

TUGAS AKHIR
PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN
PEMANFAATAN LIMBAH RUMAH TANGGA

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Program
Sarjana Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh:

Hakim Ageng Rajasa Putra
NIM: 30202000083

Jauhara Gilang Praditya
NIM: 30202000090

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2024

TUGAS AKHIR
PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN
PEMANFAATAN LIMBAH RUMAH TANGGA

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Program
Sarjana Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh:

Hakim Ageng Rajasa Putra
NIM: 30202000083

Jauhara Gilang Praditya
NIM: 30202000090

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2024

LEMBAR PENGESAHAN

PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN PEMANFAATAN
LIMBAH RUMAH TANGGA



Hakim Ageng Rajasa P
NIM : 30202000083



Jauhara Gilang P
NIM : 30202000090

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Juli 2024

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Rifqi Briliyant Arief, ST., MT**
NIDN: 0622057701
2. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng**
NIDN: 0631128901
3. **Eko Muliawan Satrio, ST., MT**
NIDN: 06101181011

Ketua Program Studi
Teknik Sipil Fakultas
Teknik
Universitas Islam Sultan Agung


Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

NO SK. 05 / A.2 / SA - T / VI / 2024

Pada hari ini tanggal .../.../2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Rifqi Briliyant Arief, ST., MT
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Hakim Ageng Rajasa Putra
NIM : 30202000083

Jauhara Gilang Praditya
NIM : 30202000090

Judul : Perbaikan Tanah Lempung Lunak Dengan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga. Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	21. Maret 2024.	Acc
2	Seminar Proposal Pengumpulan	6 Mei 2024.	
3	data	30 Mei 2024.	
4	Analisis data	16 Juni 2024.	Acc
5	Penyusunan laporan Selesai	30 Juli 2024.	
6	laporan	12. Agustus 2024.	

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Dr. Rifqi Briliyant Arief, ST., M.T

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA: Hakim Ageng Rajasa Putra
NIM : 30202000083
2. NAMA: Jauhara Gilang Praditya
NIM : 30202000090

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul: **PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH RUMAH TANGGA**

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

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,



Hakim Ageng Rajasa Putra
30202000083

Jauhara Gilang Praditya
30202000090

PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Hakim Ageng Rajasa Putra

NIM : 30202000083

2. NAMA : Jauhara Gilang Praditya

NIM : 30202000090

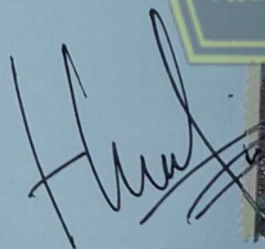
JUDUL TUGAS AKHIR: **PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH RUMAH TANGGA**

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


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

Demikian pernyataan ini kami buat.

Semarang, Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,



Hakim Ageng Rajasa Putra
30202000083



Jauhara Gilang Praditya
30202000090

MOTTO

“Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik”. (Q.S. Al Imron 110)

“Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya”. (Q.S. Yasin Ayat 40)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”(Q.S Ar Rahman Ayat 13)

“Tidak boleh mendengki kecuali terhadap dua hal; (terhadap) seorang yang Allah berikan harta lalu dia pergunakan harta tersebut di jalan kebenaran dan seseorang yang Allah berikan hikmah lalu dia mengamalkan dan mengajarkannya kepada orang lain”.(Hadits Shahih Al-Bukhari No. 71)

“Jangan merasa sedih jika kamu tidak diberi apa yang kamu harapkan. Karena mungkin apa yang tidak kamu harapkan adalah yang terbaik untukmu”. (Imam Syafi'i)

PERSEMBAHAN

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

1. Superhero dan panutanku, Ayahanda Drs. Suwarso A. saya berterimakasih yang sangat besar kepada beliau yang selalu menyemangati dan memenuhi kebutuhanku di saat kuliah.
2. Pintu surgaku. Yaitu Ibunda Ade Sari Dewi Irma Jaya, M.Pd. Tersayang. Beliau sangat berperan penting dalam menyelesaikan program study penulis, semangat, motivasi serta do'a yang selalu beliau berikan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
3. Untuk kakak, Anissa Jingga Rahmadhani Putri, S.Trak. Terimakasih telah memberikan candaan, mood dalam hidup, menjadikan alasan penulis ini untuk pulang dengan keadaan Bahagia.
4. Untuk partner yaitu Jauhara Gilang Praditya yang sangat rajin dan semangat.
5. Kepada Bapak Tardi dan elemen lainnya yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data.
6. Teman Kontrakanku Teknik Area dan Plat K yang selalu memberikan kerandoman dari tahun awal mabasampai kelulusan.
7. Kepada Fakultas Teknik UNISSULA yang menjadi tempat ku berkembang dan berproses yang mana menjadikan diriku lebih baik dari pada sebelumnya.
8. Terima kasih atas dukunganya kepada teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA 2020, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu
9. Terima kasih kepada SEMA-FT dan ORMAWA-BSO telah menemani menjalankan program-program kerja yang seru dan menyenangkan.

