air yang mengisi pori – pori tanah dipengaruhi oleh kerapatan pori tanah itu sendiri”. Hal ini yang menimbulkan tanah dapat dibedakan menjadi beberapa jenis golongan.
4. Udara, udara dan air yang mengisi pori – pori tanah hampir dari 50% volume tanah itu sendiri dan jumlah tersebut bisa berubah – ubah tergantung cuaca maupun iklim.

2.4 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan “salah satu jenis tanah yang memiliki luas permukaan spesifik butiran – butiran yang lebih besar dan memiliki karakteristik tanah berbutir halus, angka pori yang lebih besar dan permeabilitas yang lebih kecil dibandingkan tanah berbutir kasar terlebih lagi tanah lempung sangat mudah untuk mengembang dan menyusut (*expansif*) karena perubahan pada kadar air”.

Menurut Wesley (1977) dalam Sutrisno (2013), “tanah lempung terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil yaitu kurang dari 0,002 mm

serta menunjukkan sifat – sifat plastisitas dan kohesi”. Kohesi menunjukkan bahwa bagian – bagian tersebut melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah “sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah – ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan atau terpecah – pecah”.

Tanah lempung memiliki sifat plastis bila tercampur air sehingga menimbulkan permeabilitas tanah lempung menjadi rendah dan tidak mudah terkelupas dengan jari tangan. Akan tetapi “tanah lempung bisa menjadi sangat keras apabila dalam keadaan kering, Pada umumnya kira – kira terdapat 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung” (Kerr, 1959 dalam Hardiyatmo, 2002). Mineral – mineral tersebut antara lain *illite*, *montmorillonite*, *kaolinite*, *chlorite*, *polygorskite*, *vermiculite* dan *halloysite*.

Hardiyatmo, 1992 membagi beberapa sifat yang dimiliki tanah lempung, yaitu:

1. Ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm.
2. Permeabilitas rendah.
3. Sangat kohesif.
4. Kenaikan air kapiler tinggi.
5. Kadar kembang susut tinggi.
6. Proses konsolidasi lambat.

2.5 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan tanah yang memiliki 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 dengan 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. Tanah ini apabila terjadi peningkatan kadar air pada tanah akan mengembang disertai peningkatan tekanan air pori dan apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Jenis tanah yang memiliki sifat tersebut adalah lempung, sebab lempung memiliki sifat plastis apabila tercampur dengan air akibat partikel mineral. Sifat ekspansif ini terjadi oleh proses pembasahan dan pengeringan yang silih berganti, hal ini merupakan perubahan dalam sistem tanah yang mengganggu keseimbangan tegangan-tegangan dalam (Manopo, 2013).

Tanah ekspansif mempunyai kandungan kadar lempung yang cukup tinggi dan mempunyai mineral-mineral didalamnya. Chen (1975), mineral pada lempung tersusun atas 3 (tiga) komponen penting yang terdiri dari *montmorillonite*, *illite* dan *kaolinite*. Pada mineral *montmorillonite* mempunyai sifat keras bila kondisi kering yang mengakibatkan retakan dan memiliki sifat plastis jika dalam keadaan basah sehingga tanah menjadi lembek. Karena karakteristik mineral *montmorillonite* ini yang menyebabkan kemampuan daya tahan struktur menurun yang akan berujung ke masalah-masalah pada sebuah bangunan sehingga berakibatkan rusaknya struktur bangunan.

2.6 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yaitu suatu sistem untuk mengatur berbagai jenis tanah yang berbeda tetapi sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1993). Tujuan dari klasifikasi tanah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu dan menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk data dasar. Seperti karakteristik pemadatan, berat isi, kekuatan tanah, dan sebagainya. Hardiyatmo (1992) menjelaskan, secara umum keseluruhan klasifikasi tanah berdasarkan ukuran partikel-partikel yang diperoleh dari uji saringan dan plastisitas tanah.

Dalam ilmu mekanika tanah ada dua system klasifikasi tanah yang umum dikelompokkan. Kedua system tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*. Sistem-sistem tersebut adalah :

2.5.1. Kalsifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*)

“Klasifikasi sistem USCS (*Unified Soil Classification System*) ini pertamakali di perkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang oleh *The Army Coprs of Engginers* selama perang dunia keII. Setelah itu dikembangkan kembali oleh USBR (*United State Bureau of Reclamation*) dan USACE (*United State Army Corps of Engginers*). Kemudian USCS digunakan oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*) untuk metode sistem standart yang banyak digunakan dalam berbagai macam pekerjaan geoteknik. Pada sistem ini tanah dibedakan atas 2 (dua) kelompok besar, yaitu” :

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

Tanah ini terdiri dari kerikil dan pasir dengan ukuran kurang dari 50% tanah yang lolos saringan nomor 200 ($F_{200} < 50$). Simbol pengelompokan tanah ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil (*gravelly soil*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*)

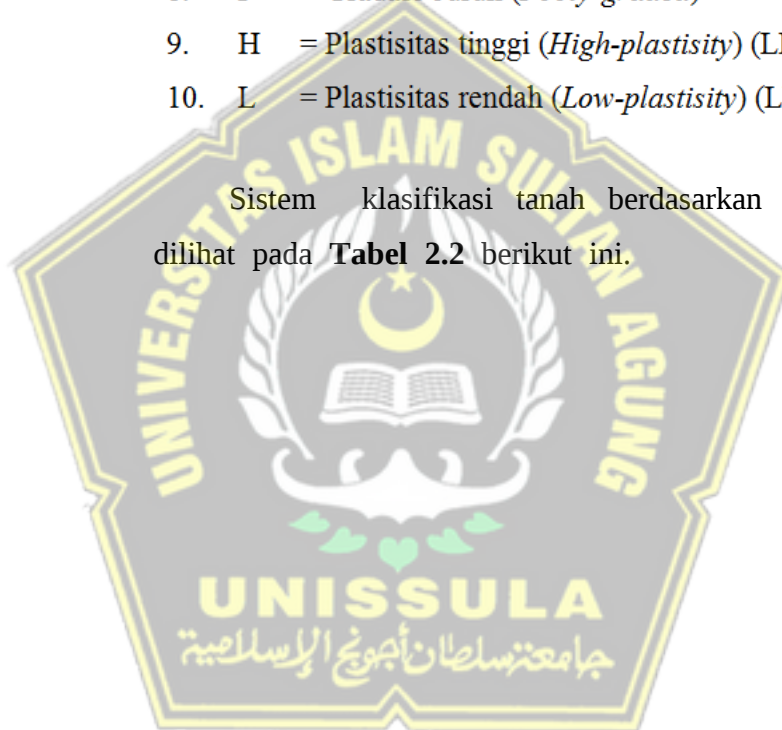
2) Tanah berbutir halus (*fine-grainerd soils*)

Tanah ini memiliki ukuran lebih 50% yang lolos saringan nomor 200 ($F_{200} \geq 50$), yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol pengelompokan 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 dengan kandungan organik tinggi.

Symbol lain yang dapat digunakan untuk klasifikasi tanah adalah :

1. G = Keikil (*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 (*Pooly-graded*)
9. H = Plastisitas tinggi (*High-plastisity*) ($LL > 50$)
10. L = Plastisitas rendah (*Low-plastisity*) ($LL < 50$)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan USCS dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut ini.



Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% >$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Cu = $\frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ Cc = $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3			
			GP	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW			
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau PI < 4 Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau PI > 7	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol		
			GC				
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Cu = $\frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ Cc = $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3			
			SP	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW			
		Pasir dengan butiran Halus	SM	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau PI < 4 Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau PI > 7	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol		
			SC				
			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				
			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.				
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				
		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				
		MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomeae, atau lanau diatomeae, lanau yang elastis				
	Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$						
		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	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi				
		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488					

Sumber : Hary Christady, 1996

2.5.2 Klasifikasi Tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

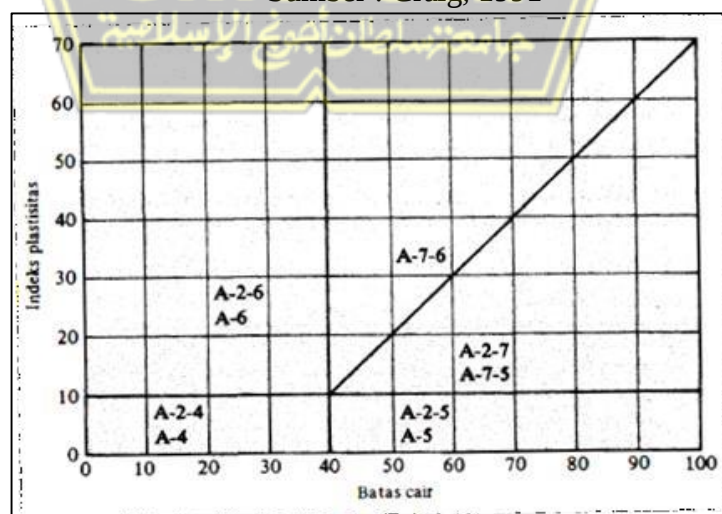
Sistem klasifikasi tanah AASHTO dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*, sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku pada saat ini yang diajukan oleh *Commite on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Bord* pada tahun 1945 (ASTM Standart nomor D-3282, AASHTO model M145).

Sistem ini awalnya membagi pengelompokan tanah menjadi 8 kelompok yaitu kelompok A-1 sampai A-8 termasuk sub kelompok. Kemudian sistem yang telah 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 dan 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 kedalam 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 kedalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7 dan Butiran dalam kelompok A-4 hingga A-7 sebagian

besar adalah lanau dan lempung . Sistem klasifikasi tanah AASHTO ditunjukkan dalam **Tabel 2.3** dan grafik rentang batas cair (LL) dan indeks plastisitas (IP) ditunjukkan dalam **Gambar 2.1** sebagai berikut. **Tabel 2.3** Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (Sumber: Das, 1995)

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks 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)						
Klasifikasi kelompok	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						

Gambar 2.1. Rentang dari batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (IP)
Sumber : Craig, 1991



2.7 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah adalah suatu kondisi dimana tanah dalam keadaan asli yang bisa digunakan untuk menunjukkan jenis – jenis tanah.

2.7.1. Kadar Air (w)

Abdul Hakam (2010), menjelaskan “nilai dari kadar air sangat berguna untuk praktisi dalam menentukan keputusan terhadap situasi yang ada dan hasil dari kadar air tanah tersebut dapat digunakan menjadi patokan dalam menentukan kekuatan dan perilaku tanah terutama pada tanah berbutir halus”. Menentukan kadar air dapat digunakan beberapa metode salah satunya *Over Drying Method*. “Metode ini adalah metode yang dapat dilakukan di laboratorium yang paling akurat, dengan mengambil beberapa sampel tanah yang diletakkan dalam cawan, kemudian dioven pada suhu 105°C - 110°C dalam waktu 24 jam supaya tanah menjadi kering sempurna. Suhu lebih dari 110°C mungkin dapat menghancurkan kristalisasi struktur partikel lempung ikatan kimia” (IS: 2720 Part II-1969).

Kadar air (w) adalah “perbandingan antara nilai berat air yang dikandung tanah dengan nilai berat kering tanah yang dinyatakan dalam bentuk persen”. Kadar air (w) dapat dicari dengan rumus :

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

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 merupakan ”perbandingan nilai antara berat butir tanah dengan air suling pada volume yang sama dan

dalam susu tertentu”. Berat jenis butiran dapat dicari dengan rumus berikut:

$$Gs = \frac{c-a}{Hp-(d-c)t2} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Dengan
- G = Berat butiran
 - A = Berat picnometer
 - C = Berat pickometer + sampel
 - D = Berat pickometer + aquades + sampel
 - Hp = Harga air picnometer
 - t2 = Suhu setelah ± 24 jam

2.7.3. Analisa Butiran Tanah

Berdasarkan berat kering total dari variasi ukuran partikel-partikel pada tanah yang dinyatakan dalam bentuk persentase akan menentukan sifat-sifat tanah tersebut. Besar kecilnya butiran-butiran yang terkandung dalam tanah yang menjadi dasar pemberian nama dan klasifikasi pada tanah, oleh sebab itu uji analisa butiran adalah pengujian tanah yang paling sering dilakukan.

Analisa ukuran butiran tanah (*sieve analysis*) adalah penentuan berat butiran tanah yang dinyatakan dalam bentuk presentase pada suatu saringan dengan diameter ukuran tertentu. Terdapat du acara untuk mendistribusikan ukuran partikel-partikel pada tanah, yaitu :

1. Analisa ayakan (*Grain size*)

Uji analisa ayakan memiliki fungsi untuk menentukan gradasi dari sampel tanah dan analisa ayakan digunakan untuk ukuran partikel-partikel tanah yang memiliki diameter lebih dari 0,075mm.

Untuk menditribusikan ukuran butiran tanah yang beragam dilakukan dengan cara menyaring. Tanah yang tertinggal setiap saringan ditimbang, berat dari hasil

timbangan tersebut kemudian hitung presentase terhadap berat kumulatif. Untuk perhitungan dapat digunakan langkah-langkah berikut :

- a. Berat sampel semula = A gram
 Berat sampel sesudah dicuci = B gram
 Berat lumpur = berat sampel lolos saringan no. 200
 = A – B
- b. Jumlah berat tanah yang tertinggal dalam saringan Ø 4,76 mm sampai Ø 0,075 mm = C gram
 Jadi kehilangan berat = (B – C gram)
- c. Kadar lumpur
 Dengan α = berat tanah yang tertinggal dalam saringan
- d. Presentase tanah yang tertinggal

$$= \frac{\text{berat tanah yang tertinggal}}{A} \times 100\%$$
- e. Kumulatif persen tanah yang tertinggal
 = jumlah + presentase tanah diatasnya
2. f. Persent Finer = (100% - kumulatif persen)

Uji analisa hidrometer memiliki fungsi untuk menentukan ukuran partikel-partikel tanah yang berdiameter lebih dari 0,075 mm dengan menggunakan alat hydrometer.

Uji analisa hidrometer ditentukan dengan cara mengendapkan partikel tanah atau sedimentasi. Pengujian ini berdasarkan pada hokum Stokes mengenai kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspense. Rumus yang dapat digunakan :

$$\text{Presentase butiran } N = \frac{\text{Setelah pembacaan}}{\text{Jumlah selisih pembacaan}} \times KL \dots \dots (2.3)$$

- Dengan
- KL = Kadar lumpur (berat lumpur)
 - D = Diameter $(106.10^{-7} z/t)^{1/2}$
 - T = Waktu dalam detik
 - Z = $24 - \alpha (0,2)$
 - A = Banyak strip setiap pembacaan

2.7.4. Batas – batas Atterberg

Plastisitas adalah kemampuan penyesuaian tanah dalam perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa menimbulkan retakan – retakan pada tanah, Sifat plastis terjadi akibat adanya kandungan partikel mineral lempung yang terdapat didalamnya .

Menurut Atterbeg (1911) tingkat plastisitas tanah terbagi menjadi 4 (empat) tingkatan berdasarkan nilai indeks plastisnya antara 0% sampai 17% . Batasan ini dapat dilihat pada **Tabel 2.5** sebagai berikut.

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

Tabel 2.4 Nilai Indeks plastisitas dan macam tanah

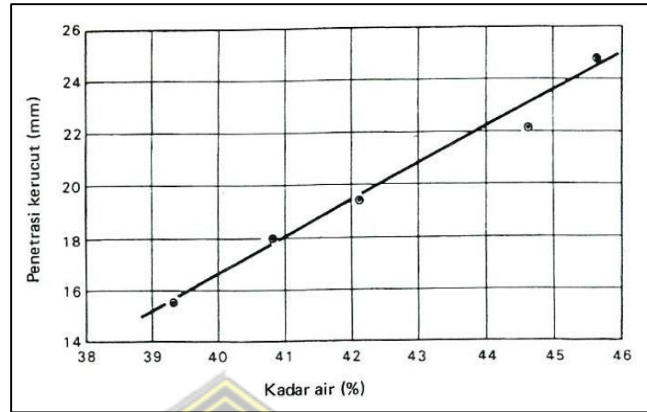
Sumber : Atterberg 1991, dalam Hardiyatmo (1999)

Atterberg (1911) menjelaskan cara penggambaran untuk batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandunagn air dalam tanah, batas-batas cair tersebut meliputi batas plastis (*plastis limit*), batas cair (*liquid limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*) .

1. Batas cair (*liquid limit*)

Kadar air dapat dinyatakan dalam bentuk persen diperoleh dari ketukan pada tanah yang diperlukan untuk menutup goresan sepanjang dasar contoh dengan jarak 0,5 inc (12,7 mm) di dalam sebuah mangkok. Setelah dilakukan 25 kali ketukan didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*). Pada uji ini memerlukan beberapa kali percobaan dengan kandungan air yang berbeda-beda dengan jumlah ketukan berkisar 15-35 kali untuk mengatur

kadar air dalam tanah. Grafik penentuan batas cair seperti pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Penentuan Batas Cair

2. Batas Plastis (*plastic limit – PL*)

Batas plastis adalah batas tingkatan keplastisan paling terendah pada tanah dan didefinisikan sebagai kadar air dalam tanah yang dinyatakan dalam bentuk persen (%), Uji plastis dapat dilakukan dengan cara menggulung sampel tanah hingga mencapai ukuran dengan diameter 3,2 mm (1/8 inc) sampai timbulnya retakan .

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

Batas susut adalah perubahan volume dari massa tanah yang berhenti dan dinyatakan dalam persen (%), uji batas susut dilakukan menggunakan alat yang berbentuk mangkuk porselin berdiameter 44,4 mm (1,75 inc) dan tinggi 12,7 mm (0,5 inc) . Volume dari tanah yang telah dikeringkan ditentukan dengan menggunakan air raksa.

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

Indeks plastis adalah perbedaan antara batas cair dengan batas plastis dari suatu tanah ($PL - LL - PL$), Indeks plastisitas memiliki fungsi untuk mengidentifikasi

sifat plastis tanah. Tanah yang memiliki PI tinggi dinyatakan sebagai tanah yang banyak mengandung butiran lempung. Sebaliknya, PI rendah dimiliki oleh tanah jenis lanau yang sedikit terjadi pengurangan kadar air sehingga menyebabkan tanah menjadi kering.

2.8 Sifat Mekanik Tanah

Sifat mekanik tanah adalah sifat tanah dalam kondisi terbebani dan digunakan untuk parameter dalam perencanaan pondasi.

2.8.1. Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah proses menaikkan berat jenis tanah dengan cara mendesak tanah menggunakan energi mekanis agar partikel lebih rapat dan menjadi padat serta mengurangi udara yang mengisi rongga pada tanah sehingga berat jenis tanah akan naik, berat volume tanah kering yang telah dipadatkan dapat diukur tingkat kepadatannya dan tanah yang sedang dipadatkan dapat ditambahkan air untuk membasahi atau melumasi partikel-partikel tanah. Hal ini menyebabkan partikel – partikel tanah akan mudah bergerak dan bergeseran sehingga tanah lebih rapat.

Menurut Hardiyatmo (2002), dari pemadatan tanah terdapat 4 (empat) tujuan, yaitu :

1. Mempertinggi nilai kuat geser tanah
2. Mengurangi sifat mudah mampat pada tanah
3. Mengurangi permeabilitas
4. Mengurangi perubahan volume yang diakibatkan dari perubahan kadar air, dll.

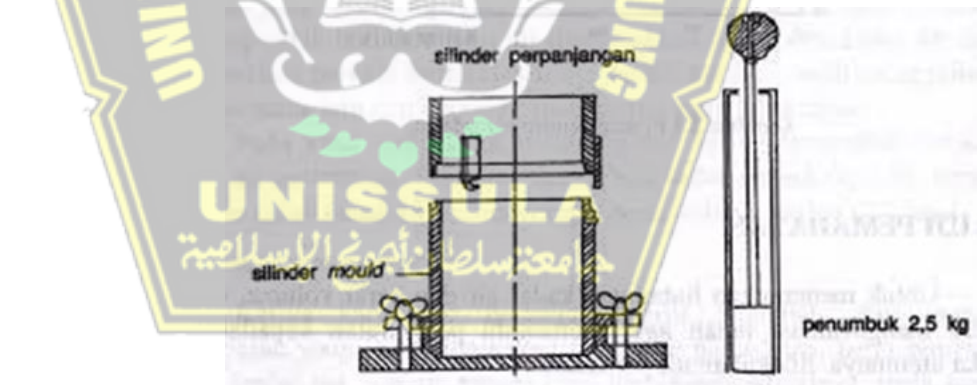
Pada pemadatan tanah, kontrol pemadatan dipengaruhi oleh 4 (empat) faktor, yaitu (Hardiyatmo, 2002) :

1. Energi pemadatan
2. Tipe tanah dan gradasi
3. Kadar air

4. Unit berat kering

Adapun pengujian kepadatan tanah yang dapat diperoleh dari pengujian standar laboratorium yaitu dengan uji *proctor*. Uji *proctor* dibagi menjadi 2 macam, yaitu *modified proctor* dan *standart proctor*.

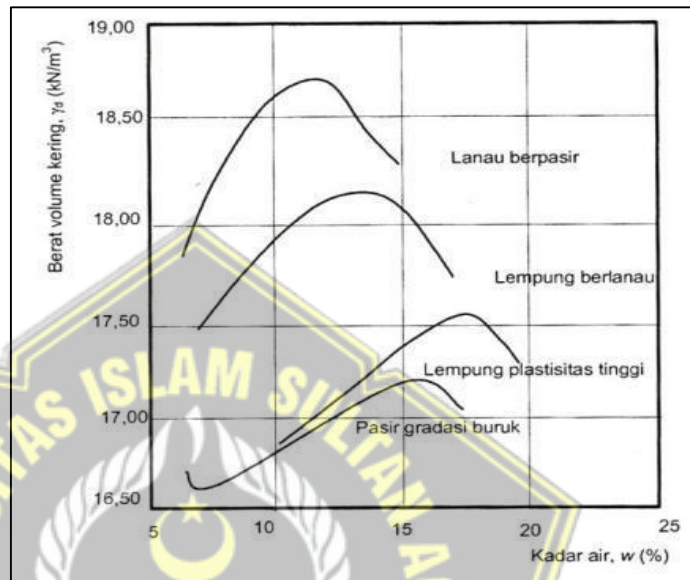
Alat yang digunakan berupa silinder *mould*. Pada uji *standart proctor* sampel tanah yang telah dimasukkan ke dalam *mould* kemudian dipadatkan dengan penumbuk yang memiliki berat 2,5 kg dan tinggi jatuh 30,5 cm, sampel tanah yang akan dipadatkan dibagi menjadi 3 lapisan dan setiap lapisan tanah ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Sedangkan pada uji *modified proctor*, *mould* yang digunakan masih sama hanya penumbuknya diganti sebesar 4,54 kg dan tinggi jatuh penumbuk 45,72 cm. pada uji ini, tanah akan dibagi menjadi 5 lapisan dan setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Alat uji *proctor* yang digunakan dapat dilihat seperti pada gambar 2.3. .



Gambar 2.3 Alat uji *proctor* standart

Sumber : Hardiyatmo, 2002

Dalam uji pemadatan tanah, sedikitnya 5 kali percobaan yang diulang dengan kadar air yang bervariasi di setiap percobaan. Kemudian, angka yang didapat dari gambar pada sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume kering. Grafik tersebut dapat dilihat seperti pada **gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Grafik hubungan kadar air dan berat volume kering

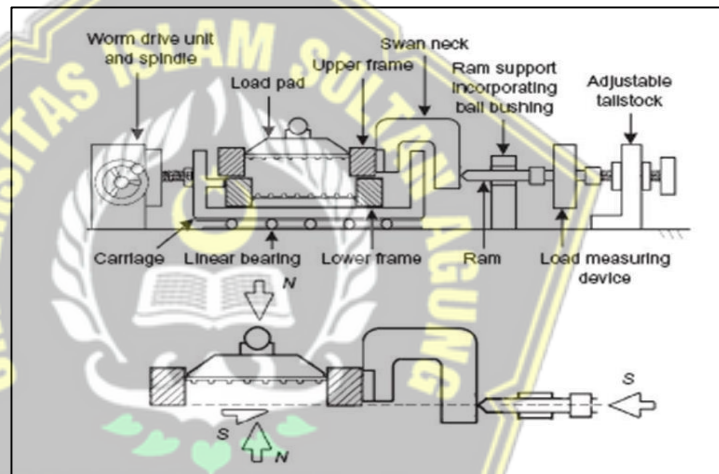
Sumber : Hardiyatmo, 2002

2.8.2. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah merupakan pengujian yang digunakan untuk mencari besarnya kekuatan geser tanah secara langsung. Sampel tanah yang digunakan untuk uji ini adalah tanah yang tidak terlalu padat atau sampel tanah yang lembek dan mengandung lempung, kemudian untuk proses pengambilan, penyimpanan serta perawatan sampel tanah sebelum pengujian diperlukan ketelitian dan perhatian yang besar (Craig, 1991) .

Salah satu uji kuat geser tanah yang umum dilakukan adalah uji geser langsung (*direct shear*). Uji *direct shear* dilakukan dengan menempelkan tanah pada sebuah kotak

yang terbuat dari logam dengan penampang persegi atau lingkaran, Kotak tersebut terbagi menjadi dua bagian tepat ditengah-tengah tinggi kotak, diatas dan dibawah sampel tanah diletakkan sebuah piringan logam. Kemudian, dibebani dengan gaya vertical (N) melalui pelat beban secara bertahap kemudian dari pergeseran antara kedua bagian kotak pada alat uji *direct shear* akan menimbulkan tegangan geser, Gaya geser (T) diukur bersamaan dengan perpindahan geser (ΔI), Dalam uji ini, bebrapa sampel yang digunakan dengan pembebanan yang berbeda-beda Pengujian tanah menggunakan *direct shear* dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Skema Uji Geser Langsung Tanah
Sumber: <http://slideplayer.info/slide/2815000/>

2.9 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah salah “satu hal yang penting dalam mendukung sebuah konstruksi yang aman, tanah sebagai penahan beban yang harus memiliki daya dukung yang cukup guna menahan beban dari konstruksi”. Stabilisasi tanah adalah proses untuk memperbaiki sifat – sifat tanah dengan memodifikasi atau menambah bahan lain pada struktur lapisan tanah yang berfungsi menaikkan daya dukung tanah, mempertahankan kekuatan geser dan mengurangi terjadinya deformasi tanah.

Menurut Bowles (1984) menjelaskan “apabila tanah yang terdapat di lapangan mempunyai indeks konsisten yang tidak sesuai, bersifat sangat lepas atau mudah tertekan, permeabilitas yang terlalu tinggi atau sifat lain yang tidak sesuai untuk proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi”. Menurut Bowles (1991) dalam Jatmiko (2014), beberapa tindakan yang harus dilakukan untuk menstabilkan tanah sebagai berikut :

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

Adapun penjelasan dari tujuan stabilisasi tanah, yaitu (Pratikso, 2014) :

1. Merubah tanah menjadi partikel yang mempunyai ikatan cukup kuat untuk melawan gaya luar dan gaya kembang susut tanah sehingga daya dukung tanah meningkat.
2. Menjaga perubahan kadar air di dalam tanah.

Stabilisasi tanah dapat dipilih dari beberapa cara berikut :

1. Stabilisasi mekanis yaitu “berhubungan dengan pemadatan tanah yang memakai berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas, benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekstur dan pemanasan”.
2. Stabilisasi statis yaitu “untuk meningkatkan kerapatan pada tanah yang dapat dicapai dengan menurunkan muka air tanah dan membebani tempat tersebut sebelumnya”.
3. Stabilisasi perkuatan: “dengan menggunakan bahan tertentu seperti Geosintetik”.
4. Stabilitas secara fisik dan kimia: “mencampur satu atau lebih bahan tambahan pada tanah, sehingga akan terjadi reaksi antara bahan-bahan tersebut”.

2.9.1 Garam (NaCl) sebagai bahan untuk stabilisasi

Garam adalah butiran padat berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan sebagian besar terdiri dari Natrium Chlorida (>80%) (Subiyantoro, 2001). Tanah ekspansif memiliki kation yang tersebar dipermukaan menyelubungi anion. Oleh sebab itu untuk mengurangi sifat kembang susut pada tanah dapat dilakukan dengan menambah kation seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . semakin banyak kation yang ditambahkan, semakin kecil nilai kembang susut pada tanah tersebut.

2.9.2 Arang tempurung kelapa sebagai bahan untuk stabilisasi

Pada tahap ini campuran arang tempurung kelapa adalah “pilihan yang diambil sebagai bahan campuran dalam stabilisasi tanah, dikarenakan arang tempurung kelapa memiliki kemampuan untuk memperbaiki sirkulasi air dan udara didalam tanah, Selain itu arang tempurung kelapa juga dapat berfungsi sebagai media pengikat karbon didalam tanah”.

2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	JUDUL PENELITIAN
1.	”STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN GARAM DAPUR (NaCl)”
	Peneliti Agus Tugas Sudjianto
	Masalah Penelitian Untuk mengurangi tekanan pada pengembangan lempung ekspansif
	Kesimpulan Penelitian 1. Kadar air, nilai PI dan berat jenis dari tanah asli dapat menurun 2. Kepadatan tanah meningkat
	Penerbit Fakultas Teknik, Universitas Atmajaya, Yogyakarta
2.	“PENGARUH GARAM DAPUR (NaCl) TERHADAP KEMBANG SUSUT TANAH LEMPUNG”

	Peneliti	1. Herman 2. Willy Joetra
	Masalah Penelitian	Untuk meneliti sejauh mana penambahan dapur pada tanah yang dapat memperbaiki sifat – sifat tanah lempung.
	Kesimpulan Penelitian	1. Tanah lempung dari By Pass tidak baik digunakan sebagai tanah dasar. 2. Nilai batas susut meningkat dengan bertambahnya presentase campuran. 3. Komposisi campuran garam terbaik 50%
	Penerbit	Jurnal Momentum, 2015
3.	“PENGARUH BAHAN CAMPURAN ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KONSOLIDASI SEKUNDER LEMPUNG EKSPANSIF”	
	Peneliti	1. Oktavian B. A. 2. Sjachrul Balamba
	Masalah Penelitian	Seberapa besar pengaruh campuran arang tempurung kelapa pada nilai konsolidasi di tanah lempung ekspansif.
	Kesimpulan Penelitian	1. “Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa pada tanah mengakibatkan nilai koefisien C_v akan bervariasi sesuai dengan kadar arang tempurung”. 2. “Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa pada tanah akan mengurangi Indeks Pemampatan Rendah (C_r), Indeks pemampatan kembali akan semakin kecil dengan berkurangnya kepadatan”. 3. “Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa pada tanah akan mengurangi Indeks Tekanan Sekunder (C_α), semakin kecil nilai C_α maka penurunan akibat konsolidasi sekunder yang terjadi semakin kecil”.
	Penerbit	Jurnal Sipil Statik, 2015
4.	“PEMAKAIAN GARAM DAPUR SEBAGAI BAHAN STABILISASI TERHADAP PARAMETER GESER TANAH LEMPUNG”	

	Peneliti	Wishnu Padma
	Masalah Penelitian	Untuk mengetahui pengaruh garam terhadap parameter gaya geser tanah lempung.
	Kesimpulan Penelitian	1. Nilai kohesi mengalami penurunan, dimana nilai terendah terjadi pada penambahan garam dengan presentase 20% dengan nilai kohesi 0,111 kg/cm². 2. Nilai sudut geser dalam pada uji Directshear Test mengalami peningkatan seiring dengan presentase penambahan garam, nilai sudut geser tertinggi terjadi pada penambahan garam 20% dengan nilai 15,69°.
	Penerbit	Fakultas Teknik, Univ. Muhammadiyah Surakarta, 2017
5.	“PENGARUH PENAMBAHAN ABU ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG DI DAERAH MAKARTI JAYA”	
	Peneliti	1. Kuniawan Reffanda Rustam 2. Herri Purwanto 3. AdigunaAdiguna
	Masalah Penelitian	Untuk mengetahui pengaruh abu arang tempurung kelapa dengan variasi 0% sampai 5% terhadap kuat geser tanah lempung
	Kesimpulan Penelitian	1. “Berdasarkan hasil pengujian direct shear diperoleh nilai kohesi maksimum (c) terjadi pada campuran abu arang tempurung kelapa persentase 5% yaitu 43,15 kPa”. 2. “Nilai sudut geser maksimum dalam (ϕ) pada campuran abu arang tempurungkelapa 10% yaitu 18,23°”. 3. “Nilai kuat geser maksimum (τ) terjadi pada campuran abu arang tempurung kelapa persentase 5% yaitu 43,8 kPa”.
	Penerbit	Jurnal deformasi program studi teknik sipil Univ. PGRI Palembang, 2019.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pengertian Umum

Metodologi adalah “langkah – langkah yang perlu dikerjakan yang tersusun sistematis pada saat melakukan penelitian dan tahapan metodologi dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dan memenuhi syarat, efektif, serta efisien untuk mendukung proses dari keseluruhan pembuatan laporan tersebut”.

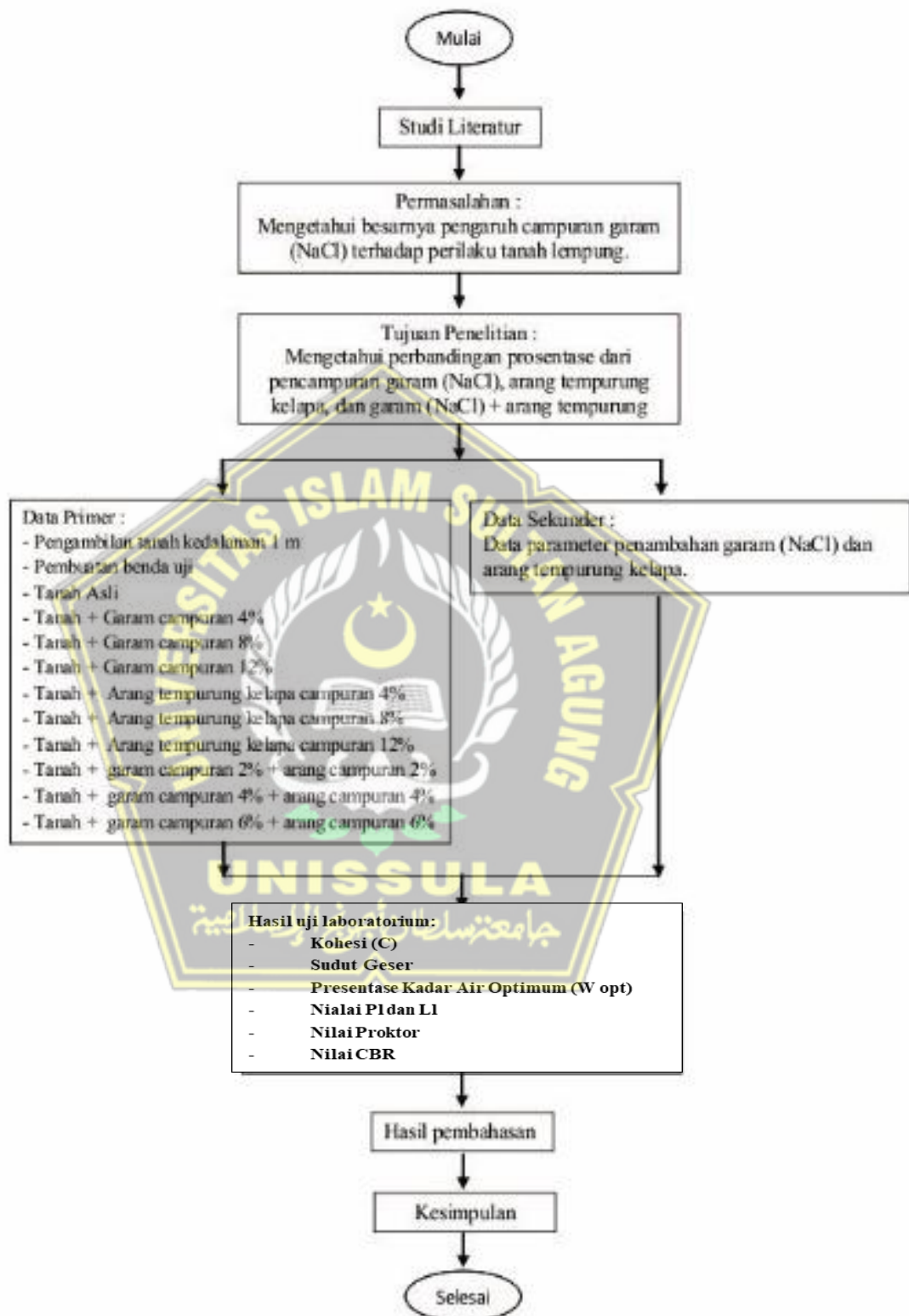
Tugas akhir ini akan meneliti tentang perilaku Stabilisasi Tanah Lempung dengan Penambahan Garam (NaCl) dan Arang Tempurung Kelapa yang berada di Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis stabilitas atau perbaikan tanah lempung dengan menambahkan garam (NaCl) dan arang tempurung kelapa. Komposisi campuran garam dan arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Tabel 3.1** berikut ini.

Tabel 3.1 Komposisi Campuran Garam (NaCl) dan Arang Tempurung Kelapa

No	Campuran	Persentase (%)
1.	Tanah Asli	0%
2.	Garam (NaCl)	4%
3.	Garam (NaCl)	8%
4.	Garam (NaCl)	12%
5.	Arang Tempurung Kelapa	4%
6.	Arang Tempurung Kelapa	8%
7.	Arang Tempurung Kelapa	12%
8.	Garam (NaCl) 2% + Arang Tempurung Kelapa 2%	4%
9.	Garam (NaCl) 4%+ Arang Tempurung Kelapa 4%	8%
10.	Garam (NaCl) 6%+ Arang Tempurung Kelapa 6%	12%

Banyaknya komposisi campuran garam (NaCl) dan arang tempurung kelapa pada **Tabel 3.1** berdasarkan pada penelitian-penelitian terdahulu dengan memodifikasi komposisi campuran.

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



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian
Sumber : Dokumen pribadi

3.2. Studi Literatur

Studi literatur atau tinjauan pustaka diperoleh dari “beberapa jurnal, buku panduan, buku perkuliahan, pedoman peraturan, maupun bacaan lain yang merupakan sumber untuk memperoleh teori dan parameter yang digunakan dalam menganalisa permasalahan pada suatu kasus dan melihat perilaku tanah terhadap struktur atau bangunan yang akan dibangun diatasnya”.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dibagi menjadi 2 (dua) jenis , yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah “data yang didapatkan di wilayah studi dari hasil pengamatan, pengujian di laboratorium, dan melakukan wawancara langsung dengan pihak-pihak terkait, data primer yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini dapat dilihat pada **Tabel 3.2** Sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dengan cara mencari informasi secara ilmiah pada jurnal-jurnal atau literature yang terkait dengan perbaikan tanah lempung dengan garam dan arang tempurung kelapa”.

Tabel 3.2 Daftar Uji campuran Tanah, Garam dan Arang Tempurung Kelapa

Jenis Data	Sumber Data	Tipe Analisis	Kegunaan
Data Primer	Pengujian di Laboratorium	Kadar Air	Mencari kadar air pada tanah asli; tanah campuran garam masing-masing 4%, 8%, 12%; tanah campuran arang tempurung kelapa masing-masing 4%, 8%, 12%; serta tanah campuran garam dan arang tempurung kelapa 4%, 8%, 12%.
		Berat Jenis (Gs)	Menentukan berat jenis butiran tanah untuk tanah asli; tanah campuran garam masing-masing 4%, 8%, 12%; tanah campuran arang tempurung kelapa masing-masing 4%, 8%, 12%; serta tanah campuran garam dan arang tempurung kelapa 4%, 8%, 12%.

		Berat Jenis (Gs)	Menentukan berat jenis butiran tanah untuk tanah asli; tanah campuran garam masing-masing 4%, 8%, 12%; tanah campuran arang tempurung kelapa masing-masing 4%, 8%, 12%; serta tanah campuran garam dan arang tempurung kelapa 4%, 8%, 12%.
		Sieve Analysis	Menganalisis gradasi butiran tanah (tanah asli)
		Atterberg	Menentukan konsistensi tanah berdasarkan kadar air untuk tanah asli; tanah campuran garam masing-masing 4%, 8%, 12%; tanah campuran arang tempurung kelapa masing-masing 4%, 8%, 12%; serta tanah campuran garam dan arang tempurung kelapa 4%, 8%, 12%.
		Direct Shear	Mencari kekuatan geser tanah untuk tanah asli; tanah campuran garam masing-masing 4%, 8%, 12%; tanah campuran arang tempurung kelapa masing-masing 4%, 8%, 12%; serta tanah campuran garam dan arang tempurung kelapa 4%, 8%, 12%.
		Proctor Standart	Menentukan kadar air optimum yang diperlukan untuk memadatkan tanah (W_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_{basah}), berat volume kering optimum (γ_{dry}), dan prosentase pori ($porosity$) untuk tanah asli; tanah campuran garam masing-masing 4%, 8%, 12%; tanah campuran arang tempurung kelapa masing-masing 4%, 8%, 12%; serta tanah campuran garam dan arang tempurung kelapa 4%, 8%, 12%.

Berdasarkan **Tabel 3.2** pembahasan prosedur jenis analisis dapat dilihat seperti berikut ini.

3.3.1 Bahan Penelitian

3.3.1.1 Tanah

Tanah yang digunakan untuk sampel penelitian ini diambil dari Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Jateng, seperti yang ditampilkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Sampl Tanah
Sumber : Dokumentasi pribadi

3.3.1.2 Air

Air yang diperlukan untuk penelitian diambil dari Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.3.1.3 Garam (NaCl)

Garam seperti pada **Gambar 3.3** yang digunakan untuk penelitian sebagai campuran stabilisasi tanah adalah garam laut atau garam krosok yang dibeli dari pasar di daerah Tlogosari Semarang.



Gambar 3.3 Garam krosok
Sumber : Dokumentasi pribadi

3.3.1.4 Arang Tempurung Kelapa

Arng tempurung kelapa yang sudah ditumbuk seperti pada **Gambar 3.4** yang digunakan sebagai penelitian untuk bahan stabilisasi tanah merupakan arang dari hasil pembakaran tempurung kelapa yang didapat dari pasir Weleri Kabupaten Kendal.



Gambar 3.4 Serbuk arang tempurung kelapa halus
Sumber : Dokumentasi pribadi

3.3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.3.3 Persiapan Alat dan Prosedur Penelitian

3.3.3.1 Kadar Air

Pengujian kadar air ini yaitu “berat air suatu tanah terhadap berat keringnya dinyatakan dalam persen (%)”.

Alat yang digunakan pada uji ini :

1. Cawan alumunium.
2. Neraca analitis dan anak timbangan.
3. Oven dengan suhu 105⁰C - 110⁰C

Proses pelaksanaan pengujian kadar air adalah sebagai berikut

1. Cawan alumunium kosong beratnya ditimbang, missal = a gram.
2. Ambil sampel tanah secukupnya, letakkan dalam cawan kemudian ditimbang beratnya. Berat cawan kosong + sampel tanah basah = b gram.
3. Masukkan kedalam oven dengan suhu 105⁰C - 110⁰C selama 24 jam.
4. Setelah 24 jam sampel keluarkan dari oven kemudian dimasukkan ke dalam exicator.
5. Setelah suhunya dingin atau konstan kemudian sampel ditimbang, misal = c gram.
6. Maka kadar air = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$

3.3.3.2 Berat jenis tanah (Gs)

Pengujian berat jenis atau *specific gravity* (Gs) merupakan “perbandingan antara berat tanah tertentu dengan berat air pada temperatur tertentu dan volume yang sama”.

Alat – alat yang dipergunakan pada uji ini :

1. Pikonometer (Alat ini dapat dilihat pada **Gambar 3.5**)
2. Neraca analitis dan anak timbangan

3. Thermometer
4. Oven
5. Aquadest



Gambr 3.5 Piknometer

Sumber : Dokumentasi pribadi

Proses pelaksanaan pengujian berat jenis tanah adalah sebagai berikut.

a. Mencari harga air dengan piknometer :

1. Piknometer kosong ditimbang, misal = a gram.
2. Piknometer diisi aquadest sampai penuh kemudian ditimbang lagi, misal = b gram.
3. Piknometer diukur temperaturnya dengan thermometer, misalkan: T_1 °C.

Harga air piknometer = $(b - a) t_1$; dimana t_1 = koreksi T_1

b. Mencari *specific gravity* (G_s) :

1. Sampel tanah kering diambil secukupnya, selanjutnya dimasukkan kedalam piknometer diatas yang sudah bersih dan kering lalu ditimbang, misal = c gram (berat sampel 20 gram – 25 gram).
2. Piknometer dan sampel tersebut diisi aquadest sampai dibawah leher piknometer, kemudian

diketuk-ketuk hingga gelembung udara tidak ada dan diamkan selama ± 24 jam.

3. Setelah kurang lebih 24 jam, piknometer tersebut ditambah aquadest lagi hingga penuh kemudian ditimbang, misal = d gram.
4. Langkah berikutnya diukur temperaturnya dengan thermometer, misal = T_2 °C.

Koreksi temperaturnya dapat dilihat pada tabl, misal = t_2 .

Maka *specific gravity* (G_s) dapat dicari menggunakan rumus :

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

3.3.3.3 Analisa Saringan

a. Grain size

Pengujian ini bertujuan untuk mengklasifikasi tanah atau untuk menentukan ukuran butiran tanahnya.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Saringan ($\emptyset$ 4,76 mm – $\emptyset$ 0,074 mm) seperti pada **Gambar 3.6**
2. Penggetar (Brass round sieve seperti pada **Gambar 3.6**)
3. Neraca analitis dan anak timbangan
4. Cawan aluminium
5. Oven



Gambar 3.6 Saringan & *brass round sieve*
Sumber : Dokumentasi pribadi

Proses pelaksanaan pengujian *grain size* adalah sebagai berikut.

1. Ambil sampel tanah kering secukupnya dan ditimbang, misal = a gram
2. Sampel tanah diletakkan pada cawan besar, diisi air dan direndam selama ± 24 jam.
3. Selanjutnya cuci dalam saringan diameter 0.074 mm (no. 200) kemudian lumpurnya diletakkan pada wadah terpisah.
4. Sampel yang telah bersih dari lumpur kemudian dioven sampai kering dan ditimbang, misal b gram.
5. Siapkan susunan saringan pada alat penggetar dengan diameter susunan makin kebawah makin kecil seperti pada **Gambar 3.6**.
6. Sampel yang telah ditimbang diletakkan pada saringan paling atas kemudian digetarkan selama ± 5 menit.
7. Masing – masing sampel yang tertinggal pada saringan diletakkan dalam cawan aluminium kemudian ditimbang.

Cara penggambaran dan perhitungan.

1. Berat sampel awal = a gram.

Berat sampel yang telah dicuci = b gram.

Berat lumpur = berat awal yang lolos dari saringan

no. 200 = a – b gram.

2. Berat tanah yang tertinggal dalam saringan Ø

4,76 mm – Ø 0,074 mm = c gram.

Kehilangan berat = (b – c) gram

3. Kadar lumpur $\frac{(a - b) + \alpha}{a} \times 100\%$ =

Dengan α = berat tanah yang tertinggal pada alas saringan.

4. Presentase tanah yang tertinggal :

$$\frac{\text{Berat Tanah Yang Tertinggal}}{A} \times 100\%$$

5. Perhitungan persen tanah tertinggal =

Jumlah – prosentase tanah diatasnya.

6. *Present finer* = (100% - kumulatif persen).

7. Grafik dapat digambarkan dalam tabel, dengan diameter saringan sebagai absis dan percent finer sebagai ordinat.

b. Hydrometer Analysis

Pengujian ini memiliki tujuan untuk menentukan ukuran buritan tanah yang lewat saringan berdiameter 0,074 mm (no.200) menggunakan alat *hydrometer*.

Alat-alat yang dipergunakan pada uji ini :

1. Hydrometer seperti ditampilkan pada **Gambar 3.7**.
2. Gelas ukur 1000 cc
3. Cawan alumunium dan penumbuk
4. *Stopwatch*

5. Oven



Gambar 3.7 Gelas ukur & Hydrometer
Sumber : Dokumentasi pribadi

Proses pelaksanaan uji hydrometer ini sebagai berikut.

1. Sampel yang lolos saringan 0,075 (no.200) dioven ± 24 jam selanjutnya ditimbang.
2. Sampel direndam dalam botol selama ± 24 jam.
3. Kemudian sampel dimasukkan dalam gelas ukur dan ditambah air sampai 1000 cc.
4. Gelas ukur dikocok-kocok sampai sampel dan air bercampur homogen.
5. Masukkan hydrometer ke dalam gelas, stopwatch dihidupkan. Pembacaan 0 detik dilakukan pada saat hydrometer mulai stabil.
6. Kemudian pembacaan berikutnya pada detik ke 0, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, 1, 2, 5 menit dan seterusnya.

Keterangan :

“Alat hydrometer semakin lama akan bergerak turun, hal ini menunjukkan bahwa lumpur semakin mengendap, Pada pembacaan strip-strip hydrometer terkadang terdapat pelengkungan air apad hydrometer

sehingga dapat mengaburkan bacaan dan Jika hal ini terjadi, maka 15 detik sebelum pembacaan gelas ukur diketik-ketok perlahan agar pelengkungan air di sekitar hydrometer turun dan dapat dibaca”. Apabila masih terjadi pelengkungan iar, maka cara pembacaanya pada tengah antar puncak air datar.

Perhitungan :

Prosentase butiran

$$N = \frac{\text{selisih pembacaan}}{\text{jumlah selisih pembacaan}} \times KL$$

Dimana :

KL = berat lumpur

$$D \text{ (Diameter)} = (106.10^{-7} z/t)^{1/2}$$

Diamana :

t = waktu (detik)

z = 24 – α (0,2)

α = banyak strip setiap pembacaan

3.3.3.4 Atterberg Limit (Batas – batas konsistensi)

a. Batas Cair (LL)

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

Alat – alat yang digunakan pada uji ini :

1. Cassagrande dengan coletnya seperti ditampilkan pada **Gambar 3.8**.
2. Saringan nomor 40 (Ø 0,0425 mm)
3. Cawan alumunium
4. Cawan besar atau mangkok
5. Neraca analitis
6. Oven
7. Exicator (alat pendingin)



Gambar 3.8 *Cassagrande*
Sumber : Dokumentasi pribadi

Proses pengujian *liquid limit* ini sebagai berikut

1. Ambil tanah secukupnya untuk sampel, selanjutnya dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel ditumbuk dan diayak dengan saringan nomor 400 ($\varnothing 0,425$ mm).
2. Ambil sebagian sampel dan campurkan dengan aquadest di dalam cawan besar.
3. Aduk dengan colet sampai campuran rata.
4. Setelah tercampur rata masukan sampel ke cassagrande yang sudah disetel dengan tinggi jatuh ± 1 cm.
5. Sampel yang sudah dimasukkan ke cassagrande diratakan, kemudian bagian tengahnya digaris dengan colet sampai terbelah menjadi dua.
6. Engkol pemutar diputar dengan perkiraan kecepatan dua putaran tiap detik.
7. Pemutaran berhenti jika tanah menutup kira – kira sepanjang 2 cm.
8. Percobaan ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan kadar aquadest yang berbeda dan diperkirakan

sampel akan menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan (2 sampel) dan diatas 25 kali (2sampel).

Setiap percobaan diambil sampel tanah secukupnya untuk menentukan kadar air.

Cara menggambar grafik pada uji liquid limit adalah sebagai berikut.

1. Dari hasil diatas, dibuat garis grafik – grafik dengan sumbu absisnya adalah jumlah ketukan dan sprosentase kadar air sebagai sumbu ordinatnya.
2. Keempat titik percobaan dihubungkan menggunakan garis lurus hingga memotong sumbu tegak pada ketukan ke-25.
3. Titik potong pukulan ke-25 dan garis lurus ditarik mendatar dan menemukan prosentase kadar air.
4. Titik kadar air itu merupakan batas cair tanah tersebut.

b. Batas Plastis (PL)

Pada uji ini bertujuan untuk menentukan batas plastis tanah dengan mencari kadar air minimum dari sampel tanah, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.

Alat yang dipergunakan pada uji ini :

1. Saringan no. 40 ($\varnothing$ 0,0425 mm)
2. Cawan besar dan colet
3. Cawan alumunium
4. Lempeng kaca
5. Neraca analitis
6. Oven
7. Exicator (pendingin)

Proses pelaksanaan uji batas plastis (*plastic limit*) ini yaitu :

1. Tanah diambil secukupnya untuk sampel, selanjutnya di oven selama ± 24 jam. Setelah itu tanah ditumbuk dan ayak dengan saringan nomor 40 ($\varnothing 0,0425$ mm).
2. Sebagian sampel tanah diambil dan diletakkan ke dalam cawan besar dan diberi aquadest, kemudian dicampur hingga rata.
3. Setelah tercampur rata, sampel dipilin di atas lempeng kaca sampai berbentuk bulatan panjang sampai akan putus dengan diameter ± 3 mm.
4. Apabila batas tersebut telah dicapai, maka sampel tanah diambil dan ditimbang dengan berat antara 5 – 10 gram untuk menentukan kadar airnya.

3.3.3.5 *Direct Shear*

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

Alat – alat yang dipergunakan pada uji ini :

1. Perangkat *direct shear test* seperti pada **Gambar 3.9**
2. Timbangan dan anak timbangan
3. Pisau dan ring pencetak



Gambar 3.9 Perangkat *direct shear test*
Sumber : Dokumentasi pribadi

Proses pelaksanaan uji direct shear adalah sebagai berikut :

1. Alat direct shear disiapkan, 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 kecepatannya 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 tiga kali dengan beban yang berbeda yaitu 8 kg, 16 kg, dan 24 kg. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan yang berbeda, sehingga hasil tersebut dapat dibuat grafik.

Cara perhitungan Tegangan Normal (σ_n) dan Tegangan Geser (σ_s) yaitu :

1. Tegangan Normal (σ_n)

Tegangan normal adalah perbandingan antara beban normal (P) dengan luas penampang sampel (F).

$$\sigma_n = \frac{P}{F}$$

2. Tegangan Geser (σ_s)

Tegangan geser didapatkan dari perbandingan antara angka penunjukan dial dikalikan angka kalibrasi dibagi luas penampang sampel (F).

$$\sigma_s = \frac{\text{Gaya Geser}}{F}$$

Cara perhitungan dan penggambaran untuk mendapatkan c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam tanah) adalah sebagai berikut.

1. Angka – angka yang telah didapat dari percobaan tersebut digambarkan pada daerah koordinat. Tegangan normal (σ_n) sebagai absis dan tegangan geser (σ_s) sebagai ordinat.
2. Untuk mencari kohesi (c) diukur jarak untuk titik potong tiap garis lurus atau grafik terhadap sumbu ordinat ke titik pusat. Pada pengukuran ini, hasilnya dikalikan dengan skala yang digunakan.
3. Untuk mencari sudut geser dalam tanah (ϕ) yaitu dengan mengukur sudut potong dari garis horizontal terhadap garis grafik.

3.3.3.6 Proktor Standar

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

Alat – alat yang digunakan untuk uji ini adalah :

1. Perangkat proktor beserta penumbuknya seperti pada **Gambar 3.9**
2. Pisau perata
3. Jangka sorong
4. Neraca analitis dan anak timbangan
5. Timbangan berat
6. Cawan alumunium
7. Gelas ukur

8. Saringan nomor 4 ($\varnothing$ 4,76 mm)
9. Oven



Gambar 3.10 Alat proktor standar
Sumber : Dokumentasi pribadi

Proses pelaksanaan uji proktor standar adalah sebagai berikut :

1. Tanah yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan uji proktor.
2. Alat proktor ditimbang, diukur diameter dan tingginya. Begitu juga alat penumbuk diukur tinggi dan beratnya.
3. Tanah yang telah kering diayak menggunakan saringan nomor 4 ($\varnothing$ 4,76 mm), kemudian tanah tersebut dibagi menjadi 5 bagian dengan berat masing – masing 2 kg.
4. Ambil sebagian sampel tanah, kemudian campur dengan air yang sudah ditentukan volumenya dan aduk hingga rata.
5. Sampel tanah yang sudah tercampur air hingga rata kemudian dibagi menjadi 3 bagian.
6. Sampel tanah yang telah terbagi menjadi 3, kemudian dimasukkan ke dalam alat proktor satu-persatu. Setiap bagian dari sampel tanah yang

masuk ke dalam alat proktor di tumbuk sebanyak 25 kali.

7. Setelah tumbukan ke tiga selesai, cincin proktor bagian atas dilepas dan tanah dalam tabung diratakan dengan pisau perata, kemudian beserta alat proktor ditimbang.
8. Ambil sebagian kecil tanah dalam tabung (pada bagian atas dan bagian bawah) kemudian ditimbang dan masukkan dalam oven.
9. Untuk sampel tanah berikutnya dengan cara yang sama dan jumlah penambahan kadar air yang berbeda sampai batas maksimum.
10. G_s didapatkan dari percobaan berat jenis tanah (*Specific Gravity*).
11. Menghitung kadar air (w), berat volume basah (γ_b), berat volume kering (γ_k), n , e , dan ZAV.
12. Grafik digambar dengan absis kadar air (w) dan ordinatnya (γ_b , γ_k , ZAV).

3.4. Metode Analisa Data

Dalam metode analisa data secara teliti dengan tujuan dapat menyelesaikan masalah secara baik dan benar. “Semakin sulit permasalahan maka semakin kompleks pula analisis yang dilakukan, serta untuk dapat melakukan analisis dengan baik diperlukan data atau informasi dan teoro konsep dasar”.

Analisis Stabilisasi Tanah Lempung dengan Garam (NaCl) dan Arang Tempurung Kelapa yaitu berdasarkan data dari hasil praktikum di laboratorium. Data hasil praktikum ini dipergunakan untuk melengkapi data parameter tanah yang ada.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah “Analisa Penambahan Garam (NaCl) dan Arang Tempurung Kelapa untuk Stabilisasi Tanah Lempung”. Metode penelitian yang kami gunakan adalah berdasarkan data yang diperoleh dari uji di laboratorium. Dari data tersebut digunakan untuk menganalisa kepadatan tanah optimum yang dihasilkan dari stabilisasi tanah asli dan tanah yang telah dicampuri dengan garam (NaCl) dan arang tempurung kelapa. Adapun persentase campuran yang dicoba sebesar “4%, 8%, dan 12% untuk garam (NaCl) dan 4%, 8%, dan 12 % untuk campuran arang tempurung kelapa, serta 4%, 8% dan 12% untuk campuran keduanya yaitu garam (NaCl) dan arang tempurung kelapa, Presentase tersebut kami pilih karena jika dilihat dari penelitian terdahulu belum ada yang menggunakan presentase tersebut sebagai campuran”.

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Sifat Fisik Tanah

4.1.1.1. Kadar Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kadar air yang terkandung dalam sampel tanah dengan kedalaman 1 meter dari “Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Dengan pengujian tanah asli sebesar 0% dan tanah campuran garan (NaCl) sebesar 4%, 8%, dan 12%, untuk campuran arang tempurung kelapa sebesar 4%, 8%, dan 12% serta campuran keduanya antara garam dan arang tempurung kelapa sebesar 2%+2%, 4%+4%, dan 6%+6%”.

Analisis Hasil Percobaan 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)

w = Kadar air

Contoh perhitungan kadar air tanah sampel 0%

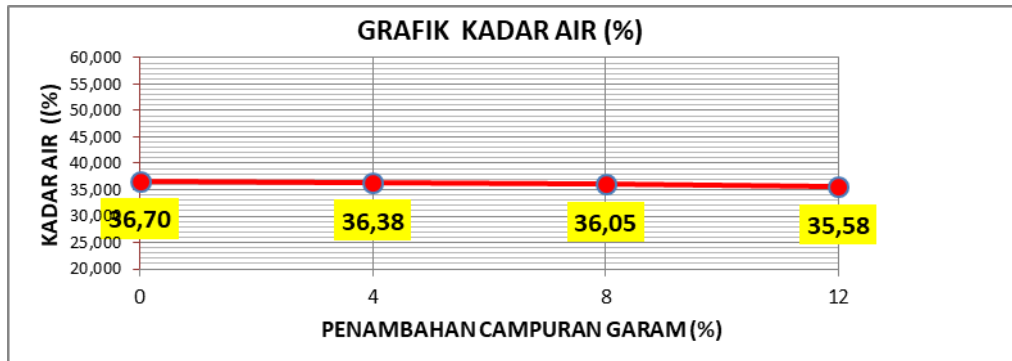
$$w = \frac{71,07 - 53,09}{53,09 - 4,10} \times 100\% = 36,70\%$$

Hasil dari pengujian kadar air di laboratorium sampel tanah campuran garam diperoleh data seperti dalam **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garam (NaCl)

Sample	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Kadar Air (%)
0%	1	4,1	71,07	53,09	36,7
4%	2	4,11	64,35	48,28	36,38
8%	3	4,11	58,19	43,86	36,05
12%	4	4,28	59,68	45,58	35,58

Grafik hasil perhitungan pengujian kadar air sampel tanah campuran Garam (NaCl) dapat dilihat dalam **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1. Grafik Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garam (NaCl)

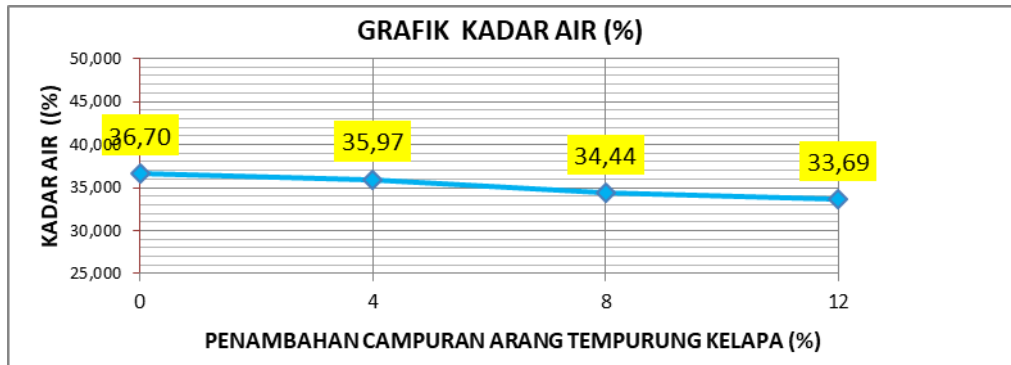
Sedangkan hasil dari pengujian kadar air di laboratorium sampel tanah campuran arang tempurung kelapa diperoleh data seperti pada **Tabel 4.2.**

Table 4.2. Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Tanah

Sample	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Kadar Air (%)
0%	1	4,1	71,07	53,09	36,7
4%	4	4,11	53,18	40,2	35,97
8%	6	4,12	53,73	41,02	34,44
12%	7	4,31	58	44,47	33,69

Campuran Arang Tempurung Kelapa

Grafik hasil perhitungan pengujian kadar air sampel tanah campuran arang tempurung kelapa dapat dilihat dalam **Gambar 4.2.**



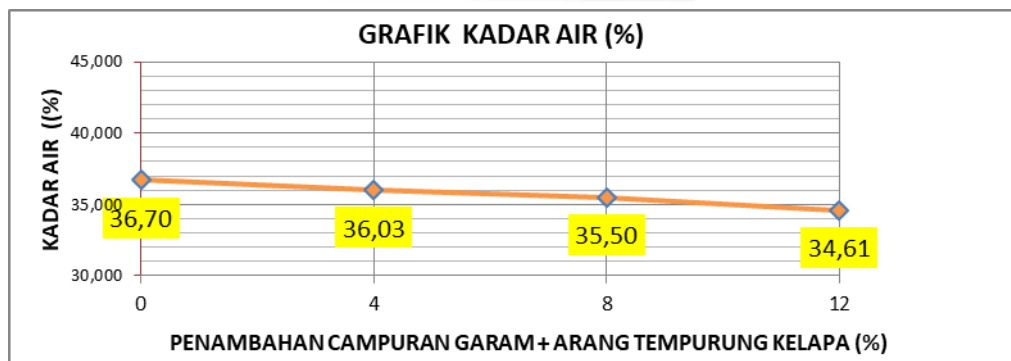
Gambar 4.2. Grafik Kadar Air Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

Sedangkan hasil dari pengujian kadar air di laboratorium sampel tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa diperoleh data dalam **Tabel 4.3.**

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

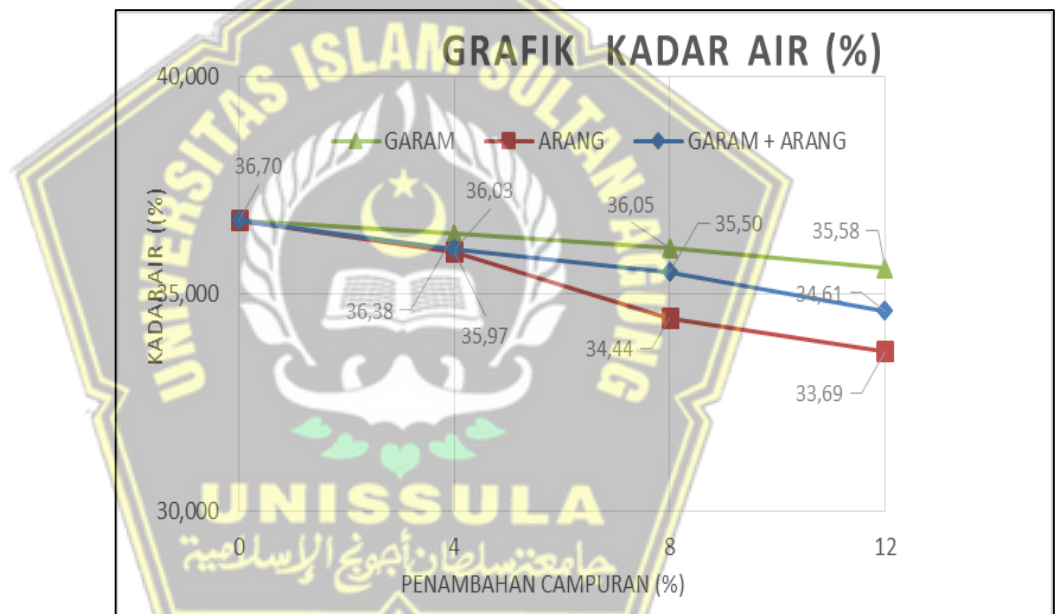
Sample	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Kadar Air (%)
0%	1	4,1	71,07	53,09	36,7
2+2%	1	4,11	56,29	42,47	36,03
4+4%	2	3,12	65,76	49,35	35,5
6+6%	3	4,05	61,03	46,38	34,61

Grafik hasil perhitungan pengujian kadar air sampel tanah campuran abu sekam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat dalam **Gambar 4.3.**



Gambar 4.3. Grafik Kadar Air Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

Dari grafik kadar air di atas diketahui “bahwa semakin besar tambahan campuran tanah lempung dengan garam dan arang tempurung kelapa serta campuran garam ditambah arang tempurung kelapa, maka semakin kecil kadar air yang terkandung di dalam tanah, hal ini disebabkan karena sifat garam dan arang tempurung kelapa yang berfungsi sebagai pengikat antar butiran tanah sehingga butiran-butiran tanah menjadi lebih rapat”. Grafik perbandingan antar sampel tanah campuran garam dan arang tempurung kelapa serta garam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4. Grafik Kadar Air

4.1.1.2. Berat Jenis Tanah (Gs)

Pengujian ini dilakukan untuk “mendapatkan harga berat jenis tanah (Gs) pada sampel tanah dengan kedalaman 0,5 m dari Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah”. Hasil pengujian berat jenis tanah di laboratorium sampel tanah dengan campuran garam diperoleh data seperti dalam **Tabel 4.4**.

Table 4.4 Data Hasil Percobaan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam

No	Sampel	Piknometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest	T1 (C°)	T2 (C°)	t1	t2
1	0%	30,7	80,74	51,68	92,32	29	31	1,004	1,00456
2	4%	27,08	77,17	51,59	90,94	29	31	1,004	1,00456
3	8%	28,4	78,28	52,91	92,01	29	31	1,004	1,00456
4	12%	30,47	80,69	55,47	94,4	29	31	1,004	1,00456

Analisa Hasil Percobaan Data Piknometer

Contoh perhitungan berat jenis tanah sampel 0%:

a. Mencari Harga Air Piknometer

$$\begin{aligned}
 HAP &= (b - a) t_1 \\
 &= (80,74 - 30,70) 1,00400 \\
 &= 50,24 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

b. Mencari Gs

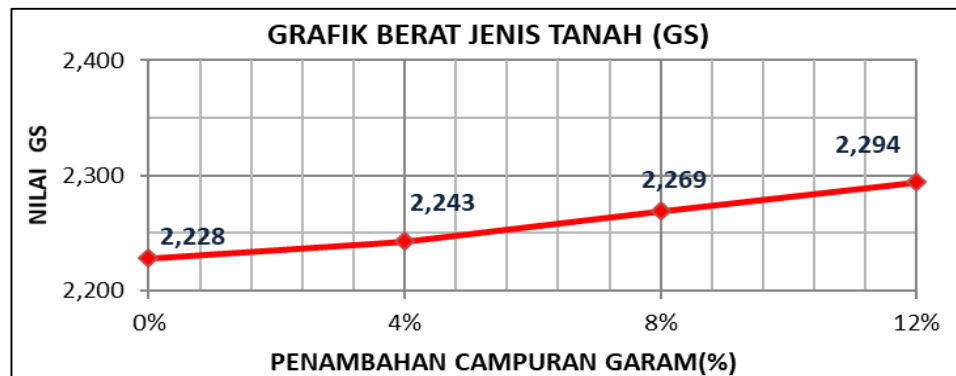
$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{c-a}{H_p-(d-c) t_2} \\
 &= \frac{50,49-30,70}{50,24-(92,32-50,49) 1,00456} \\
 &= 2,408
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan piknometer sampel tanah dengan campuran garam dilampirkan pada **Tabel 4.5** dibawah ini.

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam

No	Sampel	Piknometer				HAP	Gs
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest		
1	0%	30,7	80,74	51,68	92,32	50,24	2,228
2	4%	27,08	77,17	51,59	90,94	50,29	2,243
3	8%	28,4	78,28	52,91	92,01	50,08	2,269
4	12%	30,47	80,69	55,47	94,4	50,42	2,294

Grafik hasil perhitungan pengujian berat jenis sampel tanah campuran garam dapat dilihat dalam **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5. Grafik GS Tanah Sampel Tanah Campuran Garam

Sedangkan “hasil pengujian berat jenis tanah di laboratorium sampel tanah dengan campuran arang tempurung kelapa diperoleh data seperti dalam **Tabel 4.6**”.

Tabel 4.6. Data Hasil Percobaan Piknometer Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

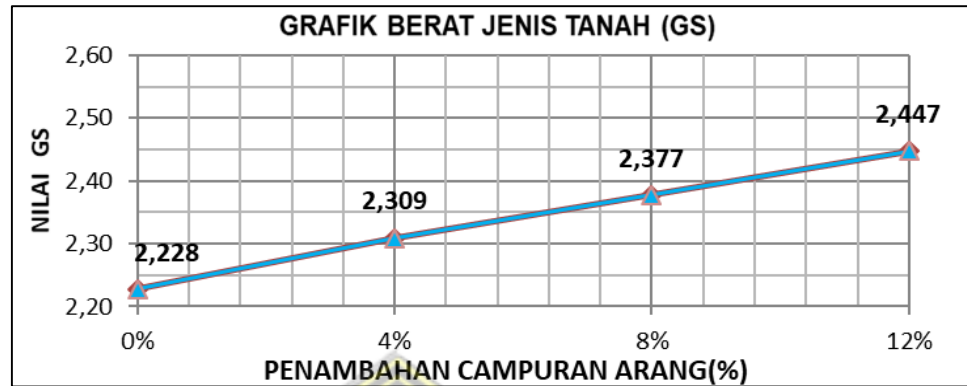
No	Sampel Tanah	Piknometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest	T1 (C°)	T2 (C°)	t1	t2
1	0%	30,7	80,74	51,68	92,32	29	31	1,004	1,00456
2	4%	33,79	83,1	57,87	96,78	29	30	1,004	1,00428
3	8%	30,22	80,26	55,13	94,72	29	30	1,004	1,00428
4	12%	33,23	82,44	57,28	96,69	29	30	1,004	1,00428

Hasil dari perhitungan piknometer sampel tanah dengan campuran arang tempurung kelapa dilampirkan pada **Tabel 4.7** dibawah ini.

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Piknometer Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa.

No	Sampel Tanah	Piknometer				HAP	Gs
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest		
1	0%	30,7	80,74	51,68	92,32	50,24	2,228
2	4%	33,79	83,1	57,87	96,78	49,51	2,309
3	8%	30,22	80,26	55,13	94,72	50,24	2,377
4	12%	33,23	82,44	57,28	96,69	49,41	2,447

Grafik hasil perhitungan pengujian berat jenis sampel tanah campuran arang tempurung kelapa dapat dilihat dalam **Gambar 4.6**



Gambar 4.6. Grafik GS Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa.

Sedangkan “hasil pengujian berat jenis tanah di laboratorium sampel tanah dengan campuran garam ditambah arang tempurung kelapa diperoleh data seperti dalam **Tabel 4.8**”.

Tabel 4.8. Data Hasil Percobaan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa.

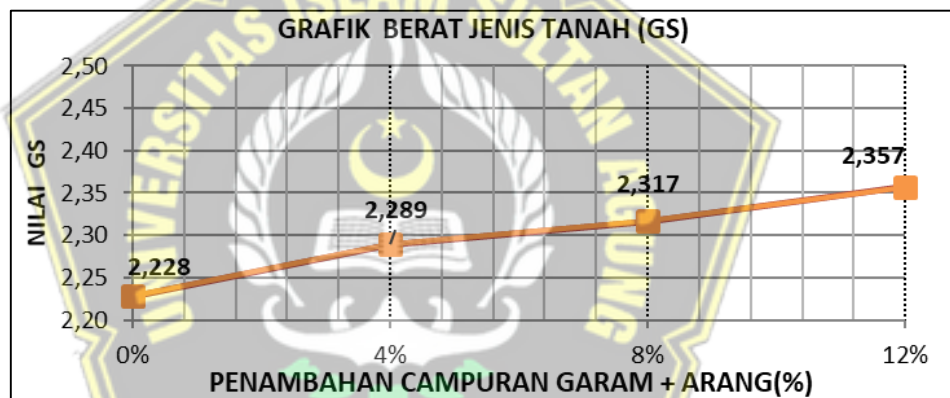
No	Sampel	Piknometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest	T1 (C°)	T2 (C°)	t1	t2
1	0%	30,7	80,74	51,68	92,32	29	31	1,004	1,00456
2	4%	30,53	80,57	54,7	94,24	31	30	1,00456	1,00428
3	8%	30,13	80,26	54,34	94,08	31	30	1,00456	1,00428
4	12%	33,81	82,27	57,23	95,81	31	30	1,00456	1,00428

Hasil dari perhitungan piknometer sampel tanah dengan campuran garam ditambah arang tempurung kelapa dilampirkan pada **Tabel 4.9** dibawah ini.

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Piknometer Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

No	Sampel Tanah	Piknometer				HAP	Gs
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest		
1	0%	30,7	80,74	51,68	92,32	50,24	2,228
2	4%	30,53	80,57	54,7	94,24	50,27	2,289
3	8%	30,13	80,26	54,34	94,08	50,36	2,317
4	12%	33,81	82,27	57,23	95,81	48,68	2,357

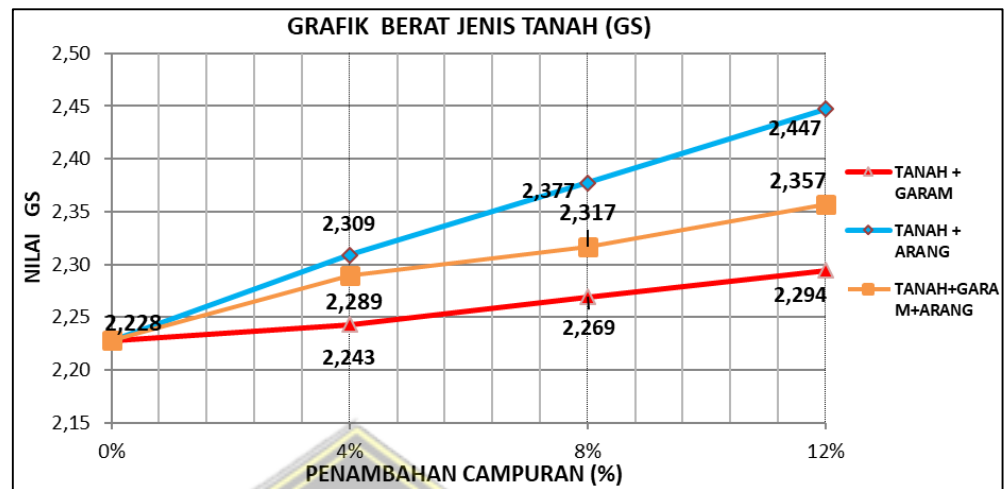
Grafik hasil perhitungan pengujian berat jenis sampel tanah campuran Garam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat dalam **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7. Grafik GS Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui “bahwa semakin besar tambahan campuran tanah lempung dengan garam, arang tempurung kelapa serta garam ditambah arang tempurung kelapa, maka semakin kecil nilai Gs yang terkandung dalam tanah, hal ini disebabkan karena berat volume campuran butiran kapur dan campuran butiran kapur yang ditambah garam lebih kecil daripada berat volume butiran tanah asli”. Grafik perbandingan antara sampel tanah campuran garam, arang tempurung kelapa dan garam

ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Gambar 4. 8.**



Gambar 4.8. Grafik Berat Jenis Tanah

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian berat jenis tanah di laboratorium, didapatkan hasil Gs tanah asli sebesar 2,408.

4.1.1.3. Sieve Analysis

Pengujian ini dilakukan untuk “mengetahui gradasi butiran dari sampel tanah asli (campuran 0%) dengan kedalaman 0,5 m dan hasil pengujian *sieve analysis* di laboratorium diperoleh data sebagai berikut”:

1. Grain Size

Hasil dari pengujian *grain size* di laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 4.10** berikut ini.

Berat semula = 200 gram

Berat tersaring = 68,14 gram

Tabel 4.10. Data Pengujian *Grain Size* Sampel Tanah Asli (0%)

Diameter saringan	No. Cwn	Brt. Cawan (gr)	Brt.SAMPEL+CW yg tertinggal dlm saringan (gr)	Brt . Sampel yg tertinggal dlm saringan (gr)
4,75	1	3,91	3,91	0
2	2	4,01	7,05	3,04
0,85	3	4,01	18,72	14,71

0,425	4	4,03	18,5	14,47
0,25	5	4,23	15,47	11,24
0,18	6	3,98	10,2	6,22
0,15	7	4,03	8,26	4,23
0,075	8	4,09	15,07	10,98
0	9	4,28	7,53	3,25
			JUMLAH	68,14

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

- a. Berat sampel semula (A) = 200 gr
 Berat sampel tercuci (B) = 68,14 gr
 Berat lumpur (A-B) = 131,86 gr
- b. Jumlah tanah yang tertinggal dalam saringan (C) = 6,84 gr
- c. Kehilangan berat (B-C) = 68,14 – 6,84
 = 61,3 gr
- d. Kadar lumpur

$$= \frac{(A-B)+61,3}{A} \times 100\%$$

$$= \frac{(200-68,14)+61,3}{200} \times 100\%$$

$$= 96,58\%$$
- e. Prosentase tanah tertinggal
 Contoh perhitungan $= \frac{68,14}{200} \times 100\%$
 $= 36,32\%$
- f. Komulatif persen tanah
 Contoh perhitungan = 0,00 % + 1,52%
 $= 1,52\%$
- g. Present Finner
 $= (100\% - 1,52\%)$
 $= 98,42\%$

2. Hidrometer

Pengujian ini dilakukan untuk “menentukan pembagian ukuran butir tanah yang lolos saringan nomor 200 dengan menggunakan alat hydrometer”. Hasil dari pengujian hidrometer di laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 4.11.**

Tabel 4.11. Data Hidrometer Sampel Tanah Asli (0%)

Waktu (menit)	Pembacaan Strip
0	60
0,25	47
0,5	32
1	28
2	18
5	7
10	3
45	2
75	0
120	0

Analisa Hasil Percobaan Data Hidrometer Sampel

Tanah Asli (0%)

Contoh perhitungan:

a. Selisih pembacaan

$$= (\text{strip pertama} - \text{strip kedua}) \times 0,2$$

$$= (60 - 47) \times 0,2$$

$$= 2,6$$

b. $Z = 24 - \alpha (0,2)$

$$= 24 - 0 (0,2)$$

$$= 24$$

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

$$= (106 \cdot 10^{-7} \cdot 21,4/15)^{1/2}$$

$$= 3,89 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{0}{60} \times 96,58\%$$

$$= 0\%$$

e. Presentase komulatif = 0% + 0%

$$= 0\%$$

f. Presentase finner = 96,1% - 0%

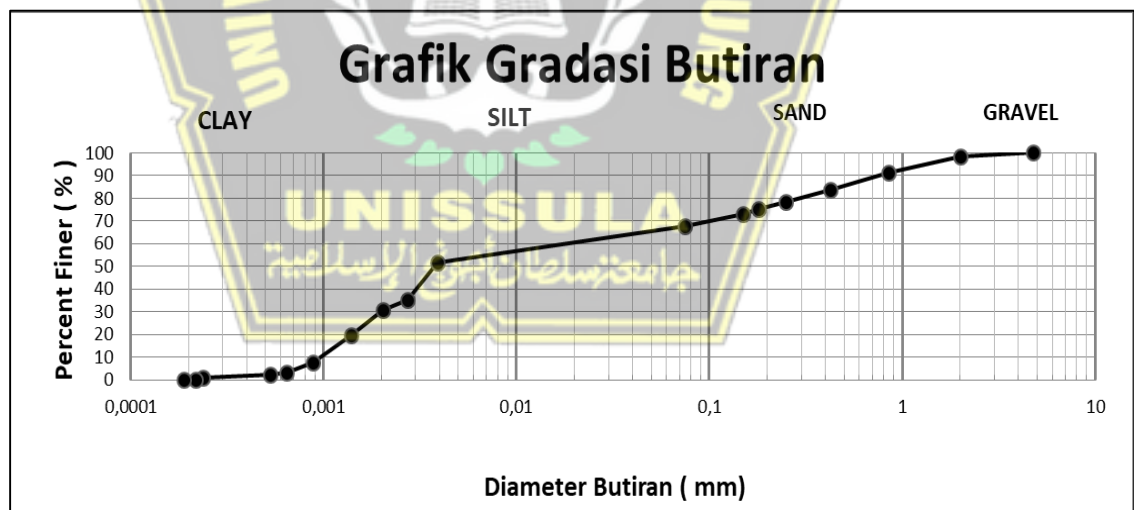
$$= 96,1\%$$

Hasil dari perhitungan hidrometer tanah asli dilampirkan pada
Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Hidrometer Sampel Tanah Asli (0%)

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter mol Tanah (m)	Prosentase Butiran (%)	Prosentase Kumulatif (%)	Percent Finer (%)
0	60	0	24	0	0	0	65,93
¼	47	13	21,4	0,00389	14,3	14,28	51,56
½	32	15	21	0,00272	16,5	30,77	35,16
1	28	4	23,2	0,00202	4,4	35,16	30,77
2	18	10	22	0,00139	11	46,15	19,78
5	7	11	21,8	0,00088	12,1	58,24	7,69
10	3	4	23,2	0,00164	4,4	62,63	3,3
45	2	1	23,8	0,00053	1,1	63,73	2,2
75	1	1	23,8	0,00124	1,1	64,83	1,1
90	0	1	18,2	0,00022	1,1	65,93	0
120	0	0	19,2	0,00019	0	65,93	0

Grafik dari perhitungan *sieve analysis* untuk tanah asli
 dilampirkan pada **Gambar 4.9.**



Gambar 4.9. Grafik Gradasi Butiran

Dari grafik di atas, dapat diketahui bahwa nilai dari masing-
 masing kelompok tanah yaitu sebagai berikut:

Gravel = 1,52%

Sand = 30,93%

Silt = 47,78%

Clay = 19,78%

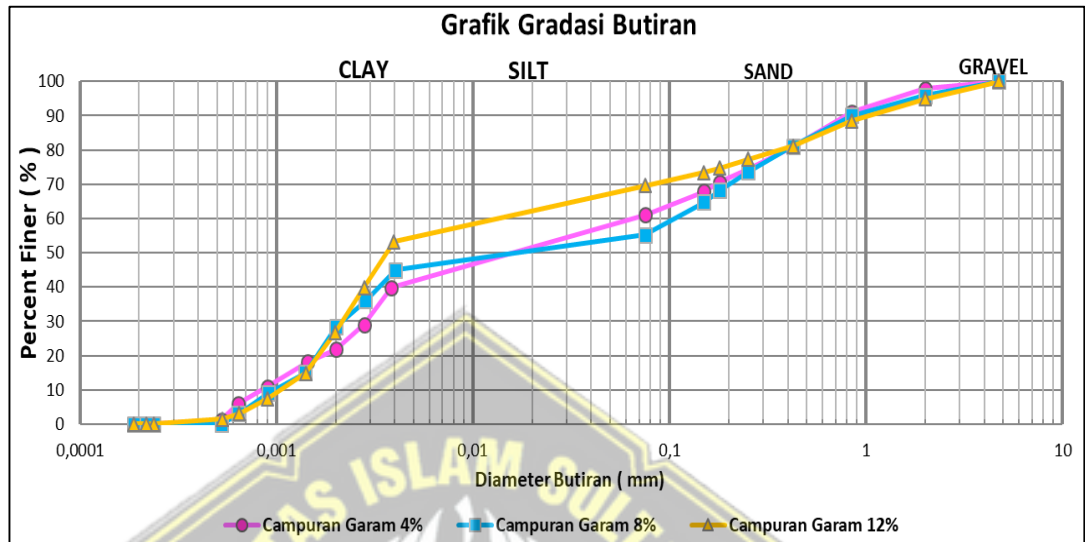
Tabel 4.13. Hasl Perhtungan Hidrometer

Sampel	Tanah	Campuran	Jumlah	Hasil Uji Grain Size			
				Gravel	Sand	Silt	Clay
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0%	100	0	100	1,52	30,93	47,78	19,78
Campuran garam							
4%	96	4	100	2,18	36,79	42,9	18,13
8%	92	8	100	4,14	40,67	40,19	15,01
12%	88	12	100	5,13	25,37	54,74	14,77
Campuran arang tempurung kelapa							
4%	96	4	100	3,96	41,29	34,06	20,7
8%	92	8	100	1,25	43,13	37,85	17,77
12%	88	12	100	2,65	42,27	36,71	18,37
Campuran garam + arang tempurung kelapa							
2+2%	96	4	100	3,36	30,75	49,45	16,44
4+4%	92	8	100	2,57	40,79	39,32	17,32
6+6%	88	12	100	1,82	42,06	39,06	17,07

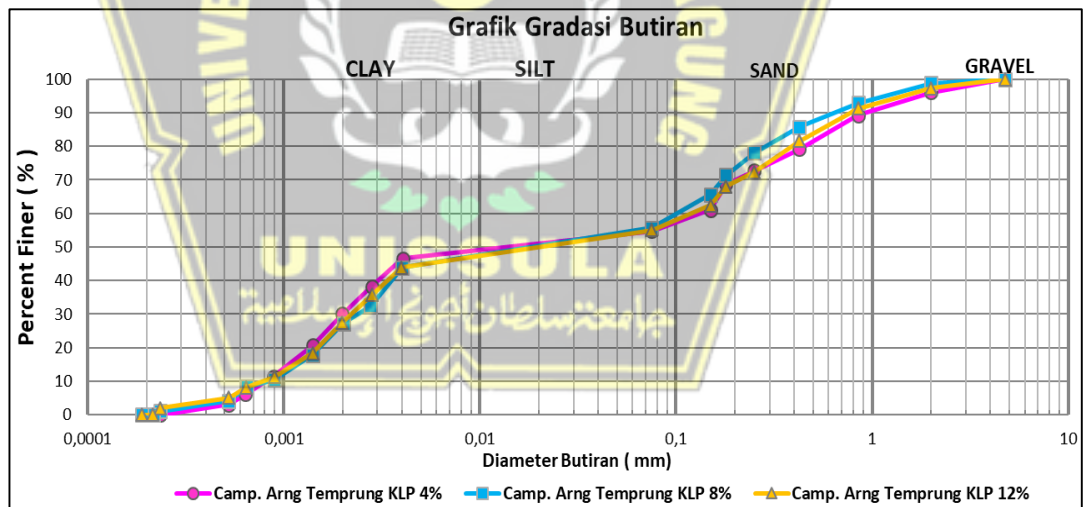
Tabel 4.14. Hasil Perubahan Butiran dari Tanah Asli terhadap Prosentase Penambahan Campuran

Sampel	Naik (%)				Turun (%)			
	Gravel	Sand	Silt	Clay	Gravel	Sand	Silt	Clay
Tanah asli								
Campuran Garam								
4%	0,66	6,4					4,88	1,65
8%	2,62	10,28					7,59	4,77
12%	3,61		6,96			5,02		5,01
Campuran Arang tempurung kelapa								
4%	2,44	10,9		0,92			13,72	
8%		12,74			0,27		9,93	2,01
12%	1,13	11,88					11,07	1,41
Campuran garam+ arang tempurung kelapa								
2+2%	1,84	9,36	1,67					3,34
4+4%	1,05	10,4					8,46	2,46
6+6%	0,3	11,67					8,72	2,71

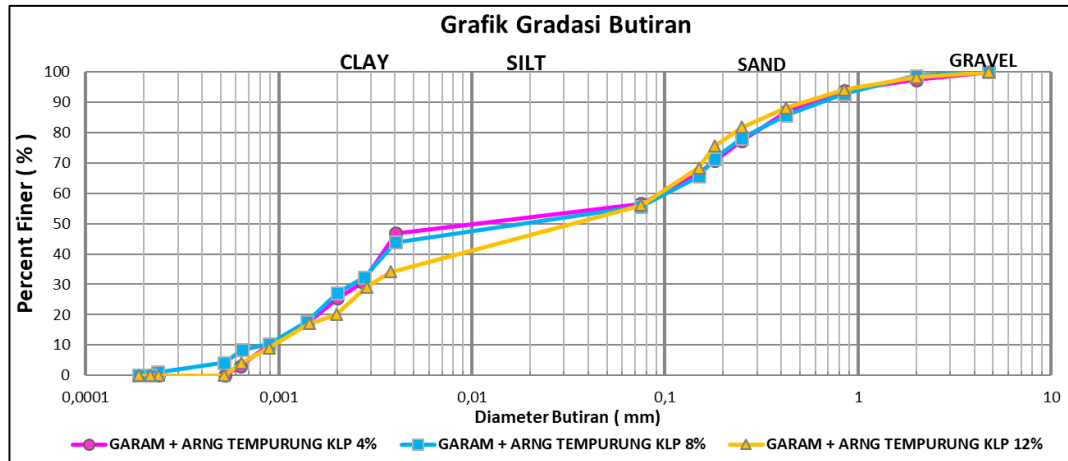
Grafik dari perhitungan *sieve analysis* untuk tanah asli dicampur garam, arang tempurung kelapa, dan keduanya dilampirkan pada **Gambar 4.10**, **Gambar 4.11**, dan **Gambar 4.12**.



Gambar 4.10. Grafik Gradasi Butiran Sampel Tanah Campuran Garam



Gambar 4.11. Grafik Gradasi Butiran Sampel Tanah Campuran Arang



Gambar 4.12. Grafik Perubahan Gradasi Butiran Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

4.1.1.3. Atterberg

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian ini bertujuan “untuk menentukan kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis”.

Analisa Hasil Percobaan Data *Liquid Limit*

Contoh perhitungan:

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

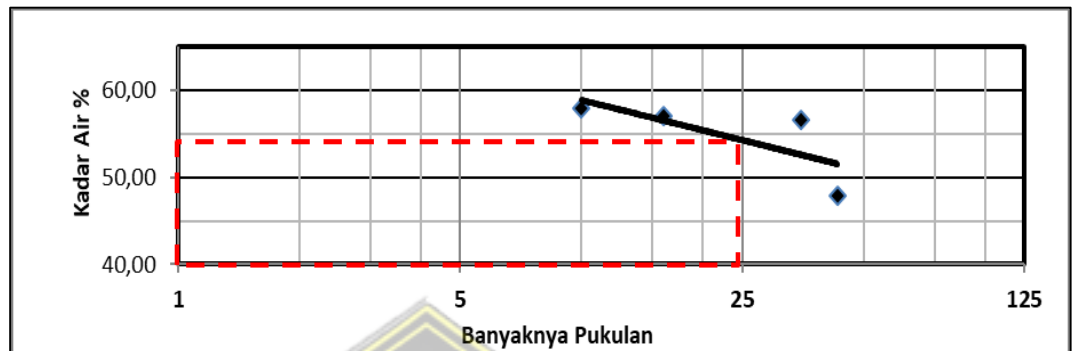
$$w_{0\%} = \frac{23,74 - 16,52}{16,52 - 3,97} \times 100\% = 54,32\%$$

Dari hasil pengujian batas cair di laboratorium diperoleh data seperti yang tercantum pada **Tabel 4.15**.

Tabel 4.15. Hasil Perhitungan *Liquid Limit*

Sampel	Jumlah Ketukan	No. Cawan	Berat Cawan	Berat Cawan + Tanah Basah	Berat Cawan + Tanah Kering	w	LL
			(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
Tanah asli	43	1	3,96	18,69	13,92	47,89	54,32
	35	2	3,97	16,02	11,66	56,7	
	16	3	3,88	23,74	16,52	57,12	
	10	4	4,1	21,98	15,42	57,95	
Garam 4%	35	5	4,03	16,03	12,05	49,63	53,19
	28	6	4,2	17,46	12,67	56,55	
	19	7	4,13	16,93	12,26	57,44	
	14	8	3,94	11,9	8,93	59,52	
Garam 8%	63	11	3,99	13,23	10,07	51,97	52,66
	34	12	3,95	14,34	10,78	52,12	
	19	13	3,98	15,98	11,85	52,48	
	12	14	3,82	17,45	12,5	57,03	
Garam 12%	43	16	4,16	15,77	12,14	45,49	50,57
	36	17	3,91	19,31	14,46	45,97	
	23	18	4,27	16,74	12,65	48,81	
	12	19	4,11	17,12	12,79	49,88	
Arang tempurung kelapa 4%	63	6	4,07	15,71	11,43	58,15	49,81
	38	7	4,06	12,76	9,39	63,23	
	20	8	4,11	19,61	13,73	61,12	
	10	9	4,05	15,68	11,03	66,62	
Arang tempurung kelapa 8%	70	1	4,04	14,9	10,98	56,48	46,06
	30	2	3,92	16,06	11,57	58,69	
	20	3	4,3	18,1	12,68	64,68	
	10	4	3,97	15,95	11,23	65,01	
Arang tempurung kelapa 12%	73	11	3,83	11,15	8,75	48,78	44,84
	30	12	4,08	12,93	9,59	60,62	
	19	13	3,9	13,13	9,52	64,23	
	16	14	3,96	20,52	13,98	65,27	
Garam + arang tempurug 2+2%	60	1	4,03	12,05	9,09	58,5	53,77
	35	2	4,2	12,93	9,5	64,72	
	18	3	4,13	12,6	9,23	66,08	
	12	4	3,94	15,69	10,92	68,34	
Garam + arang tempurung 4+4%	47	6	3,99	14,34	10,62	56,11	50,86
	35	7	3,95	15,08	10,92	59,68	
	23	8	3,98	15,66	11,17	62,45	
	16	9	3,82	15,53	10,93	64,7	
Garam + arang tempurung 6+6%	60	11	4,04	10,3	7,89	62,6	48,64
	54	12	4,37	11,73	8,88	63,19	
	20	13	4,08	12,16	8,98	64,9	
	15	14	4,1	13,38	9,68	66,31	

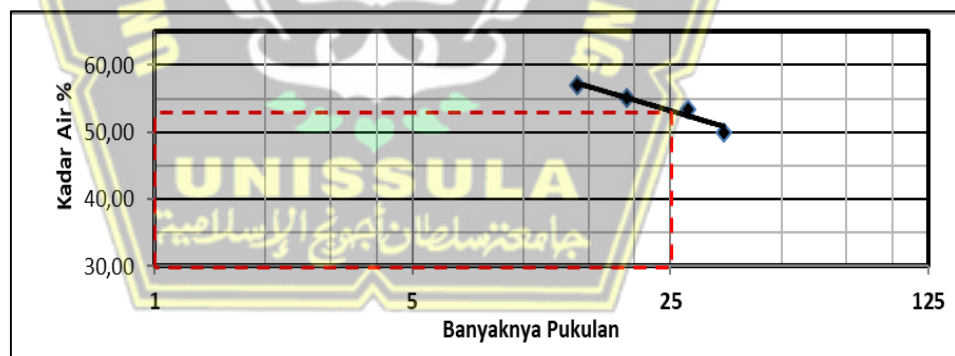
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah asli yang dilampirkan pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Asli

Dari grafik di atas, “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 54,32%, Maka batas cair dari sampel tanah asli yaitu 54,32%”.

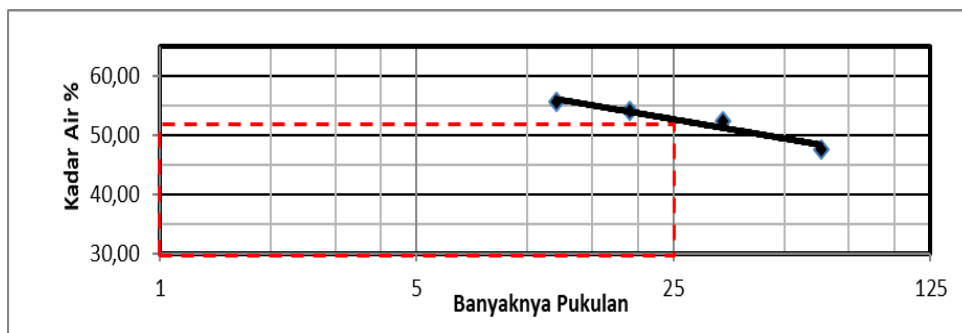
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran garam 4% yang dilampirkan pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Garam 4%

Dari grafik di atas, “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 53,19%, Maka batas cair dari sampel tanah campuran abu sekam 4% yaitu 53,19%”.

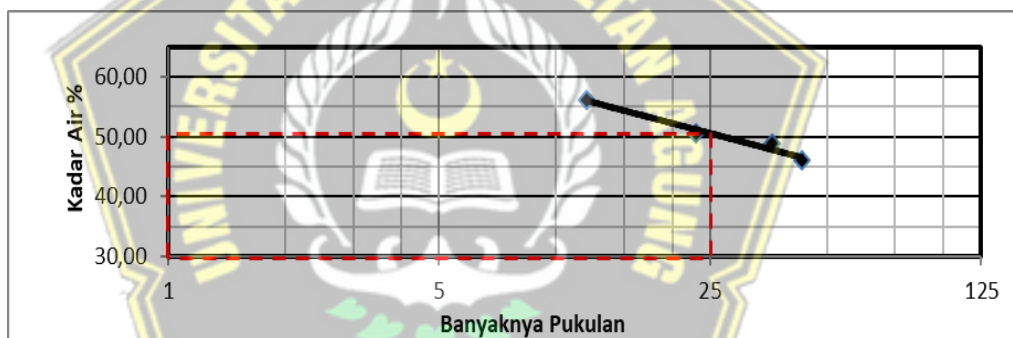
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran garam 8% yang dilampirkan pada **Gambar 4.15**.



Gambar 4.15. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Garam 8%

Dari grafik di atas, “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 52,66%, Maka batas cair dari sampel tanah campuran garam 8% yaitu 52,66%”.

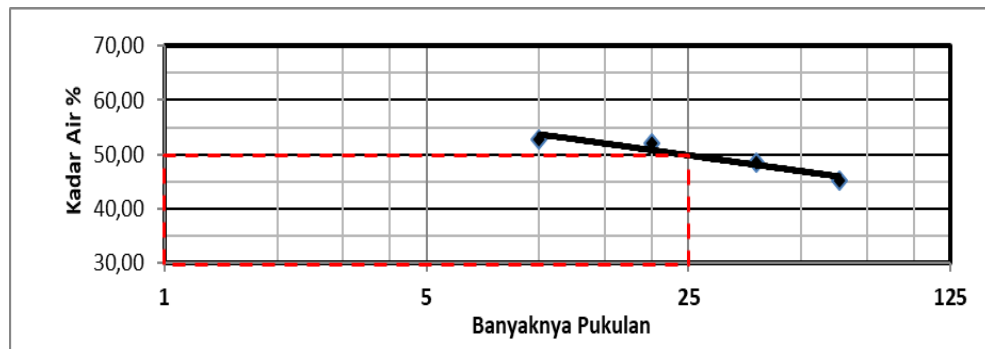
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran garam 12% yang dilampirkan pada **Gambar 4.16**.



Gambar 4.16. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Garam 12%

Dari grafik di atas, “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 50,57%, Maka batas cair dari sampel tanah campuran garam 12% yaitu 50,57%”.

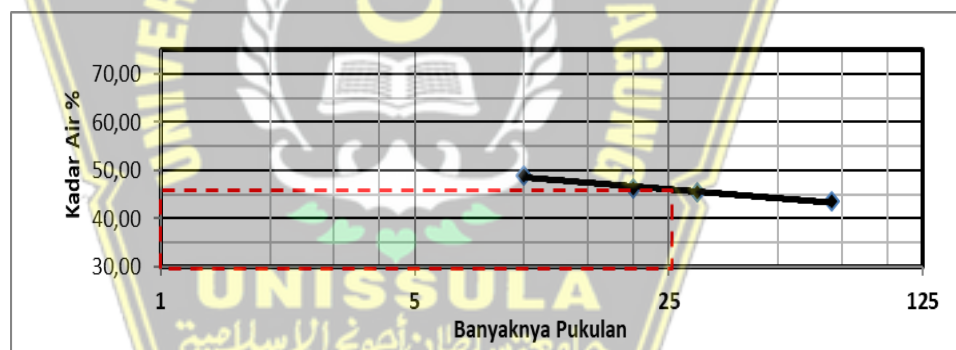
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran Arang Tempurung Kelapa 4% yang dilampirkan pada **Gambar 4.17**.



Gambar 4.17. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4%

Dari grafik di atas, “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 49,81%, Maka batas cair dari sampel tanah campuran arang tempurung kelapa 4% yaitu 49,81%”.

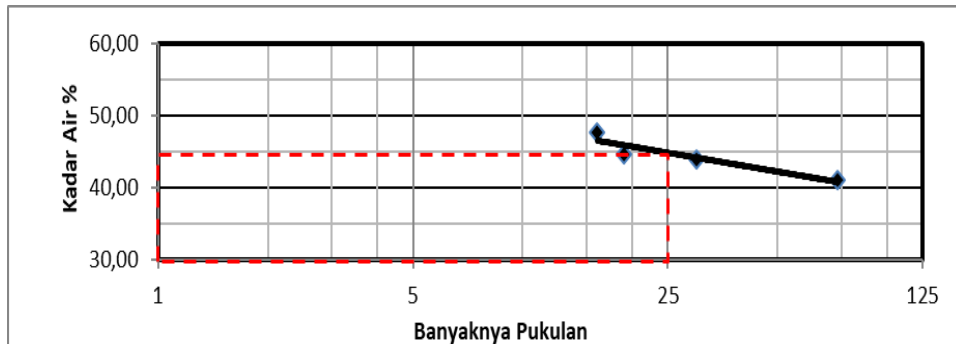
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran arang tempurung kelapa 8% yang dilampirkan pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4.18. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8%

Dari grafik di atas, “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 46,06%, maka batas cair dari sampel tanah campuran arang tempurung kelapa 8% yaitu 46,06%”.

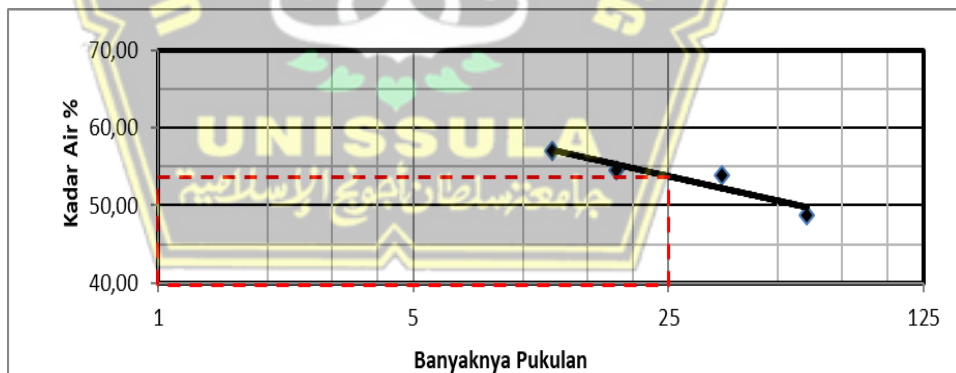
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran arang tempurung kelapa 12% yang dilampirkan pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4.19. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12%

Dari grafik di atas “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 44,84%, Maka batas cair dari sampel tanah campuran arang tempurung kelapa 12% yaitu 44,84%”.

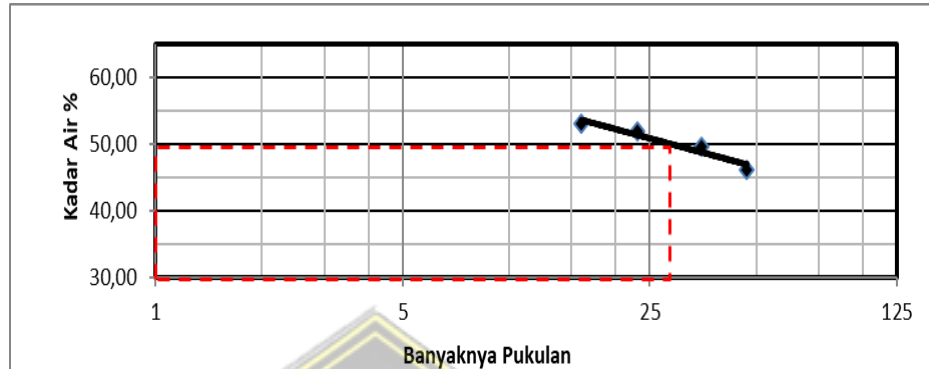
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 4% yang dilampirkan pada **Gambar 4.20**.



Gambar 4.20. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 4%

Dari grafik di atas “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 53,77%, Maka batas cair dari sampel tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 4% yaitu 53,77%”.

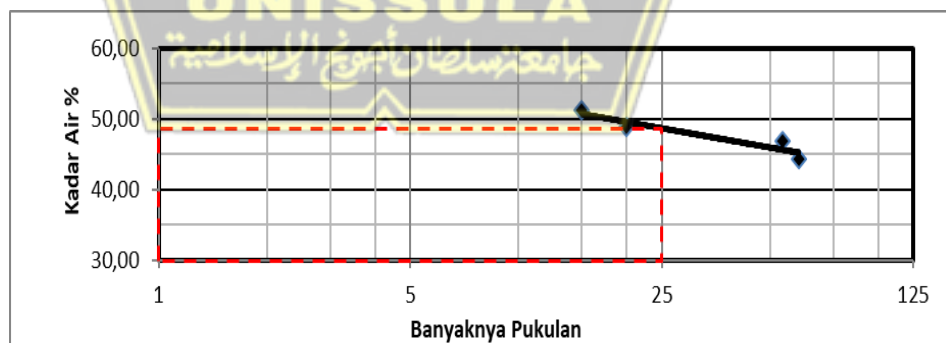
Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 8% yang dilampirkan pada **Gambar 4.21**.



Gambar 4.21. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 8%

Dari grafik di atas “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 50,56%. Maka batas cair dari sampel tanah campuran garamditambah arang tempurung kelapa 8% yaitu 50,56%”.

Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 4.15** diperoleh grafik dari sampel tanah campuran garamditambah arang tempurung kelapa 12% yang dilampirkan pada **Gambar 4.22**.



Gambar 4.22. Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 12 %

Dari grafik di atas “besar kadar air pada jumlah pukulan ke-25 menunjukkan angka 48,64%, Maka batas

cair dari sampel tanah campuran garamditambah arang tempurung kelapa 12% yaitu 48,64%”.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pengujian ini bertujuan “untuk menentukan kondisi suatu tanah pada saat kadar air minimum”.

Analisa Hasil Percobaan Data *Plastic Limit*

Contoh perhitungan:

$$w_0\% = \frac{7,43 - 6,79}{6,79 - 4,12} \times 100\% \\ = 23,79 \%$$

Dari hasil pengujian batas plastis di laboratorium diperoleh data seperti yang tercantum pada **Tabel 4.16**

Tabel 4.16. Hasil Perhitungan *Plastic Limit*

Sampel	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	w (%)	PL (%)
Tanah asli	5	4,1	7,43	6,79	23,79	23,79
Campuran garam						
4%	9	4,02	15,14	12,98	24,11	24,11
8%	15	4,14	8,89	7,96	24,35	24,35
12%	20	4,15	13,32	11,59	23,25	23,25
Campuran arang tempurung kelapa						
4%	10	4,07	8,64	7,78	23,18	23,18
8%	5	4,11	10,95	9,78	20,63	20,63
12%	15	4,06	9,51	8,58	20,58	20,58
Campuran garam dan arang tempurung kelapa						
2+2%	5	4,02	9,19	8,15	25,18	25,18
4+4%	10	4,14	9,09	8,15	23,44	23,44
6+6%	15	4,06	9,16	8,24	22,01	22,01

Setelah nilai *Liquid Limit* dan *Plastic Limit* diperoleh, “langkah selanjutnya adalah mencari nilai Indeks Plastisitas seperti contoh perhitungan di bawah ini”.

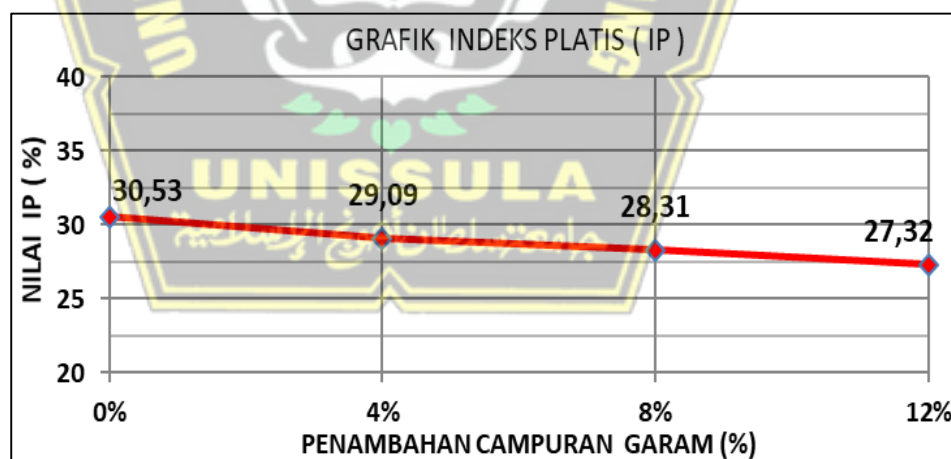
$$\begin{aligned} \text{IP (0\%)} &= \text{LL} - \text{PL} \\ &= 54,32\% - 23,79\% \\ &= 30,53\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dari Indeks Plastisitas sampel tanah campuran garam dapat dilihat dalam **Tabel 4.17**.

Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas dengan garam

SAMPEL	LL	PL	IP
0%	54,32	23,79	30,53
4%	53,19	24,11	29,09
8%	52,66	24,35	28,31
12%	50,57	23,25	27,32

Berdasarkan hasil dari **Tabel 4.17** diperoleh grafik Indeks Plastisitas seperti pada **Gambar 4.23**.



Gambar 4.23 Grafik Indeks Plastisitas Garam

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.23**, “menunjukkan bahwa presentase campuran garam 12% adalah campuran dengan nilai optimum dan Jumlah partikel lempung yang terkandung dalam sampel tanah campuran garam 12%

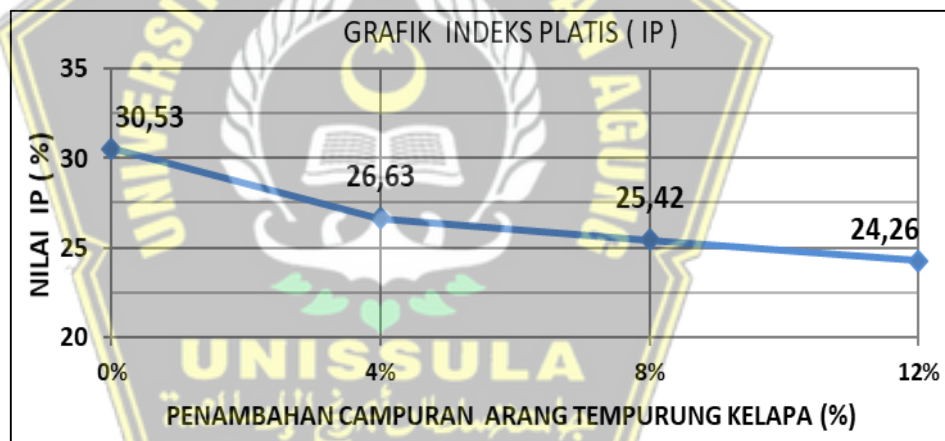
adalah yang paling sedikit dibanding presentase sampel campuran garam 4% dan 8%”.

Sedangkan, hasil perhitungan dari Indeks Plastisitas sampel tanah campuran arang tempurung kelapa dapat dilihat dalam **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas dengan Campuran Arang Tempurung Kelapa

SAMPEL	LL	PL	IP
0%	54,32	23,79	30,53
4%	49,81	23,18	26,63
8%	46,06	20,63	25,42
12%	44,84	20,58	24,26

Berdasarkan hasil dari **Tabel 4.18** diperoleh grafik



Indeks Plastisitas seperti pada **Gambar 4.24**

Gambar 4.24 Grafik Indeks Plastisitas Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

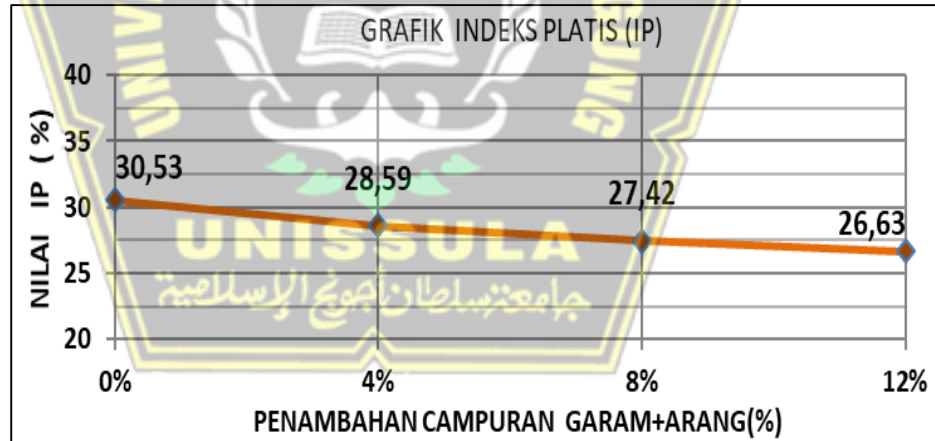
Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.24**, “menunjukkan bahwa presentase campuran arang tempurung kelapa 12% adalah campuran dengan nilai optimum serta Jumlah partikel lempung yang terkandung dalam sampel tanah campuran arang tempurung kelapa 12% adalah yang paling sedikit dibanding presentase sampel 4% dan 8%”.

Sedangkan, hasil perhitungan dari Indeks Plastisitas sampel tanah garam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat dalam **Tabel 4.19**.

Tabel 4.19. Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas dengan Campuran Garamditambah Arang Tempurung Kelapa

SAMPEL	LL	PL	IP
0%	54,32	23,79	30,53
2+2%	53,77	25,18	28,59
4+4%	50,86	23,44	27,42
6+6%	48,64	22,01	26,63

Berdasarkan hasil dari **Tabel 4.19** diperoleh grafik Indeks Plastisitas seperti pada **Gambar 4.25**.

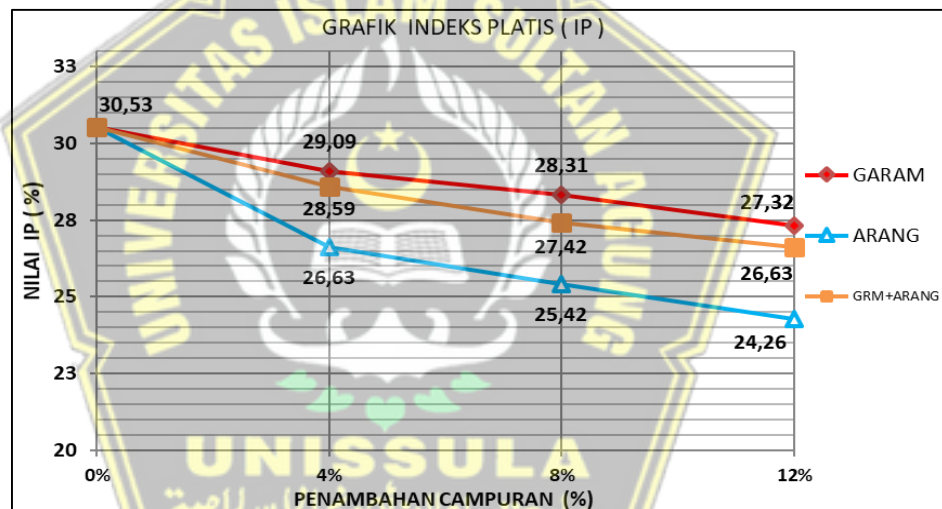


Gambar 4.25. Grafik Indeks Plastisitas Sampel Garam dan Arang Tempurung Kelapa

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.25**, “menunjukkan bahwa presentase campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 12% adalah campuran dengan nilai optimum dan Jumlah partikel lempung yang terkandung dalam sampel tanah campuran garam ditambah arang

tempurung kelapa 12% adalah yang paling sedikit dibanding presentase sampel campuran 4% dan 8%”.

Grafik perbandingan antara sampel tanah campuran garam, arang tempurung kelapa dan garam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Gambar 4.26**.



Gambar 4.26. Grafik Indeks Plastisitas

Untuk memprediksi potensi pengembangan tanah pada Dsa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Prov. Jateng “membutuhkan data – data hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium mekanika tanah dengan menggunakan analisis batas – batas Atterberg”. Dari hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa sampel tanah yang di uji memiliki besar nilai batas cair (LL) = 54,32%, batas plastis (PL) = 23,79%, dan indeks plastisitas (IP) = 30,53%. ”Berdasarkan data tersebut maka

dapat diklasifikasikan derajat pengembangannya untuk menunjukkan hubungan potensi pengembangan tanah ekspansif pada suatu tanah, Chen (1988) telah mengklasifikasikannya seperti pada **Tabel 4.20** berikut ini”.

Tabel 4.20. Hubungan Potensi Pengembangan dan PI
(Chen, 1988)

Indeks Pengembangan (IP)	Potensi Pengembangan
> 35	Sangat tinggi
20 – 55	Tinggi
10 – 35	Sedang
0 – 15	Rendah

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium “di dapat besar nilai indeks plastisitas (IP) untuk sampel tanah di Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan sebesar 30,53 %, Jika disesuaikan dengan tabel di atas maka tanah di daerah tersebut memiliki nilai indeks pengembangan (IP) dengan potensi pengembangan tinggi”.

Berdasarkan **Gambar 4.23**, **Gambar 4.24** dan **Gambar 4.25**, “setelah diadakan stabilisasi dengan garam, arang tempurung kelapa dan garam ditambah arang tempurung kelapa, nilai IP mengalami penurunan yang cukup signifikan. Sehingga potensi pengembangan tanah yang telah distabilisasi juga semakin mengecil”.

4.1.1.4. *Direct Shear*

Uji *direct shear* dilakukan guna “mengetahui besarnya kohesi dan sudut geser dalam sampel tanah hasil pemadatan proctor dengan variasi kadar air yang berbeda-beda dan dari

hasil uji *direct shear* ini diperoleh hasil data sebagai berikut”:

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)

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

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

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

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

$$= \frac{7,945}{31,06} = 0,26 \text{ kg/cm}^2$$

b. Tegangan Geser (σ_s)

$$\sigma_s = \frac{\text{Gaya Geser}}{F}$$

$$= \frac{\text{Dial} \times 0,375}{\text{Luas Penampang}}$$

$$= \frac{14 \times 0,375}{31,06}$$

$$= 0,17 \text{ kg/cm}^2$$

Hasil dari perhitungan *direct shear* sampel tanah dilampirkan pada **Tabel 4.21**.

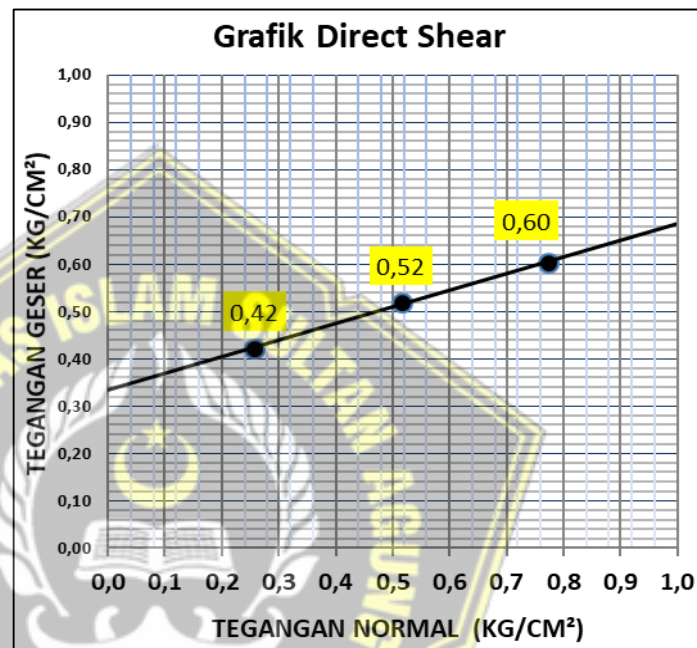
Tabel 4.21. Hasil Perhitungan *Direct Shear* Sampel Tanah

Sampel	Percobaan	Beban	Koreksi Beban	Pembacaan Dial	Tegangan Normal	Tegangan Geser
0%	1	8	7,987	40	0,26	0,48
	2	16	16,166	55	0,52	0,66
	3	24	24,041	63	0,77	0,76
Garam 4%	1	8	7,987	44	0,26	0,53
	2	16	16,166	54	0,52	0,65
	3	24	24,041	60	0,77	0,72
Garam 8%	1	8	7,987	41	0,26	0,5
	2	16	16,166	50	0,52	0,6
	3	24	24,041	56	0,77	0,68
Garam 12%	1	8	7,987	24	0,26	0,26
	2	16	16,166	31	0,52	0,37
	3	24	24,041	43	0,77	0,52

Sampel	Percobaan	Beban	Koreksi Beban	Pembacaan Dial	Tegangan Normal	Tegangan Geser
Arang tempurung kelapa 4%	1	8	7,987	38	0,26	0,46
	2	16	16,166	46	0,52	0,56
	3	24	24,041	58	0,77	0,7
Arang tempurung kelapa 8%	1	8	7,987	40	0,26	0,48
	2	16	16,166	57	0,52	0,69
	3	24	24,041	64	0,77	0,77
Arang tempurung kelapa 12%	1	8	7,987	40	0,26	0,48
	2	16	16,166	58	0,52	0,7
	3	24	24,041	65	0,77	0,78
Abu sekam + arang tempurung 2+2%	1	8	7,987	36	0,26	0,43
	2	16	16,166	43	0,52	0,52
	3	24	24,041	59	0,77	0,71
Abu sekam + arang tempurung 4+4%	1	8	7,987	24	0,26	0,29
	2	16	16,166	33	0,52	0,4
	3	24	24,041	46	0,77	0,56
Abu sekam + arang tempurung 6+6%	1	8	7,987	31	0,26	0,37
	2	16	16,166	44	0,52	0,53
	3	24	24,041	53	0,77	0,64

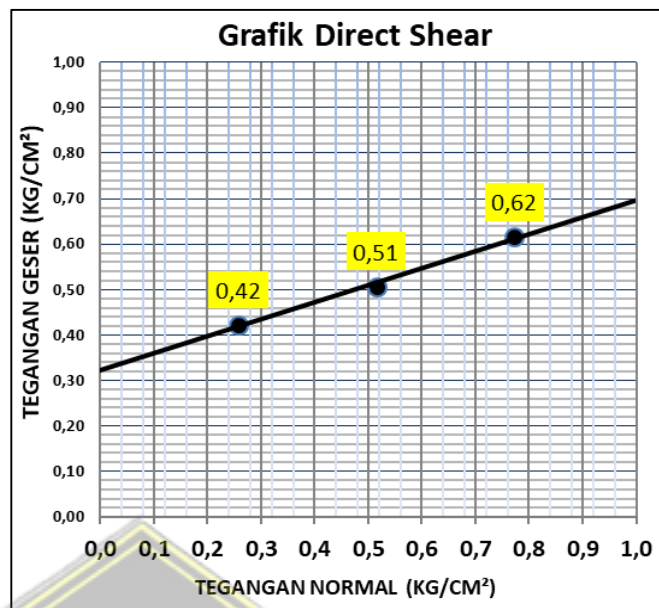
Besar nilai kohesi dan sudut geser dalam “ditentukan dengan cara membuat grafik perbandingan antara tegangan normal dan tegangan geser yang diakibatkan variasi beban yang berbeda-beda sesuai dengan hasil perhitungan dalam **Tabel 4.21**”. Buat titik dari angka tegangan normal menuju angka besar tegangan 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 diuji, serta untuk masing-masing sampel tanah yang diuji memiliki campuran abu sekam padi, arang tempurung kelapa dan garam ditambah arang tempurung kelapa yang berbeda-beda”. Grafik *direct shear* sampel tanah asli dapat dilihat pada **Gambar 4.27**.



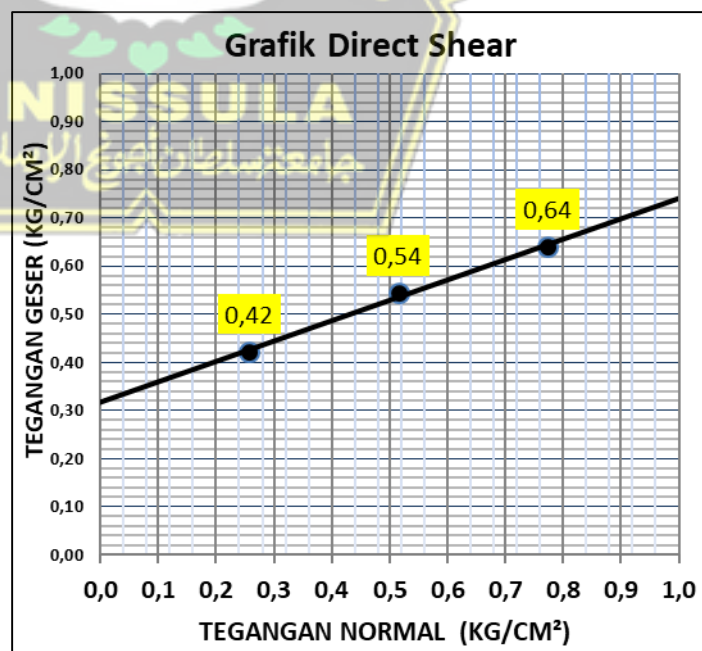
Gambar 4.27. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Asli

Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah asli sebesar $19,30^\circ$ dan kohesi sebesar $0,33 \text{ kg/cm}^2$ ”. Grafik *direct shear* sampel campuran garam 4% dapat dilihat pada **Gambar 4.28**.



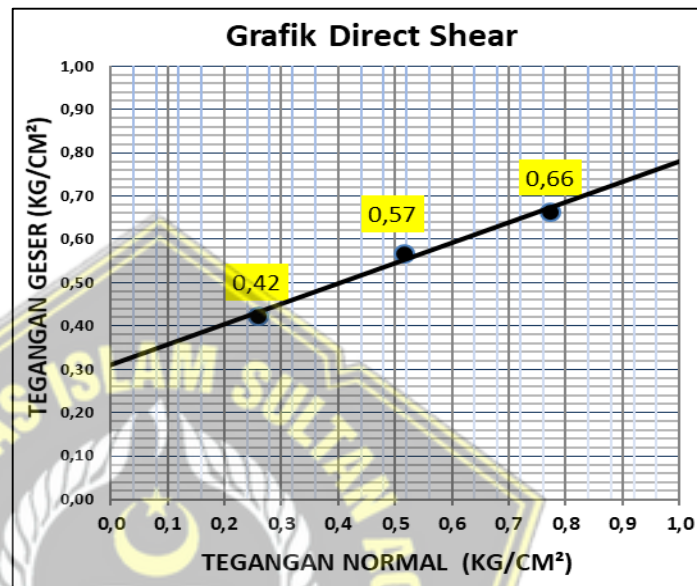
Gambar 4.28. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Garam 4%

Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah campuran garam 4% sebesar 20,57° dan kohesi sebesar 0,32 kg/cm²”. Grafik *direct shear* sampel campuran garam 8% dapat dilihat pada **Gambar 4.29.**



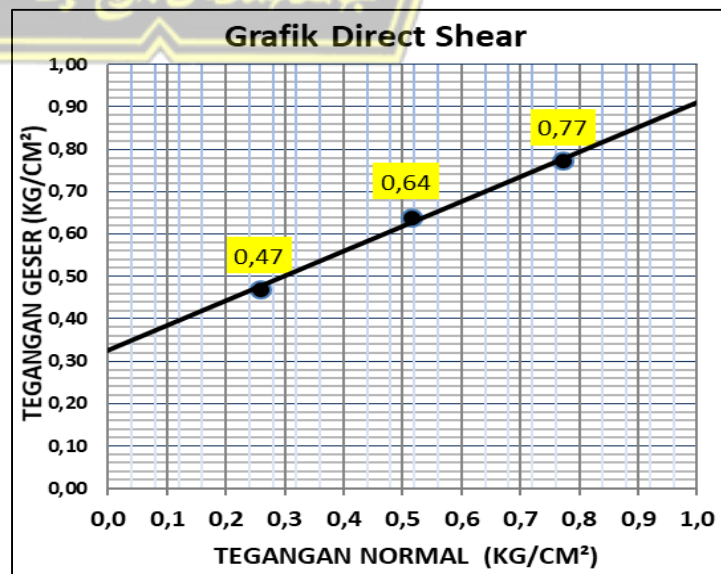
Gambar 4.29. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Garam 8%

Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah campuran garam 8% sebesar $22,94^\circ$ dan kohesi sebesar $0,29 \text{ kg/cm}^2$ ”. Grafik *direct shear* sampel campuran garam 12% dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Garam 12%

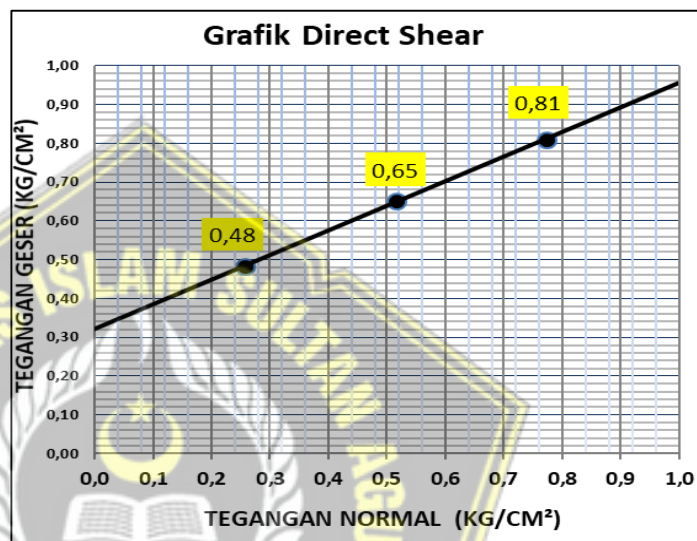
Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah campuran garam 12% sebesar $25,09^\circ$ dan kohesi sebesar $0,27 \text{ kg/cm}^2$ ”. Grafik *direct shear*



sampel campuran arang tempurung kelapa 4% dapat dilihat pada **Gambar 4.31**.

Gambar 4.31. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4%

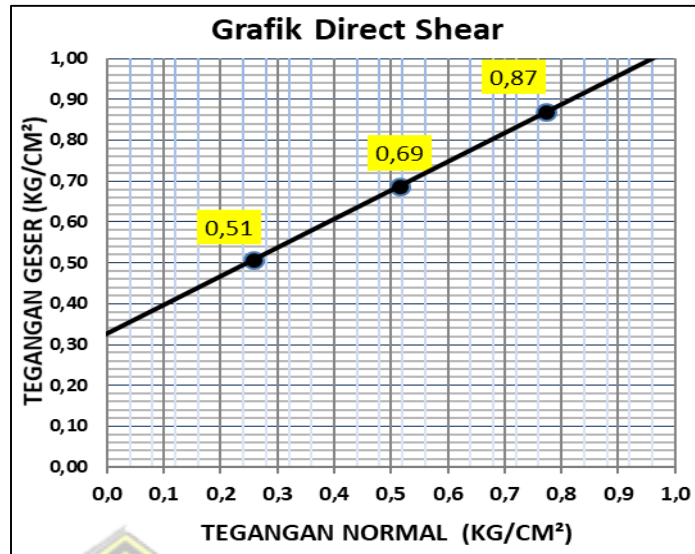
Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah campuran arang tempurung kelapa 4% sebesar $30,39^\circ$ dan kohesi sebesar $0,28 \text{ kg/cm}^2$ ”.



Grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa 8% dapat dilihat pada **Gambar 4.32**.

Gambar 4.32. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8%

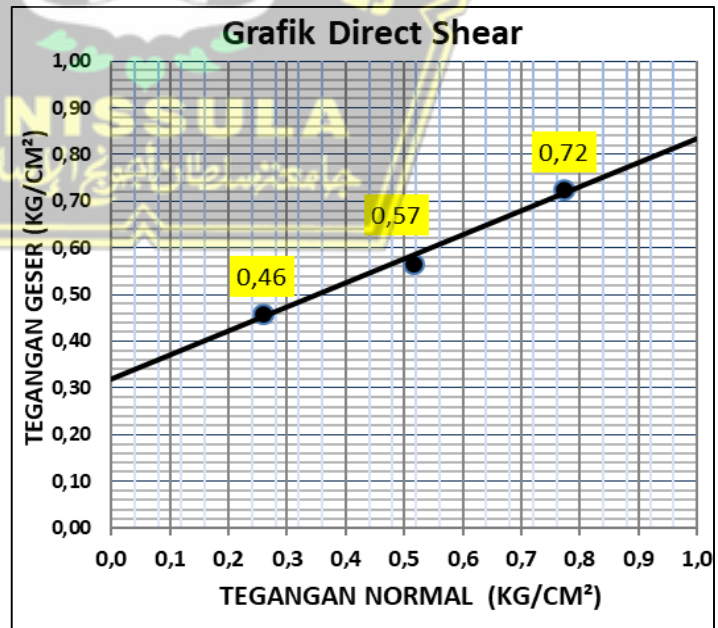
Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah asli sebesar $32,35^\circ$ dan kohesi sebesar $0,26 \text{ kg/cm}^2$ ”. Grafik *direct shear* sampel campuran arang tempurung kelapa 12% yang dapat dilihat pada **Gambar 4.33**.



Gambar 4.33. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12%

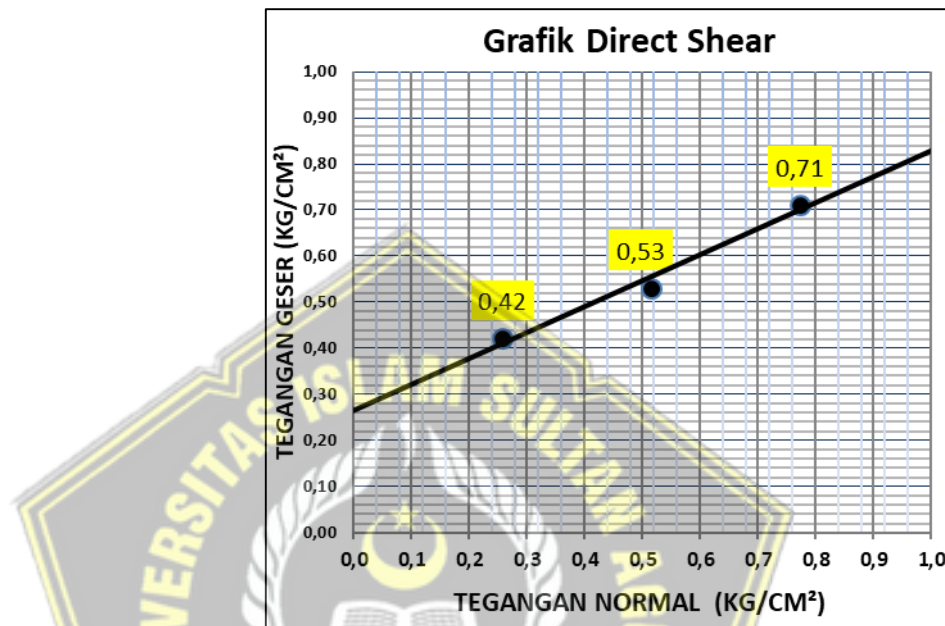
Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah arang tempurung kelapa 12% sebesar 35,15° dan kohesi sebesar 0,24 kg/cm²”. Grafik *direct shear* sampel campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 4% dapat dilihat pada **Gambar 4.34**.

Gambar 4.34. Grafik *Direct Shear Test* Sampel



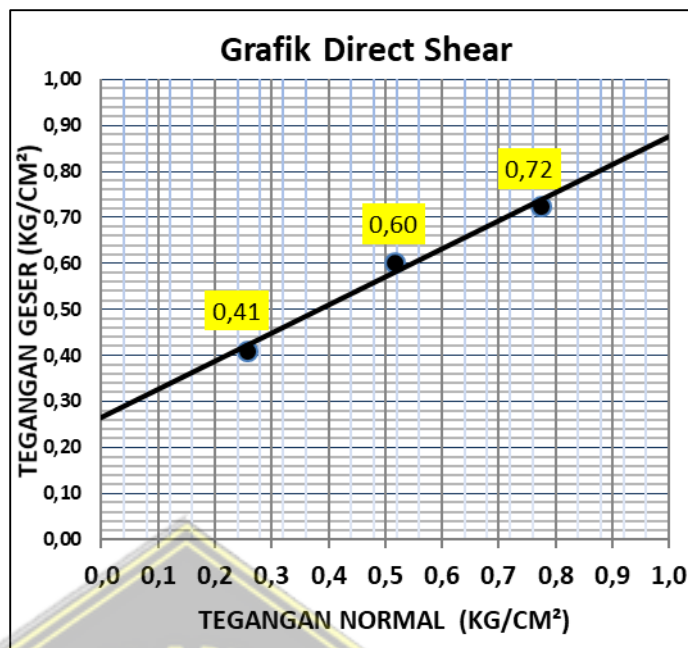
Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (4%)

Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa sebesar $27,26^\circ$ dan kohesi sebesar $0,31 \text{ kg/cm}^2$ ”. Grafik *direct shear* sampel campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 8% dapat dilihat pada **Gambar 4.35**.



Gambar 4.35. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Garam dan Arang Tempurung Kelapa (8%)

Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah ditambah campuran garam dan arang tempurung kelapa 8% sebesar $29,37^\circ$ dan kohesi sebesar $0,27 \text{ kg/cm}^2$ ”. Grafik *direct shear* sampel campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 12% dapat dilihat pada **Gambar 4.36**.



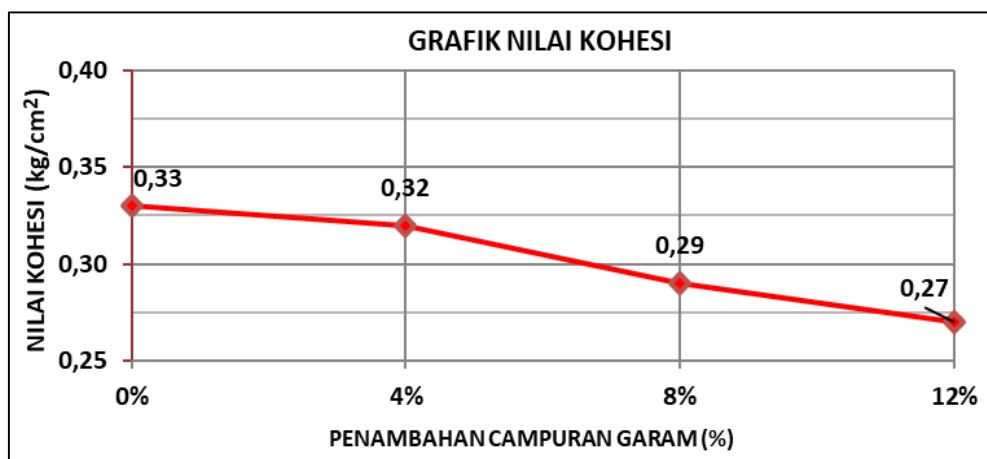
Gambar 4.36. Grafik *Direct Shear Test* Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (12%)

Dari gambar grafik di atas, “didapat sudut geser sampel tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa sebesar 27,31° dan kohesi sebesar 0,25 kg/cm²”. Hasil penggambaran grafik *Direct Shear* sampel tanah asli dan campuran garam dapat dilihat pada **Tabel 4.22**.

Tabel 4.22. Hasil Penggambaran Grafik *Direct Shear* Sampel Tanah Campuran Garam

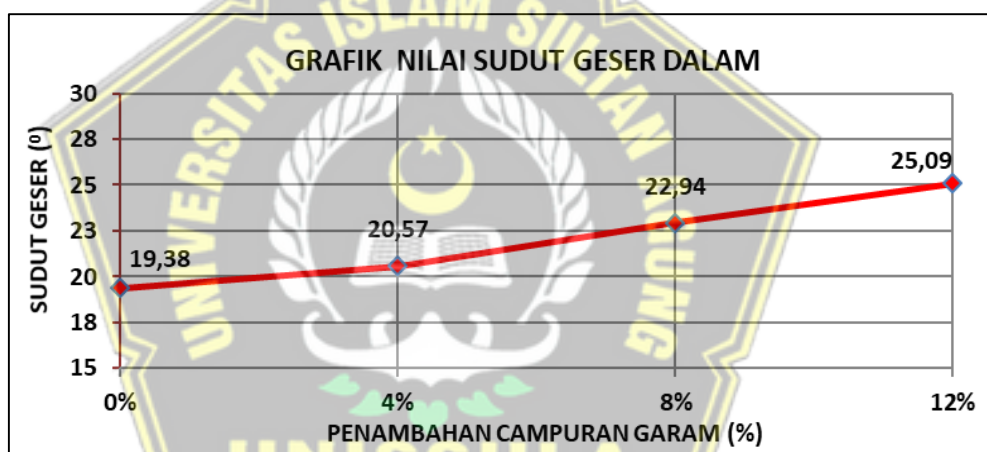
Sampel	Kohesi	Sudut Geser Dalam
0%	0,33	19,3
4%	0,32	20,57
8%	0,29	22,94
12%	0,27	25,09

Dari hasil tersebut dapat dibuat grafik nilai kohesi seperti yang terlampir pada **Gambar 4.37**



Gambar 4.37. Grafik Nilai Kohesi Tanah Campuran Garam

Gambar grafik nilai sudut geser dalam dapat dilihat dalam **Gambar 4.38.**



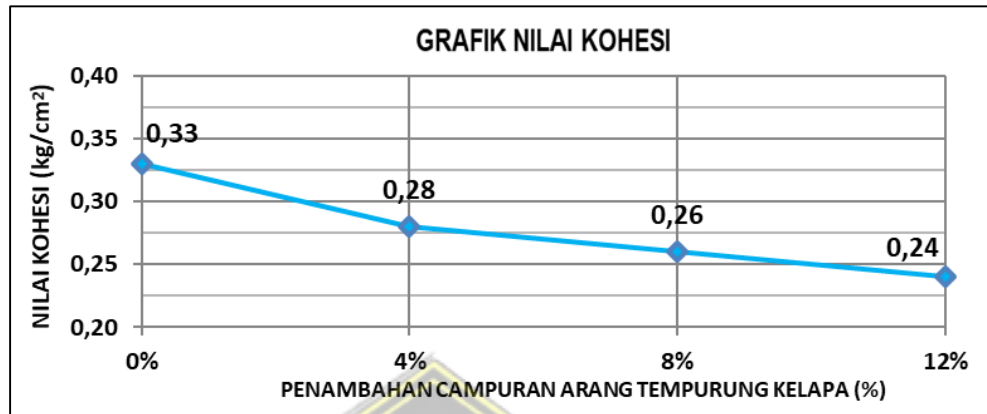
Gambar 4.38. Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Campuran Garam

Hasil penggambaran grafik *Direct Shear* sampel tanah campuran arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Tabel 4.23.**

Tabel 4.23. Hasil Penggambaran Grafik *Direct Shear* Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

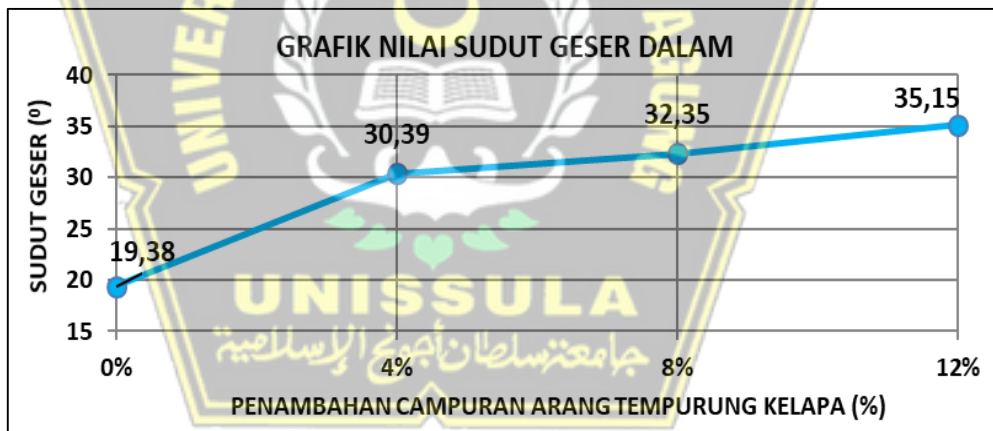
Sampel	Kohesi	Sudut Geser Dalam
0%	0,33	19,3
4%	0,28	30,39
8%	0,26	32,35
12%	0,24	35,15

Dari hasil tersebut dapat dibuat grafik nilai kohesi seperti yang terlampir pada **Gambar 4.37**.



Gambar 4.39. Grafik Nilai Kohesi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

Gambar grafik nilai sudut geser dalam dapat dilihat dalam **Gambar 4.40**.



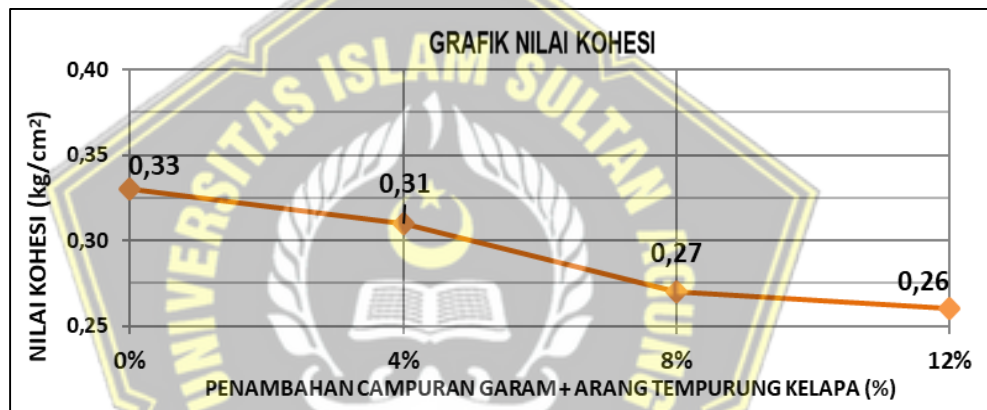
Gambar 4.40. Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Campuran Arang Tempurung Kelapa

Hasil penggambaran grafik *Direct Shear* sampel tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Tabel 4.24**.

Tabel 4.24. Hasil Penggambaran Grafik *Direct Shear* Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

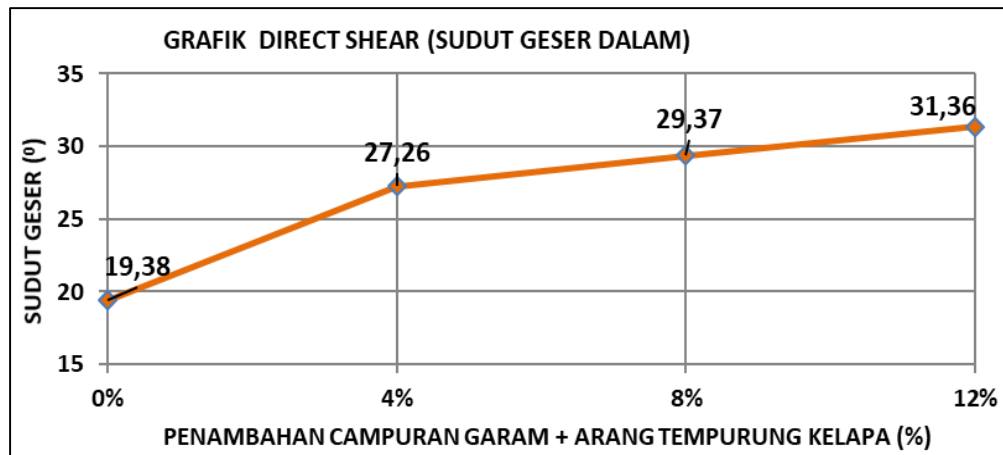
Sampel	Kohesi	Sudut Geser Dalam
0%	0,33	19,3
2% + 2%	0,31	22,26
4% + 4%	0,27	29,37
6% + 6%	0,26	31,36

Dari hasil tersebut dapat dibuat grafik nilai kohesi seperti yang terlampir pada **Gambar 4.41**



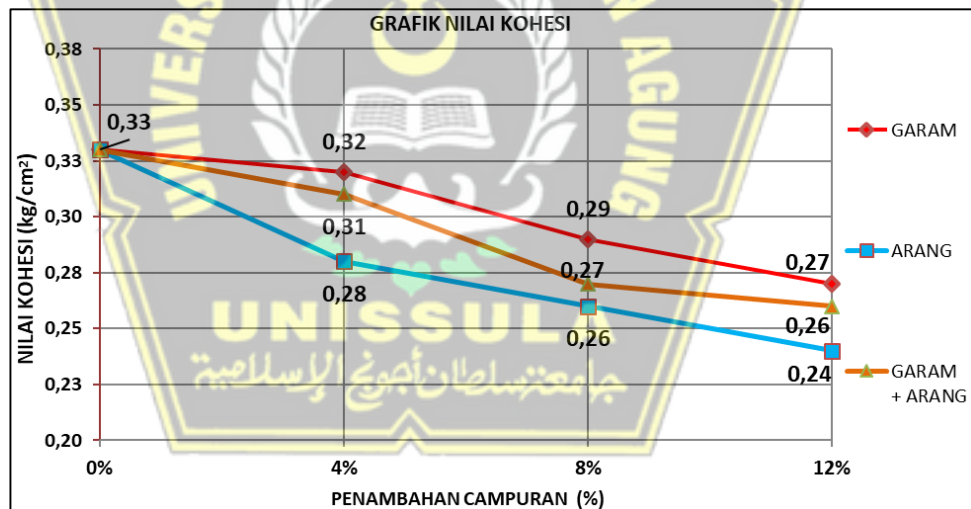
Gambar 4.41. Grafik Nilai Kohesi Tanah Campuran garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

Gambar grafik nilai sudut geser dalam dapat dilihat dalam **Gambar 4.42**.



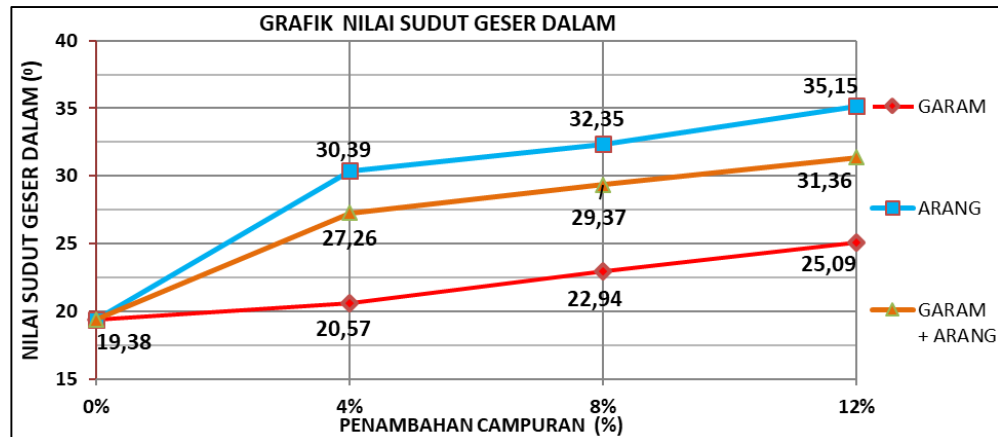
Gambar 4.42. Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Campuran garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

Perbandingan hasil nilai kohesi dari pengujian antara sampel tanah asli, campuran garam, arang tempurung kelapa dan garam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat dalam **Gambar 4.43**.



Gambar 4.43. Grafik Nilai Kohesi Tanah

Sedangkan, “perbandingan hasil nilai sudut geser dalam dari pengujian antara sampel tanah, campuran abu sekam padi, arang tempurung kelapa dan garam ditambah arang tempurung kelapa dapat dilihat pada **Gambar 4.44**”.



Gambar 4.43. Grafik Nilai Sudut Geser Dalam Tanah

Berdasarkan hasil dari uji *Direct Shear* didapat “nilai kohesi optimum tanah campuran garam pada prosentase 12%, pada campuran arang tempurung kelapa nilai kohesi optimum berada pada prosentase 12% dan pada campuran keduanya nilai kohesi tanah optimum berada pada prosentase 12%” .

Sedangkan, “pada sudut geser nilainya bertambah dengan nilai semula pada tanah asli sebesar 19,38 menjadi 25,09 pada tanah campuran garam, 35,15 pada tanah campuran arang tempurung kelapa dan 31,36 pada tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa”. Jadi, semakin banyak campuran yang ditambahkan maka sudut geser pada tanah semakin besar. “Hal ini baik karena apabila sudut geser pada suatu tanah semakin besar maka tanah tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya”.

4.1.1.5. Proktor Standar

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air optimum (w_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_b), berat volume kering tanah optimum (γ_k), dan prosentase pori / porosity”. Pada percobaan proktor ini menggunakan 10 sampel dengan kadar air yang berbeda – beda. Dari hasil

pengujian tersebut di laboratorium diperoleh data seperti pada **Tabel 4.25, Tabel 4.26 dan Tabel 4.27.**

Tabel 4.25. Data Hasil Percobaan Proktor Standar dengan Campuran Garam

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)
0%	I	200	6745	1	4,09	41,19	35,98
	II	300	6895	2	4,23	42,14	35,51
	III	400	7103	3	4,15	41,74	34,55
	IV	500	6910	4	6,18	42,1	32,38
	V	600	6872	5	4,17	42,23	32,09
4%	I	200	6787	1	4,09	48,2	41,07
	II	300	6815	2	4,23	49,14	41,04
	III	400	7015	3	4,15	48,19	39,31
	IV	500	6889	4	6,18	46,93	37,31
	V	600	6842	5	4,17	47,42	36,38
8%	I	200	6757	1	4,09	48,2	41,07
	II	300	6858	2	4,23	49,14	41,04
	III	400	6991	3	4,15	48,19	39,31
	IV	500	6856	4	6,17	46,93	37,31
	V	600	6826	5	4,16	47,42	36,38
12%	I	200	6802	1	4,3	43,52	36,98
	II	300	6878	2	4,14	48,37	40,23
	III	400	7016	3	6,2	48,07	39,03
	IV	500	6827	4	4,04	47,07	37,04
	V	600	6804	5	4,05	47,72	35,94

Tabel 4.26. Data Hasil Percobaan Proktor Standar dengan Campuran Arang Tempurung Kelapa

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)
4%	I	200	6776	1	4,3	38,34	32,56
	II	300	6896	2	4,14	42,06	35,41
	III	400	7000	3	6,21	43,76	36,24
	IV	500	6943	4	4,04	42,53	33,67
	V	600	6911	5	4,07	42,72	32,58
8%	I	200	6755	1	4,09	43,63	37,07
	II	300	6854	2	4,22	43,8	36,48
	III	400	6997	3	4,15	45,71	36,31
	IV	500	6870	4	6,16	42,36	33,62
	V	600	6788	5	4,16	43,87	33,28
12%	I	200	6735	1	4,3	41,19	35,98
	II	300	6850	2	4,12	42,14	35,51
	III	400	6895	3	6,2	41,74	34,55
	IV	500	6817	4	4,03	42,1	32,38
	V	600	6716	5	4,06	42,23	32,09

Tabel 4.27. Data Hasil Percobaan Proktor Standar Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

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)
2+2%	I	200	6795	1	4,09	42,99	36,19
	II	300	6909	2	4,22	43,38	35,53
	III	400	7018	3	4,16	41,88	33,74
	IV	500	6891	4	6,16	44,15	35,09
	V	600	6850	5	4,15	44,28	33,86
4+4%	I	200	6789	1	4,3	31,79	27,15
	II	300	6895	2	4,12	38,08	31,34
	III	400	6991	3	6,21	41,91	34,03
	IV	500	6885	4	4,06	49,04	38,15
	V	600	6829	5	4,05	51,14	39,54

6+6%	I	200	6823	1	4,12	48,9	41,42
	II	300	6898	2	4,17	44,91	36,76
	III	400	6975	3	4,31	45	35,83
	IV	500	6876	4	6,32	45,47	35,91
	V	600	6838	5	4,2	45,72	35,33

Data alat

Berat alat = 5850 gram

Tinggi alat = 12,5 gram

Diameter alat = 10 cm

Analisa Hasil Percobaan Data *Proktor Standar*:

1. Alat I

Digunakan contoh perhitungan dengan sampel tanah asli

$$\begin{aligned}
 \text{a) Volume Alat} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (10)^2 \cdot 12,5 \\
 &= 918,25 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) Berat Tanah basah} &= (\text{berat tanah + cetakan}) - \text{berat alat} \\
 &= 7290 - 5850 \\
 &= 1440 \text{ gram.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) Berat Volume Tanah Basah } (\gamma_b) &= \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume cetakan}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1440}{918,25}
 \end{aligned}$$

$$= 1,47 \text{ gr/cm}^3$$

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

Dimana: a = Berat cawan (gram)

b = Berat cawan + tanah basah (gram)

c = Berat cawan + tanah kering (gram)

Contoh pada penambahan air 200 cc:

$$W = \frac{39,71 - 32,94}{32,94 - 4,14} \times 100\% = 23,51\%$$

e) Berat Jenis Tanah Kering (γ_k)

$$\begin{aligned}\gamma_{k1} &= \frac{\gamma_b}{1 + W} \\ &= \frac{1,47}{1 + 23,51} \\ &= 1,19 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

f) Kadar Pori / Porosity (n)

$$n = \left[1 - \left(\frac{\gamma_{k1}}{G_s} \right) \right] \times 100\%$$

dimana G_s tanah asli = $2,731 \text{ gr/cm}^3$

$$\begin{aligned}&= \left[1 - \left(\frac{1,19}{2,35} \right) \right] \times 100\% \\ &= 49,44 \%\end{aligned}$$

g) Angka Pori / Void Ratio (e)

$$e = \frac{n}{1 - n} = \frac{0,49}{1 - 0,49} = 0,98$$

h) Zero Air Void (ZAV)

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

$$\text{dimana: } \gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,35 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned}ZAV &= \frac{2,35 \times 1}{1 + (2,35 \times 0,23)} \\ &= 1,51\end{aligned}$$

Setelah seluruh data diolah seperti pada contoh perhitungan di atas maka didapatkan hasil perhitungan seperti pada **Tabel 4.28**, **Tabel 4.29**, **Tabel 4.30** dan **Tabel 4.31**.

Tabel 4.28. Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Asli

Sampel	No. Percobaan	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	e	n (%)	ZAV
0%	I	19,51	1,51	1,27	0,9	0,47	1,64
	II	23,91	1,67	1,35	0,79	0,44	1,53
	III	27,47	1,88	1,48	0,63	0,39	1,45
	IV	30,71	1,68	1,29	0,87	0,47	1,38
	V	34,46	1,64	1,22	0,97	0,49	1,32

Tabel 4.29. Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Campuran Garam

Sampel	No. Percobaan	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	e	n (%)	ZAV
4%	I	20,78	1,56	1,29	0,72	0,42	1,52
	II	24,65	1,58	1,27	0,75	0,43	1,44
	III	26,42	1,79	1,42	0,57	0,36	1,4
	IV	30,82	1,66	1,27	0,75	0,43	1,32
	V	34,22	1,61	1,2	0,85	0,46	1,26
8%	I	19,28	1,52	1,28	0,73	0,42	1,55
	II	22	1,63	1,34	0,66	0,4	1,49
	III	25,26	1,77	1,41	0,57	0,36	1,42
	IV	30,89	1,63	1,24	0,78	0,44	1,31
	V	34,26	1,6	1,19	0,86	0,46	1,26
12%	I	1,53	1,57	1,31	0,69	0,41	20,01
	II	1,47	1,65	1,35	0,64	0,39	22,55
	III	1,37	1,79	1,41	0,57	0,36	27,54
	IV	1,32	1,6	1,23	0,8	0,45	30,39
	V	1,22	1,57	1,15	0,92	0,48	36,94

Tabel 4.30. Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

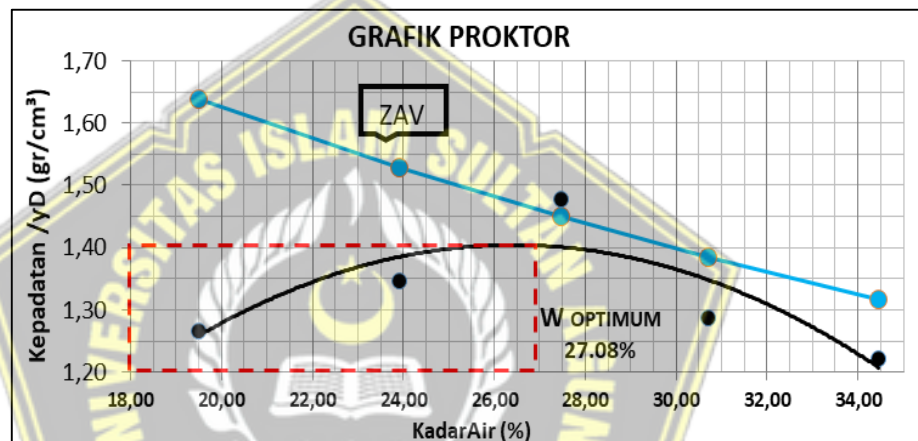
Sampel	No. Percobaan	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	e	n (%)	ZAV
4%	I	20,45	1,54	1,28	0,83	0,45	1,59
	II	21,27	1,67	1,38	0,71	0,41	1,57
	III	25,04	1,78	1,42	0,65	0,4	1,48
	IV	29,9	1,72	1,32	0,78	0,44	1,38
	V	35,57	1,68	1,24	0,89	0,47	1,28
8%	I	19,89	1,52	1,27	0,76	0,43	1,55
	II	22,69	1,63	1,32	0,69	0,41	1,49
	III	29,23	1,77	1,37	0,63	0,39	1,35
	IV	31,83	1,64	1,25	0,8	0,44	1,31
	V	36,37	1,56	1,14	0,96	0,49	1,23
12%	I	16,45	1,5	1,29	0,64	0,39	1,57
	II	21,12	1,62	1,34	0,58	0,37	1,46
	III	25,36	1,67	1,33	0,59	0,37	1,37
	IV	34,29	1,59	1,18	0,79	0,44	1,22
	V	36,18	1,48	1,09	0,94	0,48	1,2

Tabel 4.31. Hasil Perhitungan Proktor Standar Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

Sampel	No. Percobaan	w (%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	e	n (%)	ZAV
2% + 2%	I	21,18	1,56	1,29	0,77	0,43	1,54
	II	25,07	1,68	1,35	0,7	0,41	1,45
	III	27,52	1,8	1,41	0,62	0,38	1,4
	IV	31,32	1,66	1,27	0,8	0,45	1,33
	V	35,07	1,62	1,2	0,9	0,47	1,27
4% + 4%	I	20,31	1,57	1,3	0,73	0,42	1,55
	II	24,76	1,68	1,34	0,68	0,4	1,45
	III	28,32	1,78	1,38	0,63	0,39	1,38
	IV	31,94	1,67	1,26	0,79	0,44	1,31
	V	32,69	1,61	1,21	0,86	0,46	1,3
6% + 6%	I	20,05	1,6	1,33	0,69	0,41	1,55
	II	25,01	1,68	1,34	0,68	0,4	1,44
	III	29,09	1,76	1,36	0,65	0,39	1,36
	IV	32,31	1,66	1,25	0,8	0,44	1,3
	V	33,38	1,62	1,21	0,86	0,46	1,29

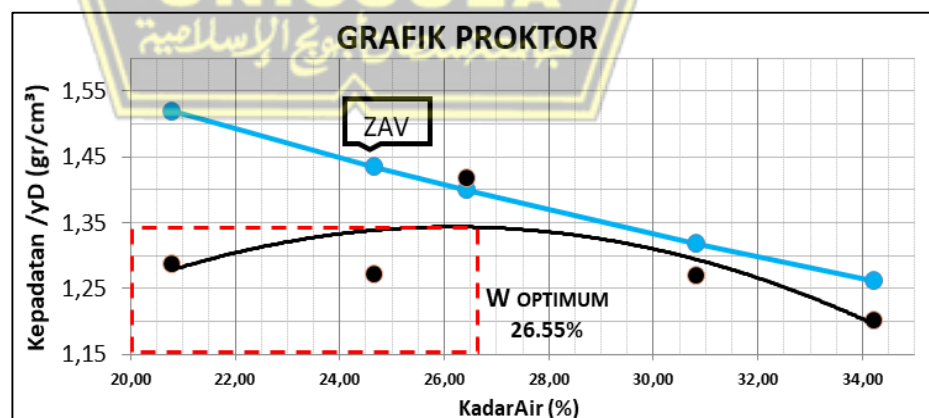
Untuk menentukan besarnya “volume kadar air suatu kondisi tanah dengan berat keringnya maka dilakukan suatu proses pemadatan tanah yang disesuaikan dengan kondisi aslinya dan proses pemadatan tanah di laboratorium dilakukan dengan variasi kadar air yang berbeda-beda sehingga mendapatkan kondisi optimum (w_{opt})”. Dari data hasil percobaan pada **Tabel 4.28**, **Tabel 4.29**, **Tabel 4.30** dan **Tabel 4.31** didapatkan grafik-grafik seperti pada gambar dibawah ini.

Gambar 4.44. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah asli



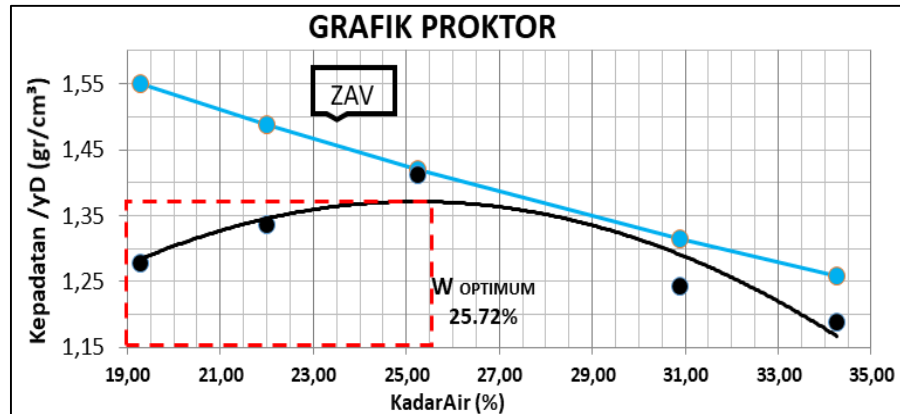
Gambar 4.44. Grafik Wopt Sampel Tanah Asli

Gambar 4.45. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran garam 4%



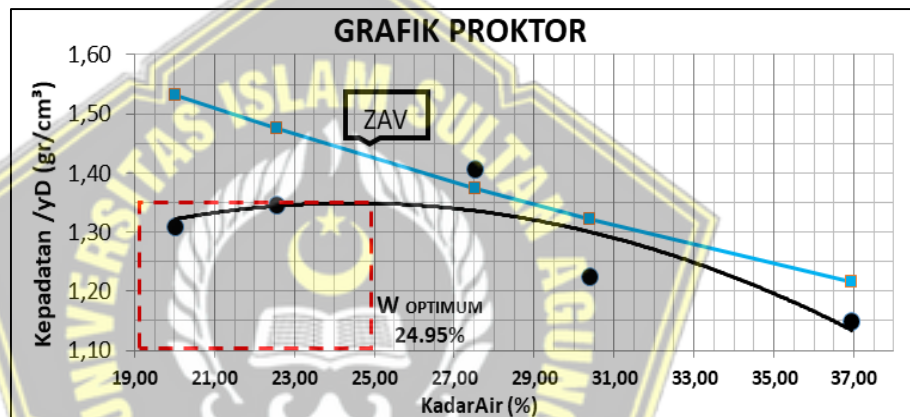
Gambar 4.45. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam 4%

Gambar 4.46. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran garam 8%



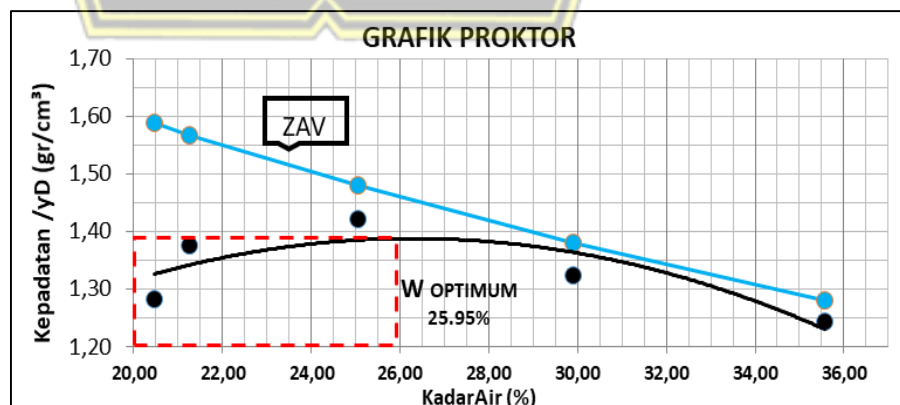
Gambar 4.46. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam 8%

Gambar 4.47. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran garam 12%



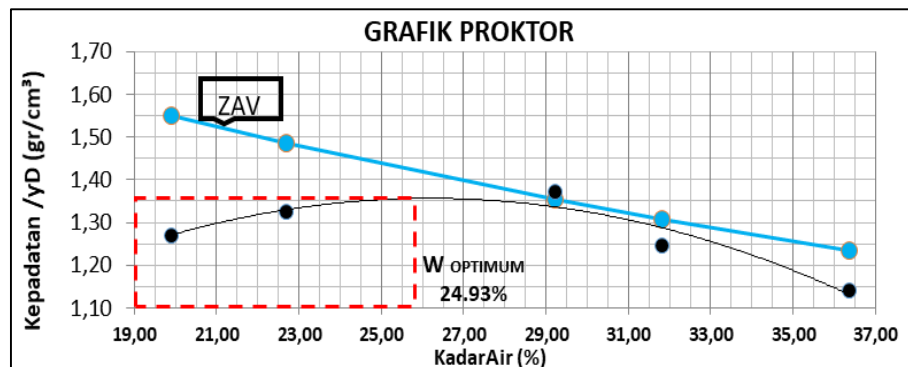
Gambar 4.47. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam 12%

Gambar 4.48. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa 4%



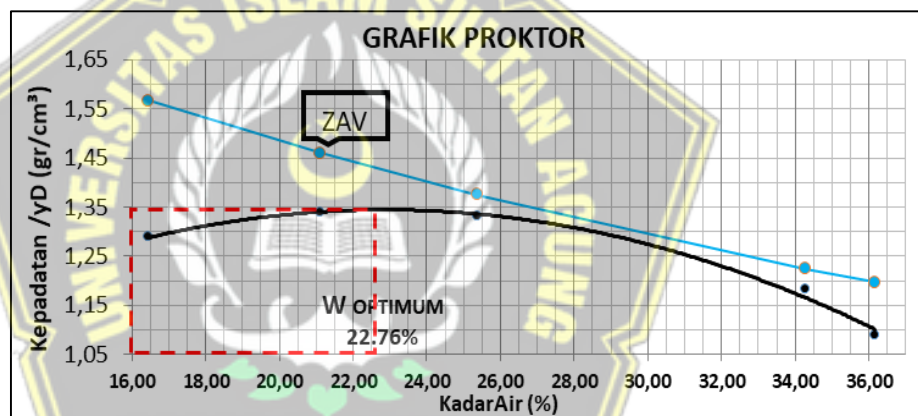
Gambar 4.48. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4%

Gambar 4.49. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa 8%



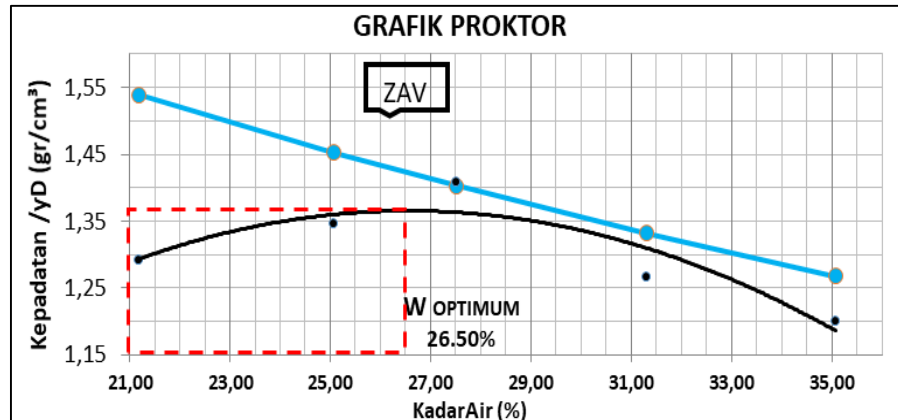
Gambar 4.49. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8%

Gambar 4.50. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran arang tempurung kelapa 12%



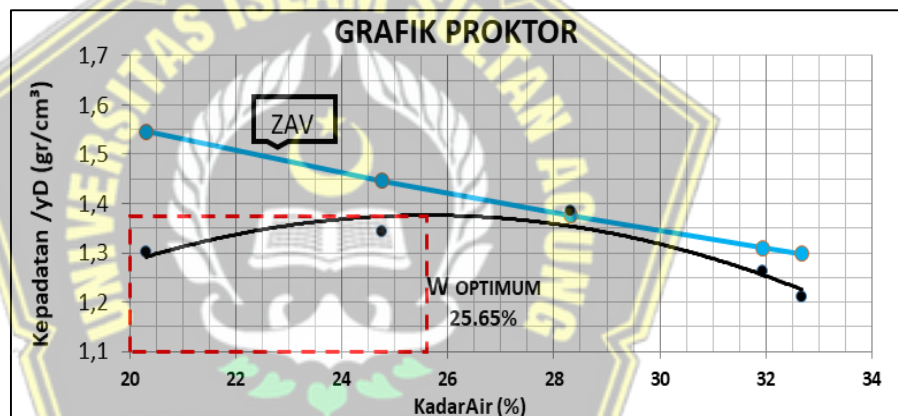
Gambar 4.50. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12%

Gambar 4.51. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 4%



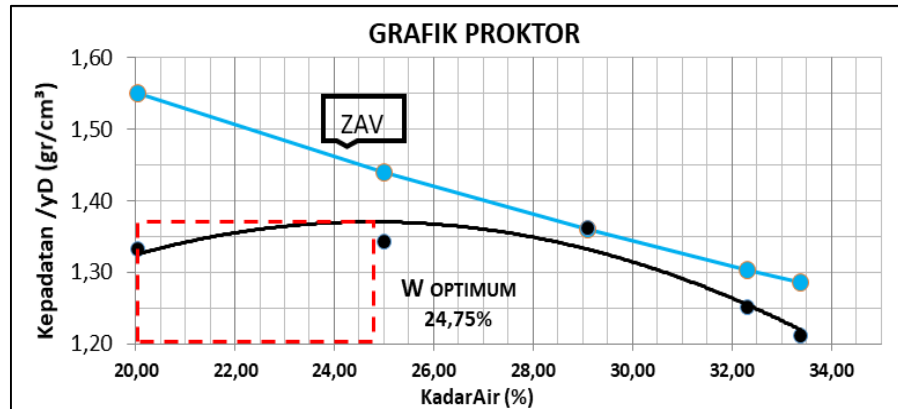
Gambar 4.51. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 4%

Gambar 4.52. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 8%



Gambar 4.52. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 8%

Gambar 4.53. menunjukkan grafik kondisi optimum pemadatan tanah pada tanah campuran garam ditambah arang tempurung kelapa 12%



Gambar 4.53. Grafik Wopt Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa 12%

Berdasarkan hasil grafik diatas, “maka sampel tanah di Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan memiliki kadar air optimum (w_{opt}) dan volume berat kering maksimum (γ_k) seperti pada Tabel 4.32, Tabel 33 dan Tabel 4.34”.

Tabel 4.32. Hasil Prokor Standar Sampel Tanah Campuran Garam

NO	Sampel	γ_k (gr/cm ³)	Wopt (%)
1	0%	1,409	27,08
2	4%	1,395	26,55
3	8%	1,356	25,72
4	12%	1,35	24,95

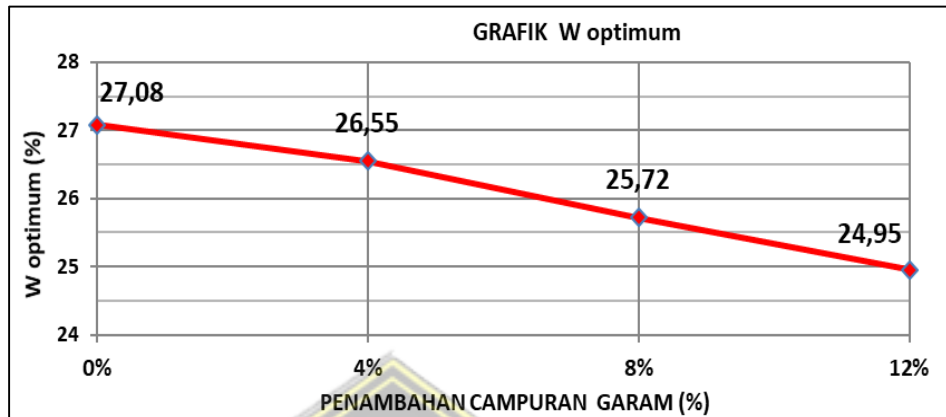
Tabel 4.33. Hasil Prokor Standar Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

NO	Sampel	γ_k (gr/cm ³)	Wopt (%)
1	0%	1,409	27,08
2	4%	1,389	25,95
3	8%	1,364	24,93
4	12%	1,345	22,76

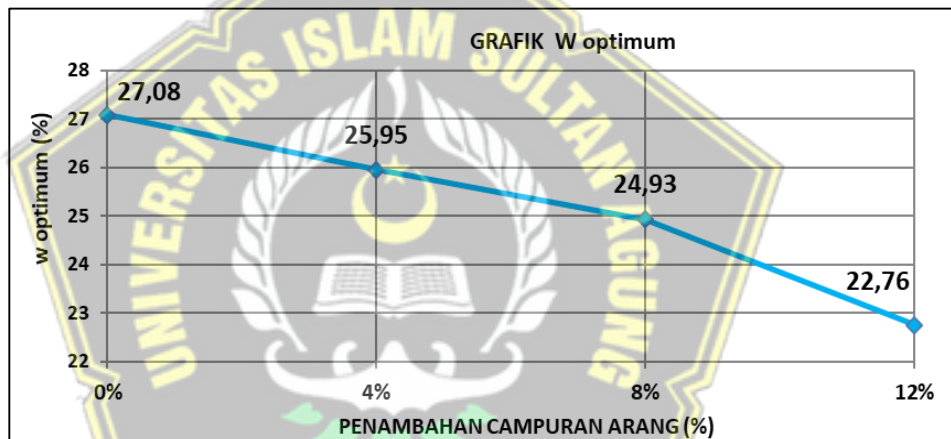
Tabel 4.34. Hasil Prokor Standar Sampel Tanah Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

NO	Sampel	γ_k (gr/cm ³)	Wopt (%)
1	0%	1,409	27,08
2	2+2%	1,38	26,5
3	4+4%	1,375	25,65
4	6+6%	1,359	24,75

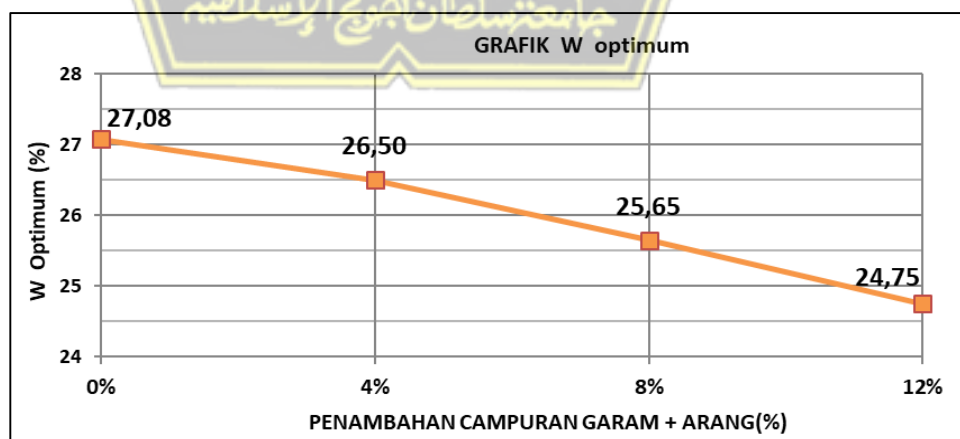
Grafik hasil pemadatan atau proktor standar dari Tabel 4.32, Tabel 4.33 dan Tabel 4.34 dapat dilihat Gambar 4.54, Gambar 4.55 dan Gambar 4.56.



Gambar 4.54. Grafik woptimum Sampel Tanah Campuran Garam



Gambar 4.55. Grafik woptimum Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa



Gambar 4.56. Grafik woptimum Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

4.1.1.6. CBR (*Unsoaked*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk “menentukan nilai CBR tanah asli dan juga tanah campuran garam 4%, 8%, dan 12%, arang tempurung kelapa 4%, 8%, dan 12% dan garam ditambah arang tempurung kelapa 4%, 8%, dan 12%, dengan menggunakan kadar volume air maksimal yang didapat dari hasil pengujian *proctor modified*”. Dari hasil pengujian di laboratorium di peroleh data seperti pada **Tabel 4.35**.

Tabel 4.35. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli dan Campuran Tumbukan 56 Kali

Sampel	No	Volume Air (cc)	Berat Alat + Tanah (gr)	No. Cawan	Berat Cawan	Berat Cawan + Tanah Basah	Berat Cawan + Tanah Kering
0%	1	850	8917	1	4,04	54,71	43,9
Campuran Garam							
4%	2	850	8805	2	4,19	51,51	42,06
8%	3	850	8803	3	4,3	44,6	30,83
12%	4	850	8415	4	4,2	43,16	30,34
Campuran Arang							
4%	5	850	8795	5	6,21	43,86	36,11
8%	6	850	8589	6	4,09	43,92	35,96
12%	7	850	8685	7	4,12	40,16	33,48
Campuran garam + Arang							
2% + 2%	8	850	8875	8	4,2	46,16	37,35
4% + 4%	9	850	8793	9	4,26	38,28	31,34
6% + 6%	10	850	8791	10	4,12	47,75	39,11

Data alat

Berat tabung = 5167 gram

Tinggi tabung = 12,2 cm

Diameter tabung = 15,3 cm

Tinggi ganjal = 5,6 cm

Analisa perhitungan hasil pengujian CBR :

Digunakan contoh “perhitungan dengan sampel tanah campuran Arang Tempurung Kelapa 8% tumbukan 56 kali”.

$$\begin{aligned} \text{a) Volume alat} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (15,3)^2 \cdot 12,2 \\ &= 2241,88 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Berat tanah basah} \\ &= (\text{berat proktor} + \text{tanah}) - \text{berat proktor (Alas + I)} \\ &= 9677 - 5167 \\ &= 3650 \text{ gram.} \end{aligned}$$

$$\text{c) Berat volume tanah basah } (\gamma_b)$$

$$\begin{aligned} &\frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume tanah basah}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{3650}{2241,88} \end{aligned}$$

$$= 1,63 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{d) Kadar air (w)}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{b - c}{c - a} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Dimana : } a = \text{Berat cawan (gram)}$$

$$b = \text{Berat cawan} + \text{tanah basah (gram)}$$

$$c = \text{Berat cawan} + \text{tanah kering (gram)}$$

$$W = \frac{52,11 - 42,49}{42,49 - 4,08} \times 100\%$$

$$= 25,05\%$$

$$\text{e) Berat jenis tanah kering } (\gamma_k)$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,63}{1 + 0,25} \\
 &= 1,3 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Setelah seluruh data di hitung seperti pada contoh perhitungan di atas maka didapatkan hasil perhitungan seperti pada **Tabel 4.36**.

Tabel 4.36. 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	8917	5167	27,12	3750	1,77	1,39
Campuran Garam							
4%	2	8805	5167	24,95	3638	1,72	1,37
8%	3	8803	5167	26,53	3646	1,72	1,37
12%	4	8415	5167	26,14	3258	1,54	1,23
Campuran Arang							
4%	5	8795	5167	25,92	3628	1,71	1,36
8%	6	8589	5167	24,98	3422	1,61	1,29
12%	7	8685	5167	22,75	3518	1,66	1,35
Campuran Garam + Arang							
2% + 2%	8	8875	5167	26,58	3718	1,75	1,39
4% + 4%	9	8793	5167	25,63	3636	1,72	1,37
6% + 6%	10	8791	5167	24,69	3624	1,71	1,37

Dari pengujian CBR di laboratorium, juga di peroleh data penetrasi dari setiap sampel, seperti pada **Tabel 4.36**.

Menghitung koreksi beban :

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi beban} &= \text{Kalibrasi alat} \times \text{pembacaan arloji CBR} \\
 &= 27,00 \times 4 \\
 &= 108 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.37. Data Penetrasi Sampel Tanah Asli

T (Menit)	Penurunan		Jumlah Tumbukan	
	(Inch)	(Mm)	0%	
			Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	4	37,04
½	0,025	0,64	6	55,55
1	0,05	1,27	13	120,37
1½	0,075	1,91	19	175,92
2	0,1	2,54	23	212,96
3	0,15	3,81	28	259,25
4	0,2	5,08	34	314,81
6	0,3	7,62	39	361,1
8	0,4	10,16	43	398,14

Tabel 4.38. Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Garam

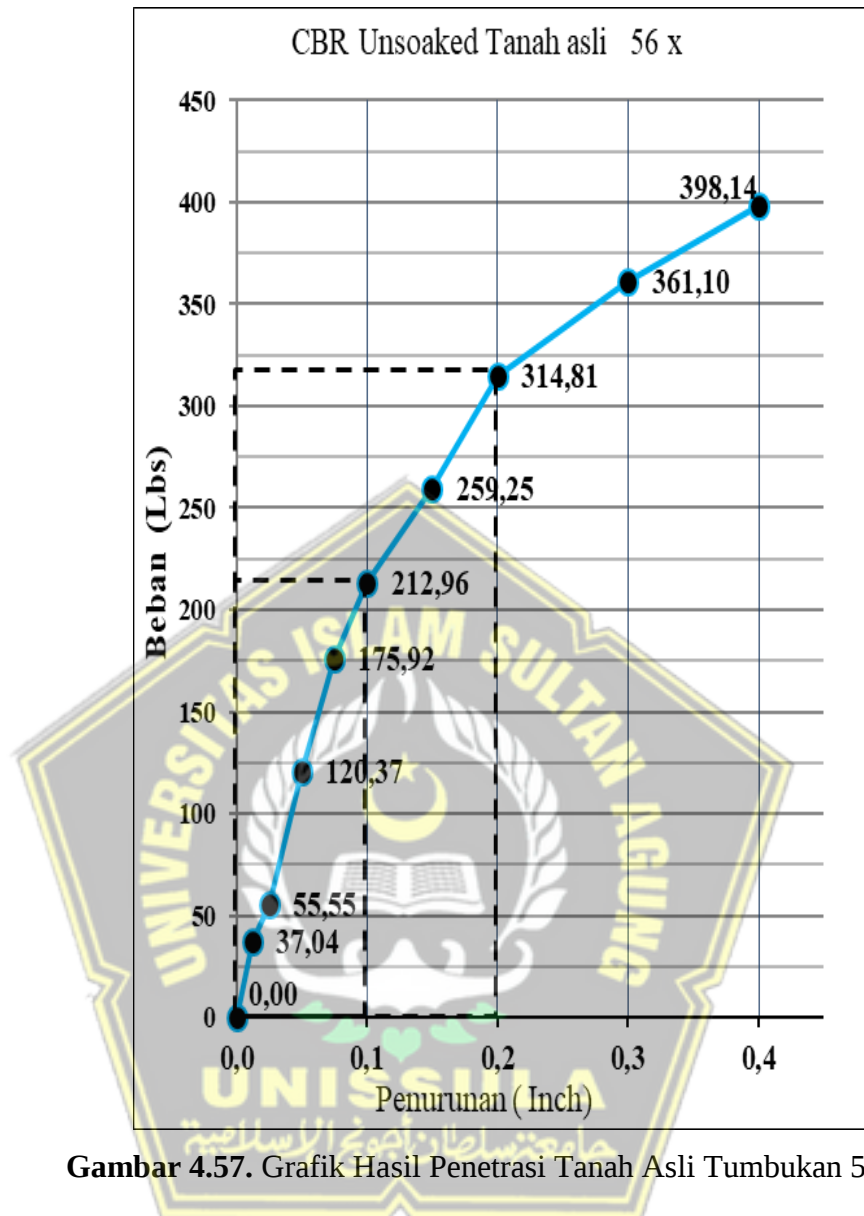
T (Menit)	Penurunan		Prosentase Campuran					
	(Inch)	(Mm)	4%		8%		12%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	4	37,04	5	46,3	5	46,3
½	0,025	0,64	7	64,81	9	83,33	9	83,33
1	0,05	1,27	14	129,63	16	148,15	18	166,66
1½	0,075	1,91	20	185,18	23	212,96	25	231,48
2	0,1	2,54	26	240,74	29	268,51	32	296,29
3	0,15	3,81	32	296,29	37	342,59	41	379,62
4	0,2	5,08	38	351,85	43	398,14	48	444,44
6	0,3	7,62	43	398,14	47	435,18	52	481,47
8	0,4	10,16	47	435,18	50	462,96	54	499,99

Tabel 4.39. Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa

T (Menit)	Penurunan		Prosentase Campuran					
	(Inch)	(Mm)	4%		8%		12%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	6	55,55	9	83,33	10	92,59
½	0,025	0,64	9	83,33	14	129,63	14	129,63
1	0,05	1,27	18	166,66	21	194,44	25	231,48
1½	0,075	1,91	27	250	31	287,03	35	324,07
2	0,1	2,54	33	305,55	39	361,1	43	398,14
3	0,15	3,81	45	416,66	49	453,7	54	499,99
4	0,2	5,08	50	462,96	59	546,29	64	592,58
6	0,3	7,62	56	518,51	63	583,32	69	638,88
8	0,4	10,16	58	537,03	67	620,36	72	666,66

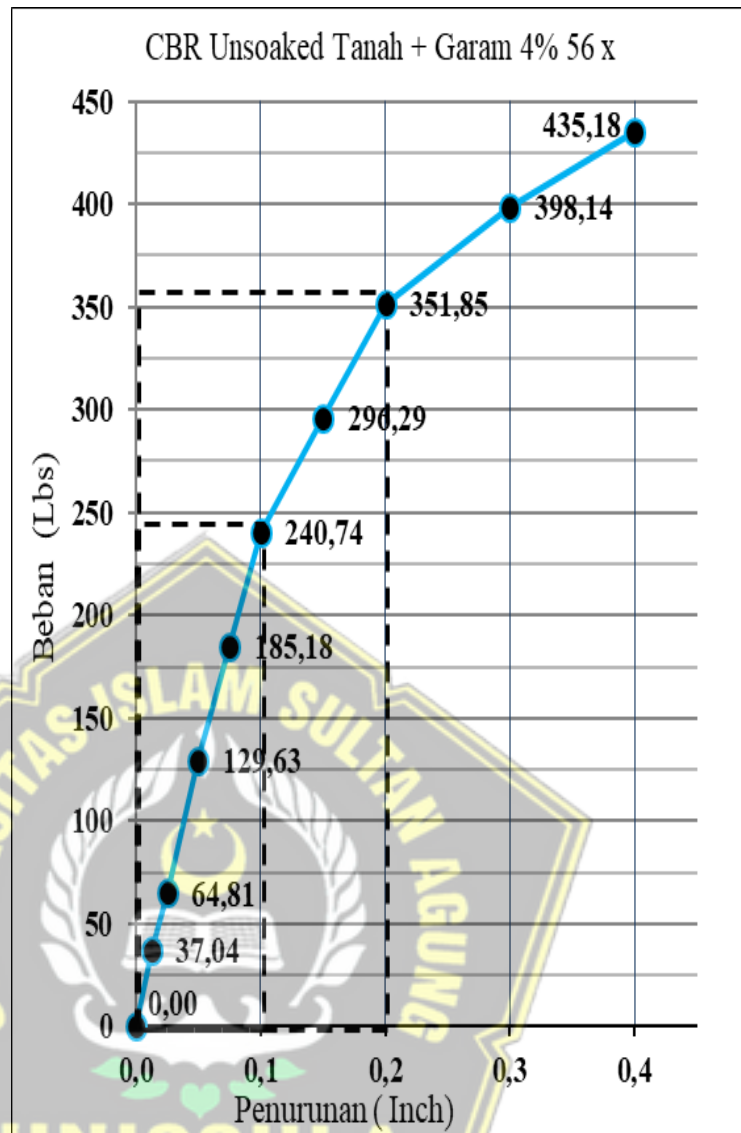
Tabel 4.40. Data Penetrasi Sampel Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa

T (Menit)	Penurunan		Prosentase Campuran					
	(Inch)	(Mm)	4%		8%		12%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	5	46,3	6	55,55	7	64,81
½	0,025	0,64	10	92,59	12	111,11	11	101,85
1	0,05	1,27	19	175,92	21	194,44	21	194,44
1½	0,075	1,91	26	240,74	26	240,74	28	259,25
2	0,1	2,54	31	287,03	34	314,81	37	342,59
3	0,15	3,81	37	342,59	42	388,88	49	453,7
4	0,2	5,08	45	416,66	50	462,96	57	527,77
6	0,3	7,62	53	490,73	55	509,25	62	574,06
8	0,4	10,16	57	527,77	58	537,03	66	611,1



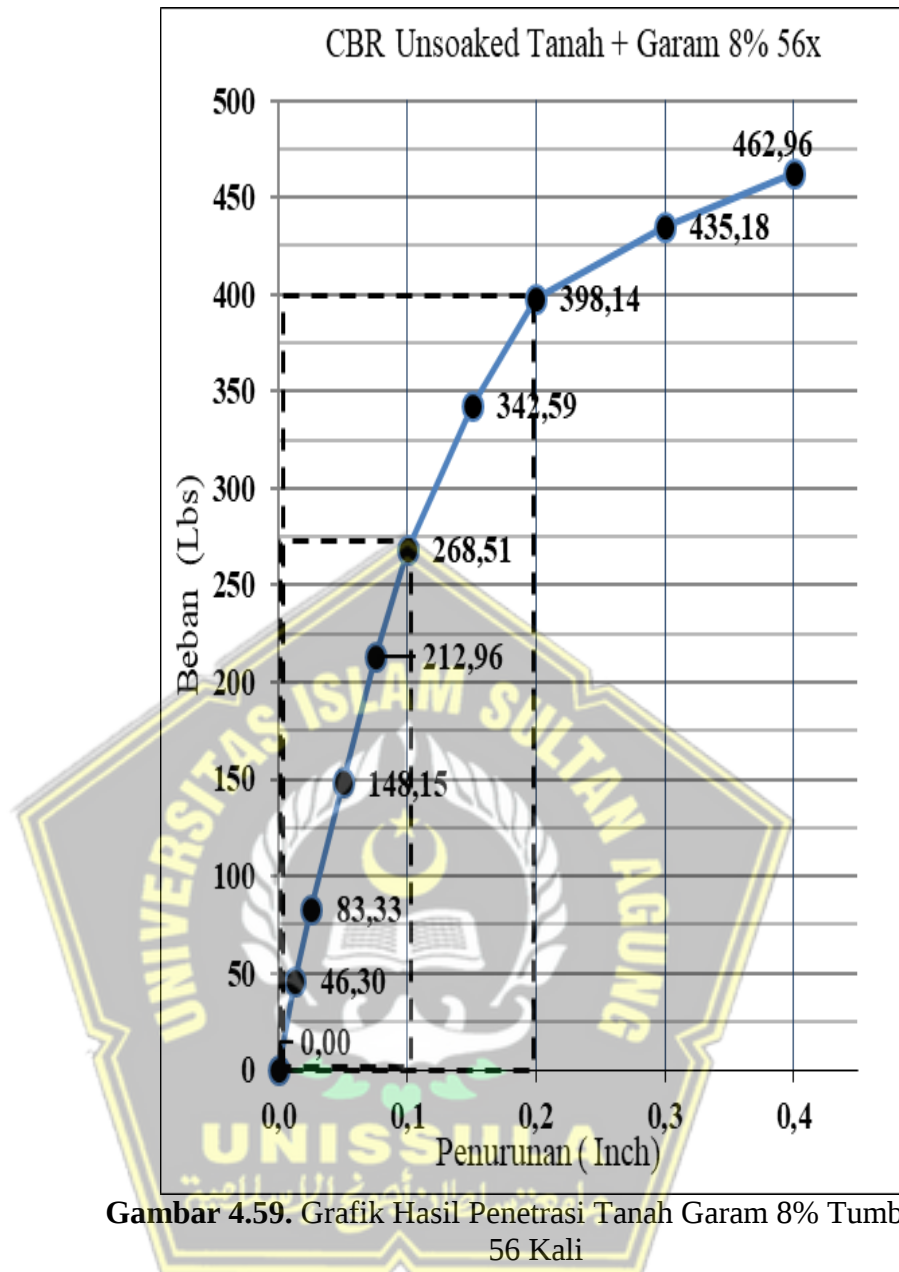
Gambar 4.57. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik di atas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 212,96 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 314,81 lbs”.



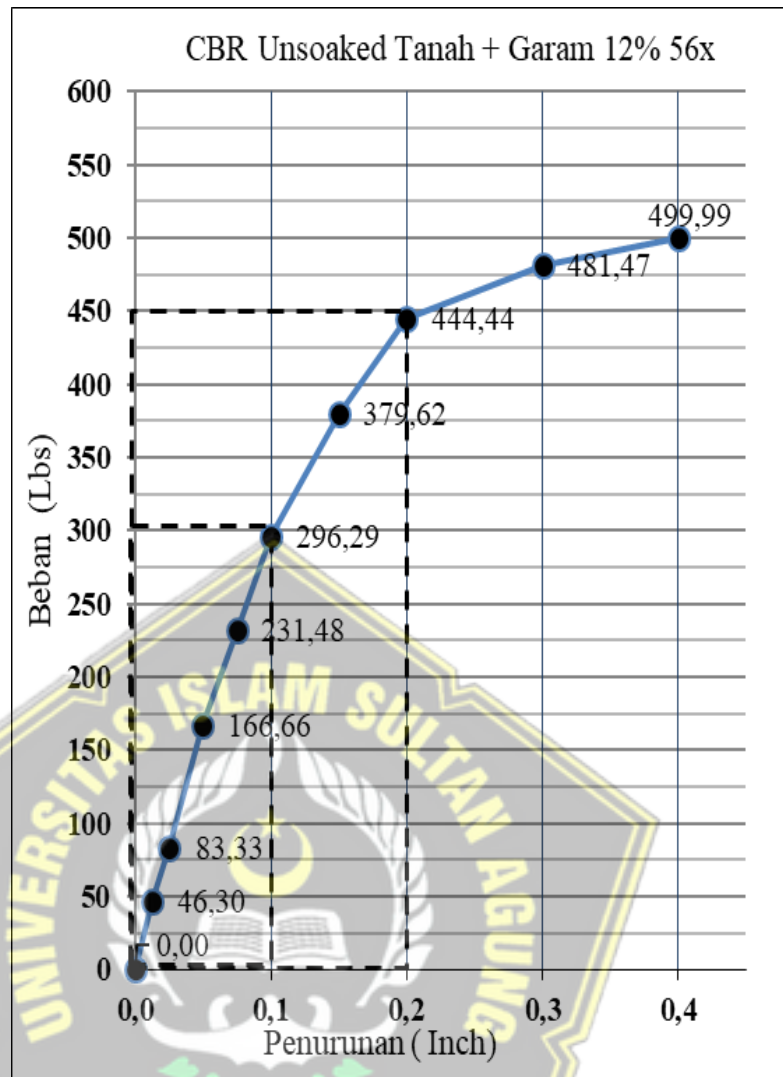
Gambar 4.58. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam 4% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 240,74 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 351,85 lbs, terdapat kenaikan dari pengujian tanah asli pada 0,1 dan 0,2 inch”.



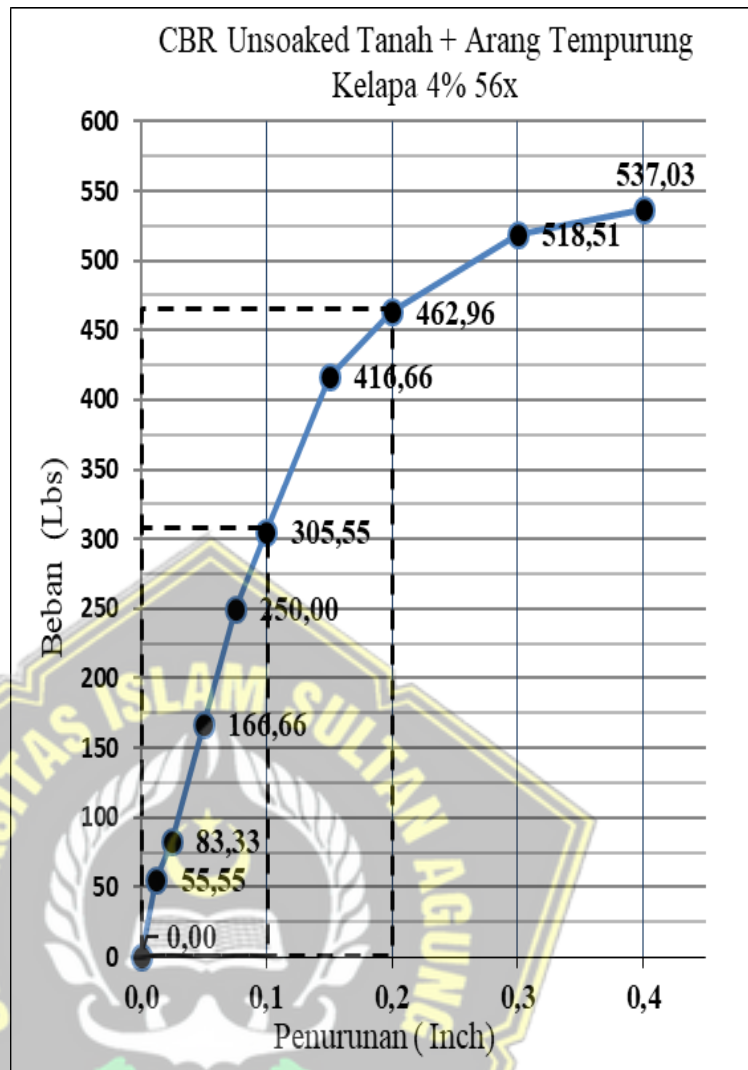
Gambar 4.59. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Garam 8% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik di atas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 268,51 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 398,14 lbs, terjadi peningkatan pada campuran garam 8%, dikedua dial”.



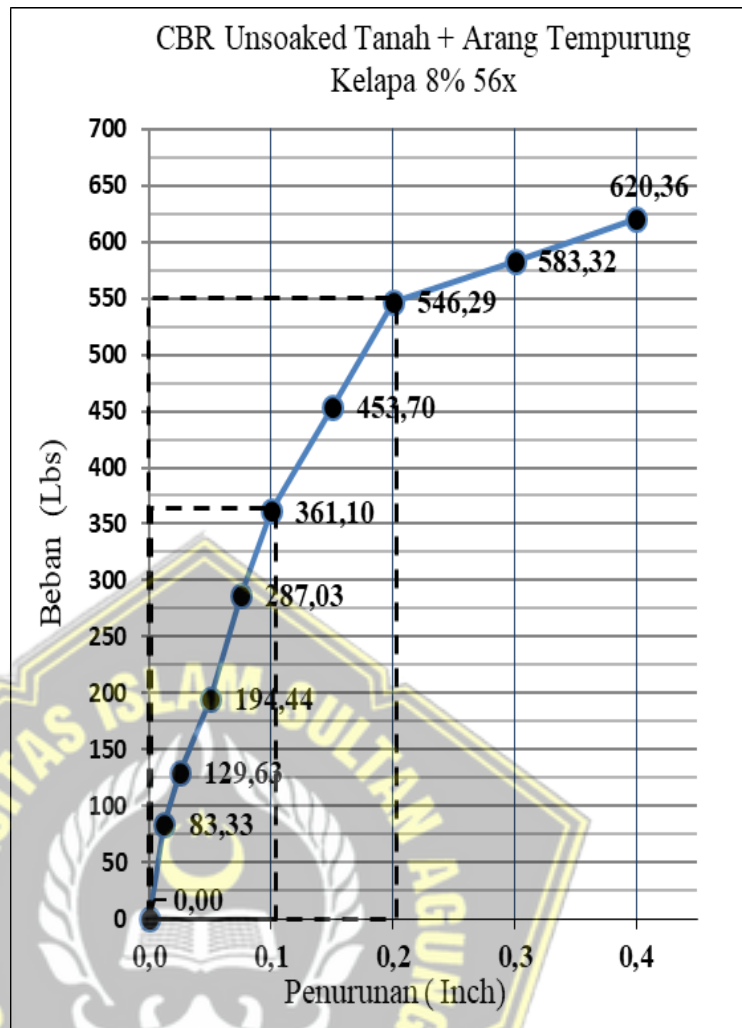
Gambar 4.60. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Garam12% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 268,51 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 416,66 lbs, terjadi peningkatan pada campuran garam12%, dikedua dial”.



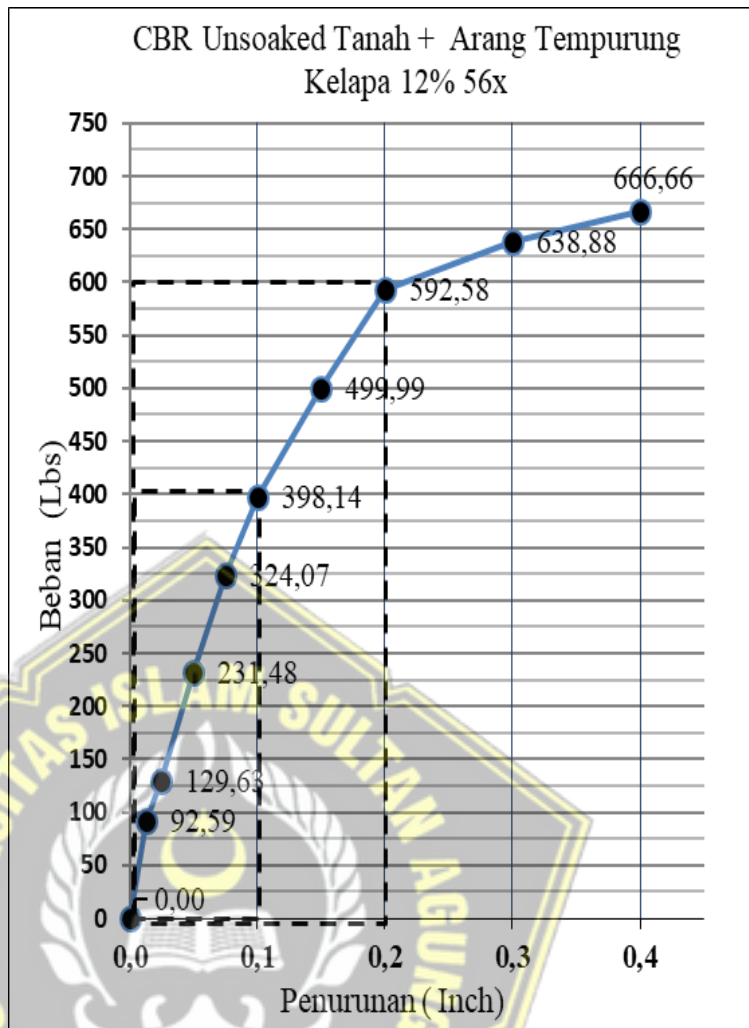
Gambar 4.61. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 4% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 305,55 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 462,96 lbs, terdapat kenaikan dari pengujian tanah asli pada 0,1 dan 0,2 inch”.



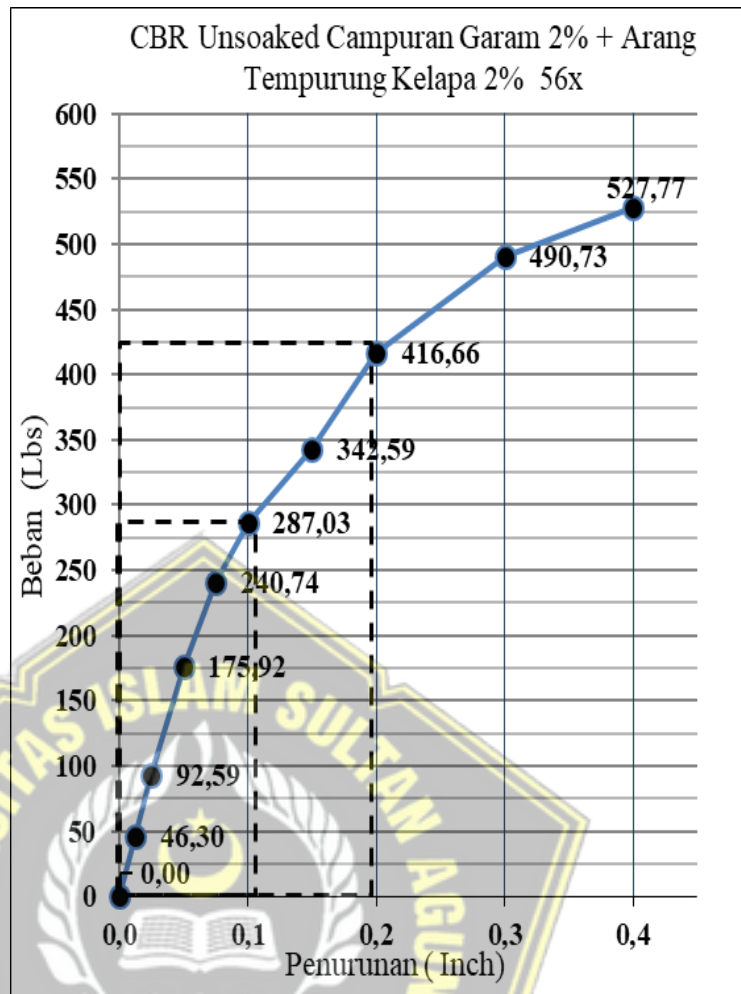
Gambar 4.62. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 8% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 361,10 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 546,29 lbs, terjadi peningkatan pada campuran arang tempurung kelapa 8%, dikedua dial”.



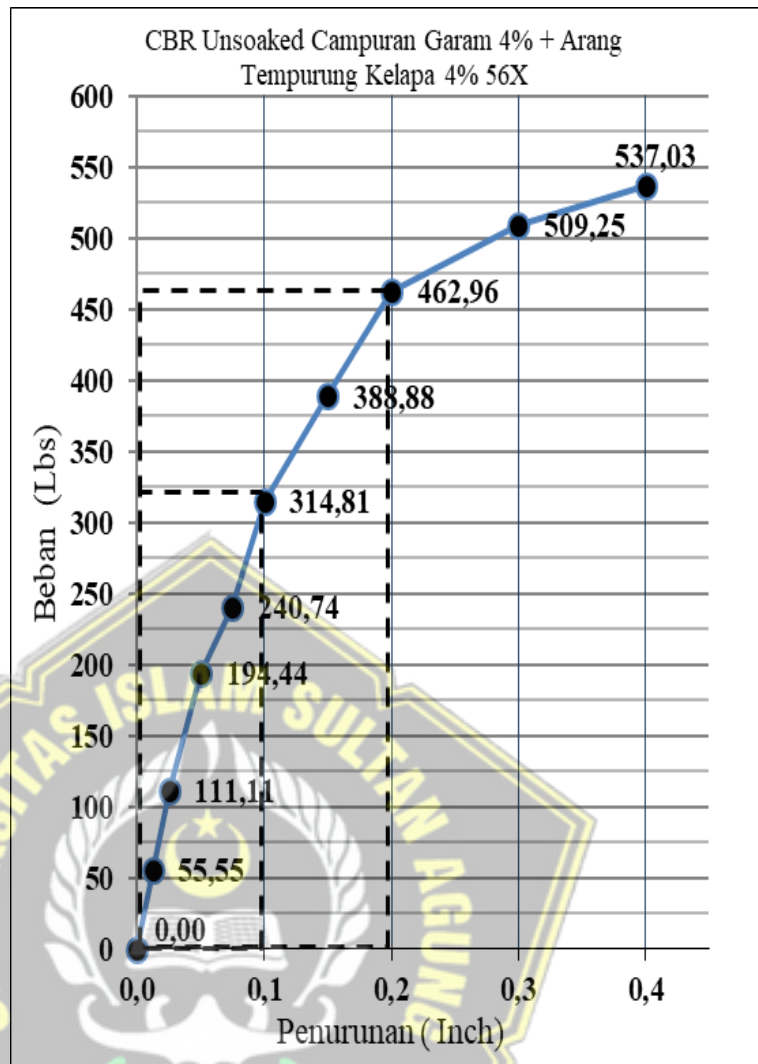
Gambar 4.63. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Arang Tempurung Kelapa 12% Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 398,14 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 592,58 lbs, terjadi peningkatan pada campuran arang tempurung kelapa 12%, dikedua dial”.



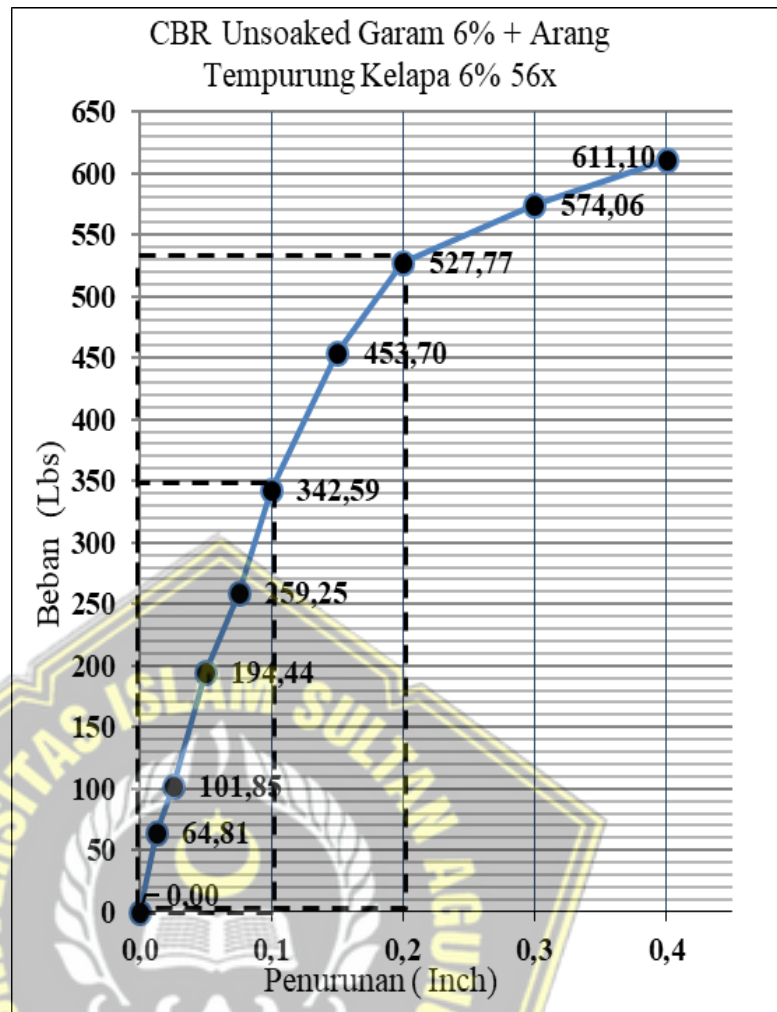
Gambar 4.64. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (4%) Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 287,03 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 416,66 lbs, terdapat kenaikan dari pengujian tanah asli pada 0,1 dan 0,2 inch”.



Gambar 4.65. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (8%) Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 314,81 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 462,96 lbs, terjadi peningkatan pada campuran garamditambah arang tempurung kelapa 8%, dikedua dial”.



Gambar 4.65. Grafik Hasil Penetrasi Tanah Campuran Garam ditambah Arang Tempurung Kelapa (12%) Tumbukan 56 Kali

Berdasarkan grafik diatas “menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 268,51 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 407,40 lbs, terjadi peningkatan pada campuran garamditambah arang tempurung kelapa 8%, dikedua dial”.

Berdasarkan hasil data “penetrasi tanah asli dan tanah campuran garam, arang tempurung kelapa dan garam ditambah arang tempurung kelapa, maka dapat diketahui harga CBR dari setiap sampel melalui perhitungan”.

Berikut akan dijelaskan contoh perhitungan sampel tanah asli.

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

$$\begin{aligned} \text{CBR (\%)} &= \frac{P_1}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{157,40}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= 5,25\% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{CBR (\%)} &= \frac{P_2}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{268,51}{4,5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 5,97\% \end{aligned}$$

Keterangan :

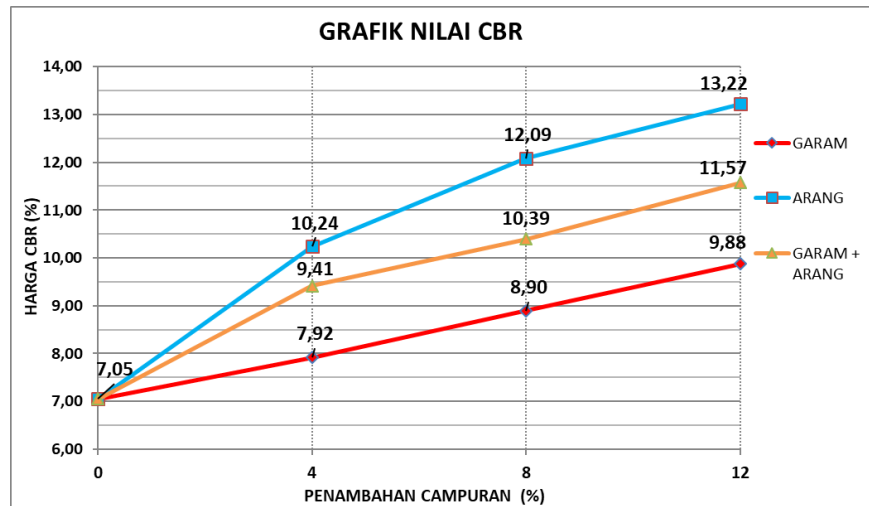
P1 = tekanan uji pada penetrasi 0,1" (g/cm³)

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

Setelah semua data diolah seperti contoh diatas, maka diperoleh hasil perhitungan seperti pada **Tabel 4.41**.

Tabel 4.41. Harga CBR (*Unsoaked*) Tanah Asli dan Campuran

Sampel	Beban Atas Koreksi		Harga CBR		
	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	(%)
0%	212,96	314,81	7,1	7	7,05
Campuran Garam					
4%	240,74	351,85	8,02	7,82	7,92
8%	268,51	398,14	8,95	8,85	8,9
12%	296,29	444,44	9,88	9,88	9,88
Campuran Arang					
4%	305,55	462,96	10,19	10,29	10,24
8%	361,1	546,29	12,04	12,14	12,09
12%	398,14	592,58	13,27	13,17	13,22
Campuran Garam + Arang					
2% + 2%	287,03	416,66	9,57	9,26	9,41
4% + 4%	314,81	462,96	10,49	10,29	10,39
6% + 6%	342,59	527,77	11,42	11,73	11,57

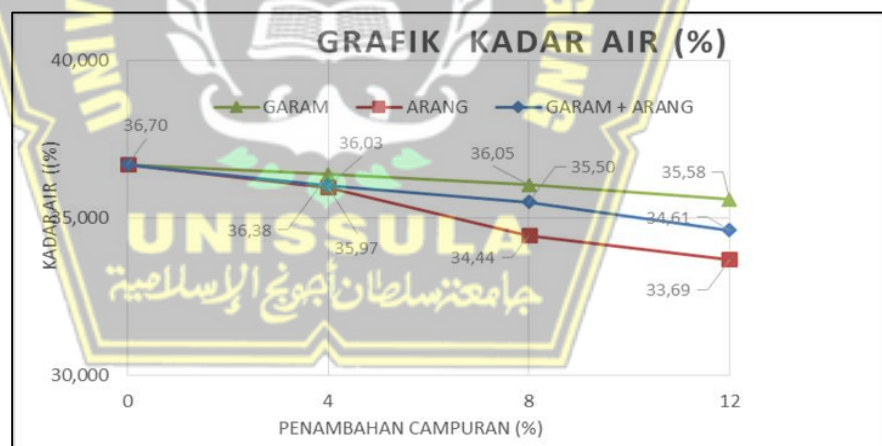


Gambar 4.67. Grafik nilai CBR

Berdasarkan grafik di atas maka “dapat diketahui bahwa penambahan campuran arang tempurung kelapa dapat menaikkan harga CBR maksimal di campuran 12% yaitu 13,22%”.

4.2 Akhir Pembahasan

4.2.1. Kadar air

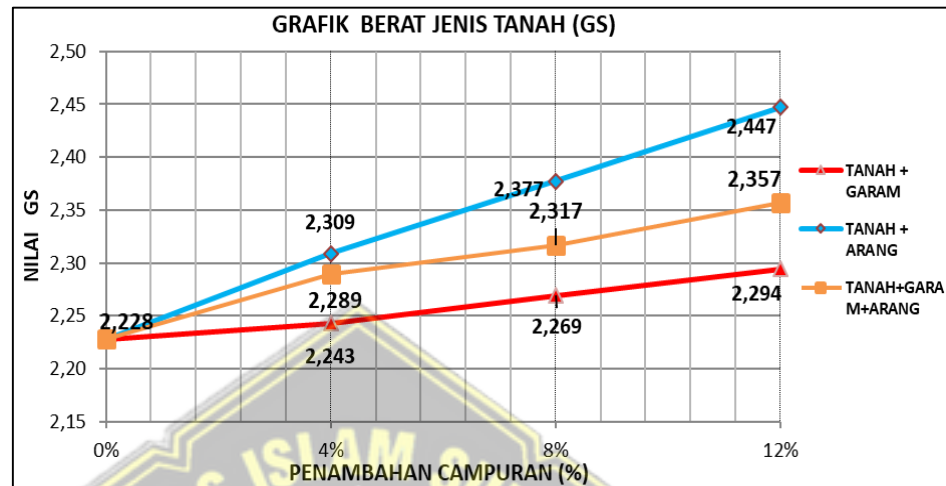


Gambar 4.68. Grafik Hasil Perhitungan Kadar Air

Dari hasil pengujian kadar air dapat disimpulkan “pada presentase 0% yaitu sebesar 45,14% lalu pada campuran abu sekam padi, campuran arang tempurung kelapa dan campuran keduanya terjadi penurunan secara linier, hal ini disebabkan karena kandungan kadar air dalam abu sekam padi dan arang tempurung kelapa rendah, jadi

semakin banyak presentase campurannya maka semakin rendah kadar air”.

4.2.2. Berat Jenis Tanah (Gs)



Gambar 4.69. Grafik Hasil Perhitungan Berat Jenis

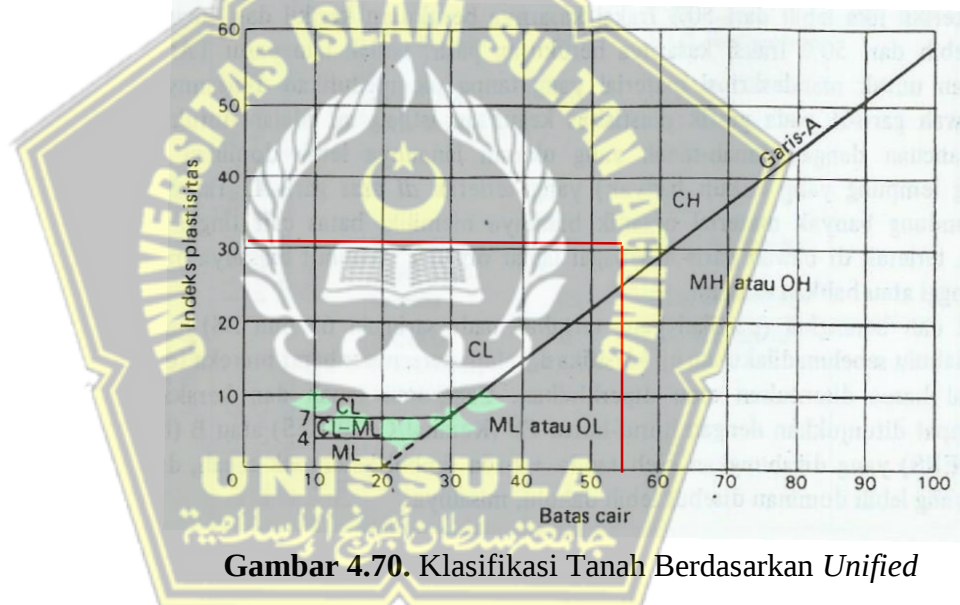
Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa “semakin besar campuran maka semakin turun nilai Gs yang terkandung dalam tanah campuran garam (NaCl), arang tempurung kelapa dan campuran keduanya”. Kandungan berat jenis tanah asli yang telah diuji sebesar 2,408 dan kandungan pada tanah yang telah dicampuri mengalami penurunan, dikarenakan berat jenis butiran baik campuran garam, arang tempurung kelapa, dan keduanya kecil. “Hal ini bisa disimpulkan bahwa semakin besar prosentase campuran maka semakin menurun juga berat jenis tanahnya”.

4.2.3. Analisa Butiran Tanah (Sieve Analysis)

Data-data sampel “tanah dari Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah yang telah diuji di laboratorium geoteknik Universitas Islam Sultan Agung, yang selanjutnya akan diklasifikasi untuk mengetahui jenis tanahnya, Dalam pengujian ini klasifikasi tanah yang digunakan hanya dua sistem, yaitu sitem klasifikasi Unified dan sistem klasifikasi AASHTO”.

4.2.3.1. Sistem Kllasifikasi *Unified soil Classification System (USCS)*

Dari hasil pengujian sampel tanah di laboratorium diketahui “presentase yang lolos saringan No. 200 sebesar 92,13% yang berarti lebih besar dari 50%, maka menurut sistem *Unified* tanah yang diuji masuk kedalam golongan tanah berbutir halus”. Hasil dari pengujian Atterberg, “didapat LL tanah asli sebesar 54,32% sehingga $LL > 50\%$ termasuk kedalam golongan MH, CH dan OH, Sedangkan nilai IP yang didapat dari hasil perhitungan sebesar 30,53%”. Hasil LL dan IP yang telah didapat kemudian diplotkan ke dalam grafik plastisitas sistem *Unified* pada **Gambar 4.70**.



Gambar 4.70. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified*

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa “garis merah berada di bawah garis A yang menempati zona CH, Karena hasil $LL > 50\%$ sehingga dapat diketahui jenis tanah dari Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (High-plasticity)”.

4.2.3.2. Sistem Klasifikasi AASHTO

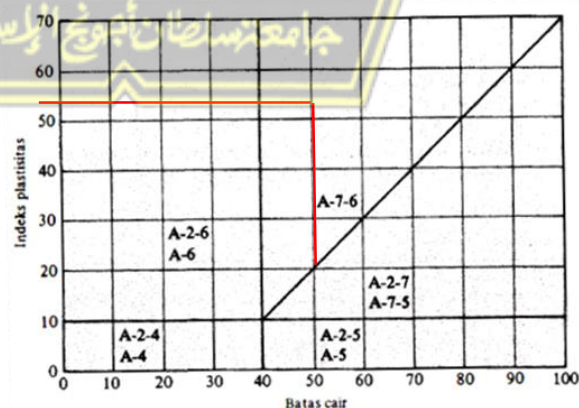
Dari hasil pengujian sampel tanah di laboratorium dapat diklasifikasikan “sesuai dengan sistem klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO, Penyelesaian dari sistem AASHTO adalah sebagai berikut”:

- a. $F = 98,84\%$, “karena sampel yang lolos ayakan No. 200 lebih dari 35%, maka tanah tersebut termasuk dalam jenis tanah lanau atau lempung”.
- b. Nilai “ $LL = 54,32\%$, dengan nilai $LL > 50\%$ kemungkinan dapat dikelompokkan ke dalam A-7-5 atau A-7-6 dengan batas minimum 41%”.
- c. Nilai “ $IP = 30,53\%$, untuk kelompok A-7-5 atau A-7-6 memiliki batas minimum 11%”.

Untuk menentukan suatu klasifikasi tanah masuk kedalam kelompok A-7-5 atau A-7-6 dapat ditentukan:

- a. Kelompok “A-7-5, apabila nilai $PI \leq LL - 30\%$ ”.
- b. Kelompok “A-7-6, apabila nilai $PI > LL - 30\%$ ”.

Nilai “ $LL - 30 = 24,32\%$, sehingga $PI \leq LL - 30\%$ maka tanah diklasifikasikan pada A-7-5. Apabila diplotkakan ke dalam grafik plastisitas sistem klasifikasi AASHTO”, diperoleh hasil seperti pada **Gambar 4.71**.



Gambar 4.71. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Berdasarkan gambar grafik di atas, “terlihat bahwa garis merah berada di dalam kelompok A-7-6 yang berarti tanah

tersebut berupa tanah lempung dengan sifat plastis dan mempunyai sifat perubahan volume cukup besar”. Nilai indeks kelompok dapat dihitung dengan rumus:

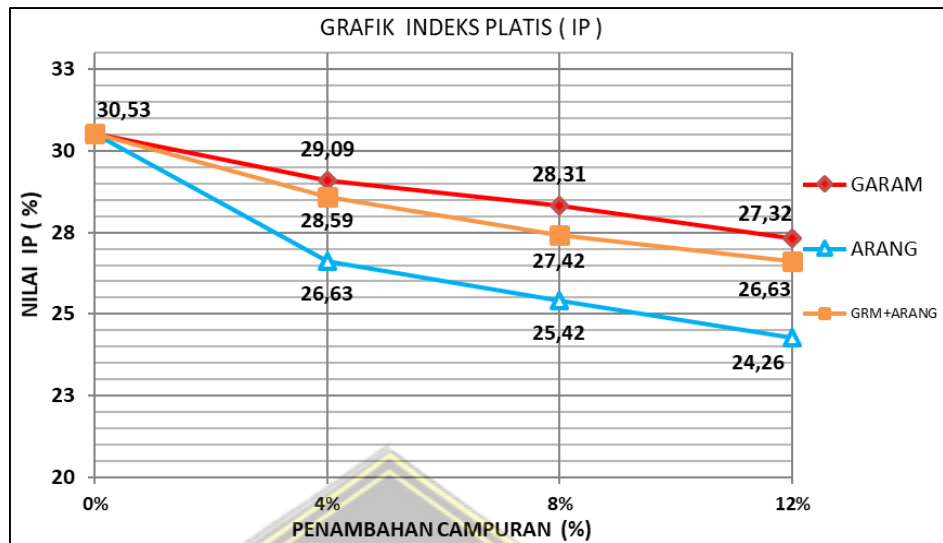
$$\begin{aligned} GI &= "(F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \\ &= (98,42 - 35) [0,2 + 0,005 (54,32 - 40)] + 0,01 (98,42 - 15) (30,53 - 10)" \\ &= 82,87 \approx 83 \end{aligned}$$

Dari perhitungan “nilai indeks diperoleh angka indeks sebesar 83, maka semakin besar nilai indeks kelompoknya semakin kurang baik tanah tersebut digunakan dalam sebuah pembangunan”.

Jadi, “berdasarkan hasil grafik pada **Gambar 4.71** menunjukkan bahwa sampel tanah dari Desa Mlilir Kecamatan Gubug Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah diklasifikasikan ke dalam kelompok A-7-6(83)”.

4.2.4. *Atterberg*

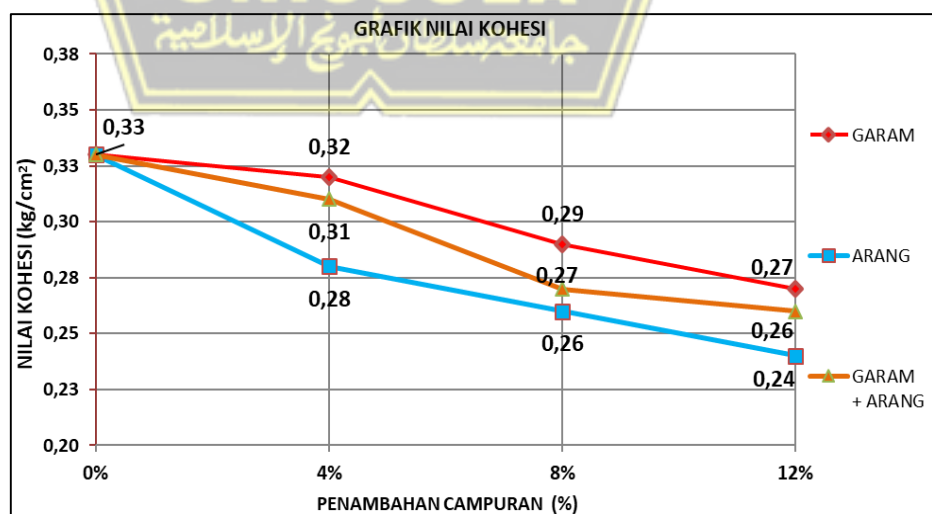
Berdasarkan hasil uji *atterberg* dapat diketahui “indeks plastisitas tanah asli dengan nilai 30,53%”. Setelah dicampuri dengan garam (NaCl), arang tempurung kelapa dan campuran keduanya indeks pastisitas menurun secara konstan. “Hal ini menunjukkan bahwa pencampuran garam (NaCl), arang tempurung kelapa dan campuran keduanya dapat menurunkan nilai indeks plastisitas pada tanah asli”.



Gambar 4.72. Grafik Hasil Perhitungan *Atterberg*

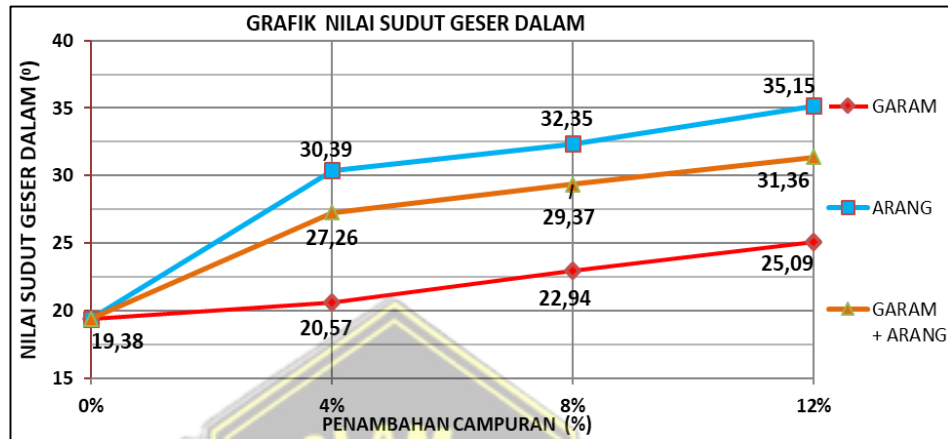
Berdasarkan hasil uji *atterberg* dapat diketahui “indeks plastisitas tanah asli sangat tinggi dengan nilai 42,53%, Setelah dicampuri dengan garam, arang tempurung kelapa dan campuran keduanya indeks pastisitas menurun secara konstan., dan hal Itu menunjukkan bahwa pencampuran garam, arang tempurung kelapa dan campuran keduanya dapat menurunkan nilai indeks plastisitas pada tanah asli”.

4.2.5. *Direct Shear*



Gambar 4.73. Grafik Hasil Perhitungan Kohesi

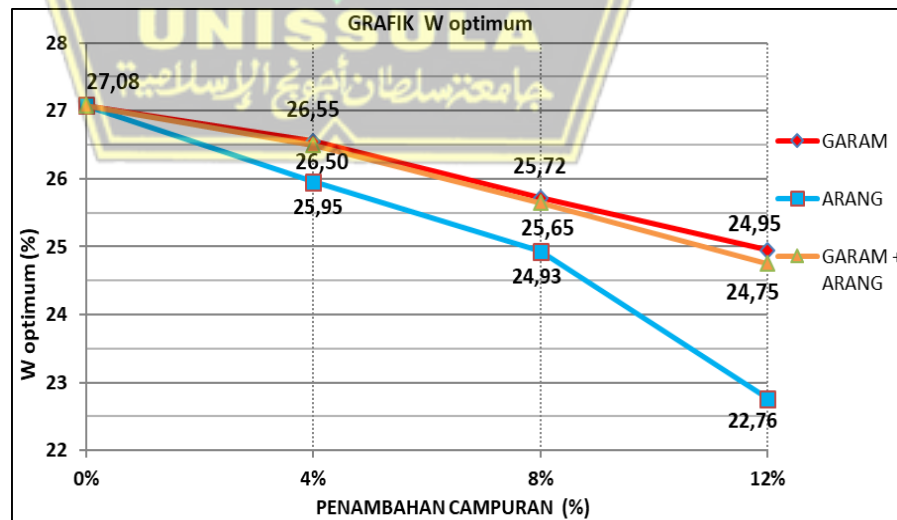
Dari hasil uji *direct shear* nilai kohesi tanah campuran garam, campuran arang tempurung kelapa, dan keduanya mengalami penurunan. Serta didapat nilai optimum pada pencampuran arang tempurung kelapa prosentase 12 % sebesar 0,24 kg/cm².



Gambar 4.74. Grafik Hasil Perhitungan Sudut Geser Dalam

Sedangkan, pada sudut geser dalam mengalami kenaikan pada campuran garam, campuran arang tempurung kelapa dan keduanya. Dari hasil tersebut “didapat nilai paling optimum pada tanah dengan campuran arang tempurung kelapa dengan prosentase 12% yaitu sebesar 35.15”.

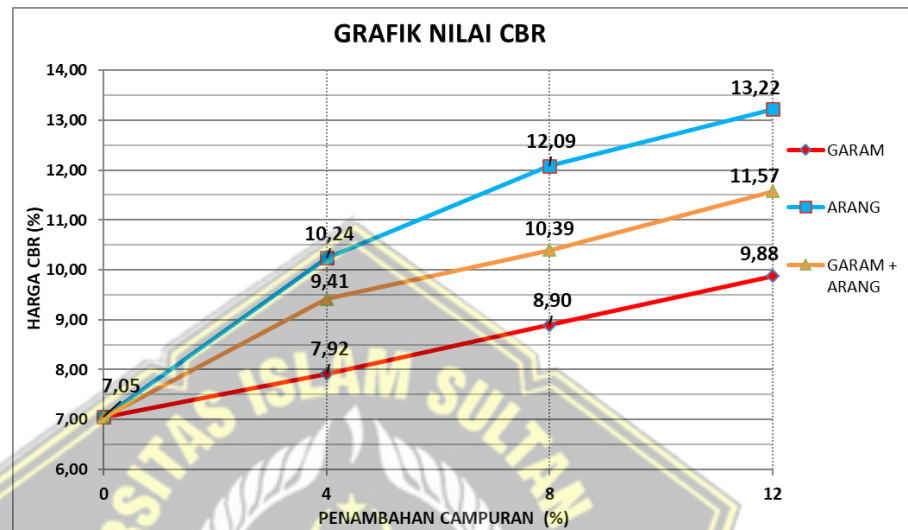
4.2.6 Proktor Standar



Gambar 4.75. Grafik Hasil Perhitungan Pemadatan Tanah

Dari grafik hasil pemadatan tanah dengan proktor standard di atas diketahui bahwa kadar air paling optimum terdapat pada campuran arang tempurung kelapa 12%.

4.2.7 CBR (*Unsoaked*)



Gambar 4.76. Grafik Hasil Perhitungan CBR

Berdasarkan grafik diatas “maka dapat diketahui bahwa penambahan campuran garam, arang tempurung kelapa dan campuran keduanya dapat menaikkan harga CBR tanah asli, Nilai CBR maksimal di campuran arang tempurung kelapa 12% yaitu 13,22 %”.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sampel tanah dalam Tugas Akhir ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tanah yang digunakan sampel dari Desa Mlilir, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah ini klasifikasi menurut USCS merupakan jenis tanah lempung dengan plastisitas tinggi (*High plasticity*) dan klasifikasi menurut AASHTO termasuk tanah A-7-6 yaitu tanah berlempung sedang sampai buruk .
2. Pengaruh penambahan garam

Tabel 5.1. Pengaruh Penambahan Garam

Campuran	Kadar air (%)	Kohesi	Sudut geser dalam	Indeks Plastisitas (%)	Nilai CBR
Tanah asli	36,70	0,33	19,38	30,53	7,05
4%	36,38	0,32	20,57	29,09	7,92
8%	36,05	0,29	22,94	28,31	8,90
12%	35,58	0,27	25,09	27,32	9,88

prosentase maksimum dari pencampuran garam tersebut terletak pada pencampuran 12% dengan nilai CBR 9,88%

3. Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa

Tabel 5.2. Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa

Campuran	Kadar air (%)	Kohesi	Sudut geser dalam	Indeks Plastisitas (%)	Nilai CBR
Tanah asli	36,70	0,33	19,38	30,53	7,05
4%	35,97	0,28	30,39	26,63	10,24
8%	34,44	0,26	32,35	25,42	12,09
12%	33,69	0,24	35,13	24,26	13,22

Prosentase maksimum dari pencampuran arang tempurung kelapa ini terletak pada pencampuran 12% dengan nilai CBR 13,22%.

4. Pengaruh penambahan garam dan arang tempurung kelapa.

Tabel 5.3. Pengaruh Penambahan Garam dan Arang Tempurung Kelapa

Campuran	Kadar air (%)	Kohesi	Sudut geser dalam	Indeks Plastisitas (%)	Nilai CBR
Tanah asli	36,70	0,33	19,38	30,53	7,05
4%	36,03	0,31	27,26	28,59	9,41
8%	35,50	0,27	29,37	27,42	10,39
12%	34,61	0,26	31,36	26,63	11,57

Prosentase maksimum dari pencampuran garam dan arang tempurung kelapa ini terletak pada pencampuran 12% dengan nilai CBR 11,57%.

5. Diantara pencampuran yang sudah kami lakukan campuran dan prosentase yang maksimal memberikan kenaikan stabilitas tanah pada campuran arang tempurung kelapa 12% dengan sudut geser dalam 35,13, indeks plastisitas 24,26 dan nilai CBR 13,22% . Dengan alasan, nilai CBR pada campuran arang tempurung kelapa 12% nilainya paling tinggi diantara campuran lainya .

5.2 Saran

1. Perbanyak jumlah sampel dengan prosentase yang berbeda dan selisih yang tidak jauh, untuk dapat melihat perbandingan perubahan yang terjadi dalam pencampuran yang digunakan .
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk prosentase campuran arang tempurung kelapa yang lebih banyak guna untuk mencari nilai tertinggi untuk digunakan sebagai tanah dasar .
3. Melakukan pengujian di laboratorium dengan lebih teliti dan hati-hati serta sesuai prosedur yang benar, agar mendapatkan hasil yang lebih tepat .

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, T.J., 2002, “*Pengaruh Pencampuran Abu Sekam Padi dan Kapur untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif*, Universitas Kristen Petra”.
- Balamba, S., B.A. Oktavian, 2015, “*Pengaruh Bahan Campuran Arang Tempurung Kelapa Terhadap Konsolidasi Skunder Lempung Ekspansif*, Jurnal Sipil Statik”.
- Bowles J., 1984, “*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi Kedua*, Penerbit Erlangga, Jakarta”.
- Bowles J., 1993, “*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi Keempat*, Penerbit Erlangga, Jakarta”.
- Bowles, E. J. & Henlim, J. K., 1991, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Chen, F. H., 1975, 1988, *Foundation of Expansive Soils*, American Elsevier Science Publication, New York.
- Craig, B. M., 1991, *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1995, *The Principle of Geotechnical Engineering (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1998, *Mekanika Tanah, Jilid I*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah 1*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 1999, *Mekanika Tanah 1*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, G. C., 2002, *Mekanika Tanah Jilid 1*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2014, *Tanah Ekspansif*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Herman, Joeta Wily. 2015, *Pengaruh Garam Dapur (NaCl) Terhadap Kembangsusut Tanah Lempung*. Jurnal Momentum.
- Ingles, O. G. dan Metclaf, J. B., 1972, *Soil Stabilization*, Butterworths, Sydney. Ismail, M. S. dan Waliuddin, A. M., 1996, *Effect of Rise Husk Ash on High Strength Concret*. Construction and Building Materials.
- K.R. Reffanda, Purwanto Herri, Adiguna Aduguna, 2019, *Pengaruh Penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Di Daerah Makarti Jaya*, Jurnal Deformasi Program Studi Teknik Sipil Univ. PGRI Palembang.
- Manoppo, Fabian, 2013, *Perilaku Tanah Expansif Terhadap Daya Dukung*, Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Punmia, D. B. C., 1981, *Soil Mechanics and Foundation*, Standard Book House, Delhi.
- Pratikso, 2014, *Topik Khusus Geoteknik*, Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Pratikso, 2008, *Mekanika Tanah I*, Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Soedarsono, D.U., 1985. *Konstruksi Jalan Raya*, Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Sutanto, Rachman, 2005, *Dasar-dasar Ilmu Tanah Konsep dan Kenyataan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Terzaghi, K., 1991, *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta. Verhoef, P.N.W., 1994, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.
<http://slideplayer.info/slide/2815000/>

LAMPIRAN





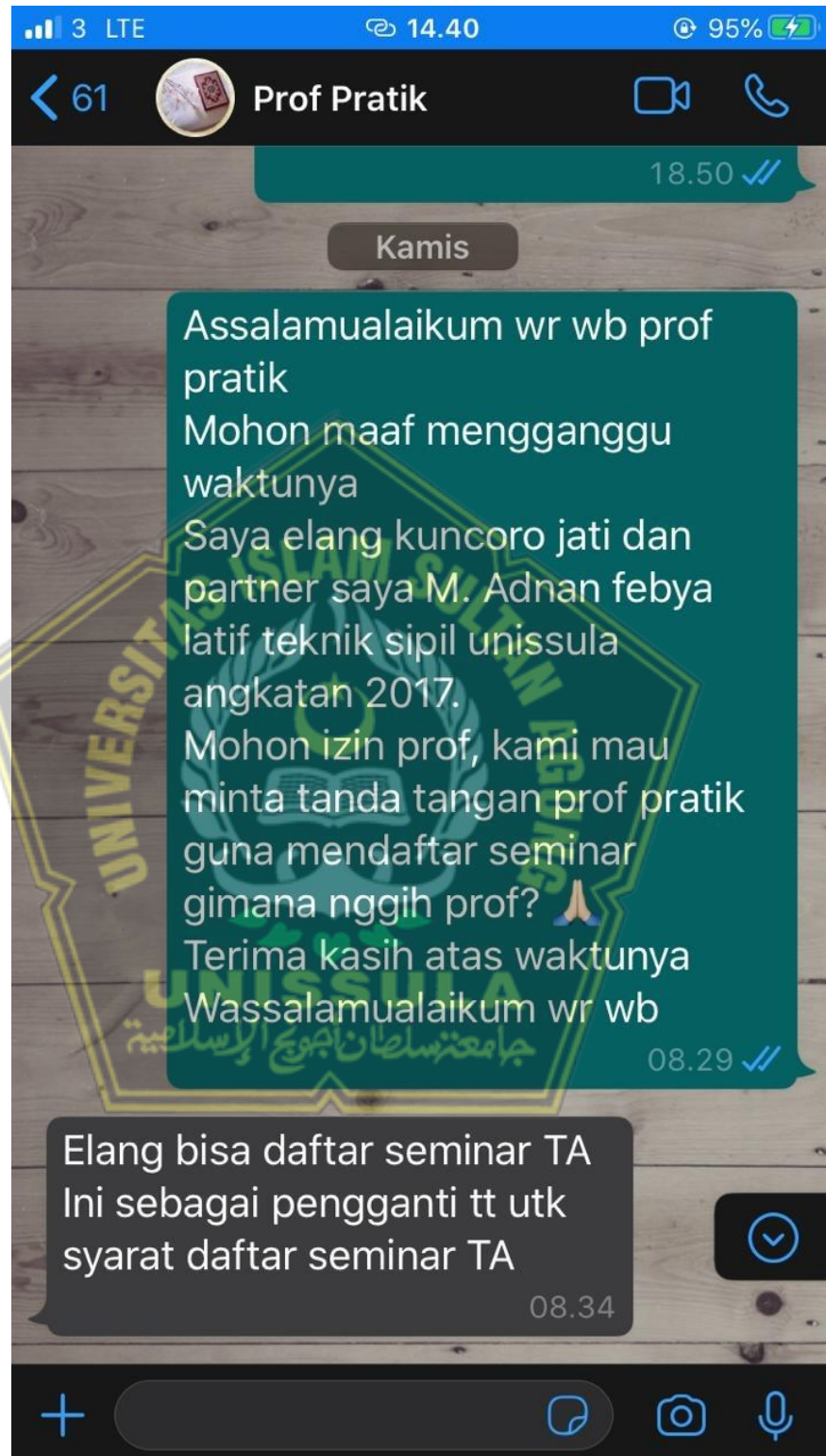


**LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR**



Nama : Elang Kuncoro Jati (30201700065)
 Muh. Adnan Febya Latif (30201700112)
 Dosen I : Prof. Ir. H. Pratikso, MST, Ph.D
 Dosen II : Dr. Ir. H. Soedarsono, Msi

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	5/6/2021	Pentuan Tema TA.	
2.	10/6/2021	- Mulai Susun Laporan.	
3.	22/6/2021	- Pembaca Paragraf Bab I dan Bab II - Susunan Sumber gambar - lanjut Bab III	
4.	4/7/2021	- Beri Nomor untuk tabel dan gambar. - Lanjut Bab IV	
5.	15/7/2021	- Tulis Penulisan Notasi - Cek notasi. - Lanjutkan Bab V	
6.	20/7/2021	- Bisa ditambah keterangan	
7.	21/7/2021	- ACC - Bisa mendaftar Seminar TA.	





LEMBAR ASISTENSI LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Elang Kuncoro Jati (30201700065)
 Muh. Adnan Febya Latif (30201700112)
 Dosen I : Prof. Ir. H. Pratikso, MST, Ph.D
 Dosen II : Dr. Ir. H. Soedarsono, Msi

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	7/6/2021	Pengajuan Konsep dan Judul.	
2.	10/6/2021	- Pembacaan Penulisan Paragraf - Bab I - Bab II - Pembacaan Penulisan Nota - Perbaiki referensi, jumlah - Rapikan tabel dan gambar	
3.	25/6/2021	- Rapikan Penulisan bab III - Urutkan nomor urut dan gambar.	
4.	4/7/2021	- Gambar grafik bab IV - di Perbaiki - Penulisan nota - Cek margin - Teliti Penulisan - Lanjutkan Bab V	
5.	20/7/2021	- Bab V ditambahkan kelengkapan	
6.	21/7/2021	- Bisa mendapatkan Seminar T.A.	



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

Rabu
28 Juli 2021
15.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Garam (NaCL) Dan Arang Tempurung Kelapa

1	Elang Kuncoro Jati	30201700065	1	
2	Muh Adnan Febya Latif	30201700112	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Prof. Ir. H. Pratikso,MST,Ph.D	1
2	Dr. Ir. H. Soedarsono,Msi	2
3	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	3

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M. Rusli Arif, 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 Khalifa Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
15.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Garam (NaCL) Dan Arang Tempurung Kelapa

1	Elang Kuncoro Jati	30201700065	1	
2	Muh Adnan Febya Latif	30201700112	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Prof. Ir. H. Pratikso, MST, Ph.D	
2	Dr. Ir. H. Soedarsono, Msi	
3	Dr. Abdul Rochim, ST, MT	



Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M. Rusli Ahyar, ST, M. Eng
NIK 210716089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp. (024) 5583584 (B.Sat) Fax. (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
15.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Garam (NaCl) Dan Arang Tempurung Kelapa
0
0
JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS
STABILIZATION OF CLAY USING SALT (NaCl) AND COCONUT SHELL CHARCOAL

1	Elang Kuncoro Jati	30201700065	1	
2	Muh Adnan Febya Latif	30201700112	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Prof. Ir. H. Pratikso, MST, Ph.D	1
2	Dr. Ir. H. Soedarsono, Msi	2
3	Dr. Abdul Rochim, ST, MT	3

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M. Rusli Ajiyar, ST, M. Eng
NIK-210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50132 Telp. (021) 6583504 (0 50) Fax (021) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 47 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Rabu Tanggal 28 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1. Nama	Elang Kuncoro Jati	30201700065
2. Nama	Muh Adnan Febya Latif	30201700112

Judul TA Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Garam (NaCl) Dan Arang Tempurung Kelapa
0
0

Dengan Hasil

Baik (segera perbaiki revisi)

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

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. H. Pratikso, MST, Ph.D

Dr. Ir. H. Soedarsono, Msi

Dr. Abdul Rochim, ST, MT

Mengesahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil
UNISSULA
M. Rully Ahwa, ST, M. Eng

UNISSULA

جامعة سلطان أبوبوع الإسلامية



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp: (024) 6583584 (024) 6583555
email: informasi@unissula.ac.id web: www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari : Rabu
Tanggal : 28 Juli 2021
Tempat :

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1	Mohammad Asyrofi	30201700104	1
2	M. Kurniawan Syah Pratama	30201700100	2
3	M. Alim Al Amien	30201700118	3
4	M. Faqih Assidqi	30201700121	4
5	Farikha Aji W	30201700067	5
6	Maulana Rama. A	30201700098	6
7	M. Fiko Prameswara	30201700123	7
8			8
9			9
10			10
11			11
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20
DOSEN PENGUJI		MENGETAHUI	DOSEN PENGUJI



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

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Elang Kuncoro Jati (30201700065)
Muh. Adnan Febya Latif (30201700012)
Hari / Tanggal : Rabu, 28 Juli 2021
Judul TA : Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan
Campuran Garam (NaCl) dan Arang
Tempurung Kelapa.

NO	
1	Perbaiki Abstrak, tidak perlu mematai Judul.
2	Gambar grafik 4.10 sampai 4.12 di ubah menjadi grafik yang lebih ringkas.
3	Tambahkan Satuan pada setiap grafik.
4	Penjelasan Ciri-ciri Tanah ekspansif.
5	

DOSEN PENGUJI

Dr. Abdul Rochim, ST, MT

STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN CAMPURAN GARAM (NaCl) DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

12%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	9%
2	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
3	www.hybrid-analysis.com Internet Source	1%
4	eprints.uny.ac.id Internet Source	1%
5	dspace.uui.ac.id Internet Source	<1%
6	physionet.org Internet Source	<1%
7	media.neliti.com Internet Source	<1%
8	jurnal.univpgri-palembang.ac.id Internet Source	<1%
9	123dok.com Internet Source	<1%

10	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
11	journal.uui.ac.id Internet Source	<1 %
12	www.scribd.com Internet Source	<1 %
13	apps.dtic.mil Internet Source	<1 %
14	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
15	id.123dok.com Internet Source	<1 %
16	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
17	Submitted to UIN Sultan Syarif Kasim Riau Student Paper	<1 %
18	repository.unri.ac.id Internet Source	<1 %
19	docplayer.info Internet Source	<1 %
20	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
21	zombiedoc.com Internet Source	<1 %

22	journal.islamiconomic.or.id Internet Source	<1 %
23	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
24	riuma.uma.es Internet Source	<1 %
25	www.coll.mpg.de Internet Source	<1 %
26	repository.usta.edu.co Internet Source	<1 %
27	O Sahara, Y Apriyanti, F Fahriani. "Analysis of shear strength clay using coconut shell charcoal powder as stabilization material", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020 Publication	<1 %
28	es.scribd.com Internet Source	<1 %
29	medrehab.sbm.u.ac.ir Internet Source	<1 %
30	www.slideshare.net Internet Source	<1 %