Hakim Ageng Rajasa Putra

NIM : 30202000083

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya yang diberikan kepada saya hingga saat ini Tugas Akhir saya persembahkan untuk:

1. Ibunda saya Sri aminah. S.sos. yang sudah mendukung dan mendoakan saya dalam menimba ilmu sejauh ini, dan membiayai segala kebutuhan saya.
2. Ayahanda Agus Suyono yang sudah mendukung dalam jenjang sarjana ini dan juga yang sudah memberikan yang terbaik buat hidup saya.
3. Partner Tugas Akhir saya Hakim Ageng Rajasa Putra yang sudah berjuang bersama dalam menyelesaikan tanggung jawab kita.
4. Dosen pembimbing yang telah membantu kita dalam menyelesaikan Tugas Akhir yang kita lakukan.
5. Seluruh Dosen dan karyawan Fakultas Teknik yang telah memberikan ilmu, maupun fasilitas dalam proses selama masa perkuliahan.
6. Kepada Bapak Tardi yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data
7. Teman teman kontrakan teknik area yang sudah saling membantu selama masa perkuliahan dari awal sampai akhir.
8. Teman-teman Fakultas Teknik 2020 dan seluruh KMFT Unissula yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu

Jauhara Gilang Praditya

NIM : 30202000090

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “*Perbaikan tanah lempung lunak dengan pemanfaatan limbah rumah tangga*” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

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

1. Bapak Dr. Rifqi Briliyant Arief, ST., M.T selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini berlangsung dengan baik.
2. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing kedua yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini berlangsung dengan baik.
3. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

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

Semarang, Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Permasalahan	3
1.6 Peta Lokasi	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Tanah	5
2.2 Tanah Lempung.....	6

2.3	Tanah Lempung Lunak.....	6
2.4	Sifat Fisik Tanah.....	7
2.5	Tanah Dasar	7
2.6	Klasifikasi Tanah	8
2.6.1	Klasifikasi Tanah AASHTO.....	9
2.6.2	Klasifikasi USCS	11
2.7	Stabilisasi Tanah.....	13
2.7.1	Stabilisasi Mekanis	14
2.7.2	Pemadatan Tanah (Proctor Standard).....	14
2.7.3	California Bearing Ratio (CBR)	16
2.7.4	Stabilisasi Kimiawi.....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Studi Literatur.....	21
3.2	Teknik Pengumpulan Data	21
3.3	Bahan dan Alat Penelitian	22
3.3.1	Bahan penelitian.....	22
3.3.2	Alat Penelitian.....	24
3.3.3	Persiapan Benda Uji.....	24
3.4	Lokasi Penelitian	25
3.5	Prosedur Penelitian.....	25
3.5.1	Properties Tanah.....	25
3.5.2	Spesific Grafity (GS)	26
3.5.3	Atterberg Limit (SNI 1967-2008).....	27
3.5.4	<i>Direct Shear</i> (SNI 3420:2016).....	29
3.5.5	Sieve Analysis (SNI 7619-2012)	31
3.5.6	Hidrometer (SNI 3423:2008).....	33

3.5.7	Proctor Standart (SNI 1743-2008).....	36
3.6	California Bearing Ratio (CBR) (SNI 1744-2012)	38
3.7	Analisis Data	40
3.8	Bagan Penelitian.....	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Hasil Penelitian	42
4.2	Properties Tanah Asli.....	42
4.3	Klasifikasi Tanah	42
4.4	Uji untuk Menganalisa Stabilisasi Tanah	44
4.4.1	Atterberg Limits.....	44
4.4.2	Direct Shear	48
4.4.3	<i>Proctor Standart</i>	53
4.4.4	<i>California Bearing Ratio (CBR)</i>	57
BAB 5 PENUTUP.....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta lokasi UNISSULA,	4
Gambar 2.1 Grafik hubungan berat volume dan kadar air	16
Gambar 2.2 Grafik Pengujian <i>CBR</i>	18
Gambar 3.1 Tanah Lempung UNISSULA.....	22
Gambar 3.2 Limbah kertas	23
Gambar 3.3 Limbah Sampah	23
Gambar 3.4 Alat piknometer pengujian <i>Spesific Grafity</i>	27
Gambar 3.5 Pengujian <i>Atterberg Limits</i>	29
Gambar 3.6 Alat pengujian <i>Direct Shear</i>	31
Gambar 3.7 Pengujian Sieve Analisis menggunakan alat <i>Brass Round Sieve</i>	32
Gambar 3.8 Alat Hidrometer	35
Gambar 3.9 Pengujian Hidrometer.....	36
Gambar 3.10 Alat otomatis pengujian Proctor Standart.....	38
Gambar 3.11 Pengujian alat <i>CBR</i>	40
Gambar 3.12 Bagan Penelitian	41
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Butiran	43
Gambar 4.2 Grafik <i>Atterberg Limit</i> sesuai USCS.....	43
Gambar 4.3 Grafik <i>Liquid Limit</i> sampel Tanah Asli.....	45
Gambar 4.4 Grafik <i>liquid limit</i> sampel campuran LK3%-LP2%.....	46
Gambar 4.5 Grafik <i>liquid limit</i> sampel campuran LK6%-LP4%.....	46
Gambar 4.6 Grafik <i>liquid limit</i> sampel campuran LK6%-LP9%.....	46
Gambar 4.7 Kadar air optimum <i>liquid limit</i>	47
Gambar 4.8 Grafik <i>ATL</i> Tanah Asli dan Campuran LK dan LP.....	48
Gambar 4.9 Grafik <i>Direct Shear</i> Tanah Asli	49
Gambar 4.10 Grafik <i>Direct shear</i> LK3%+LP2%.....	50
Gambar 4.11 Grafik <i>Direct Shear</i> LK 6%+LP 4%.....	50
Gambar 4.12 Grafik <i>Direct Shear</i> LK 6%+LP 9%.....	51
Gambar 4.13 Grafik nilai kohesi tanah asli dan campuran kertas, plastik.	52
Gambar 4.14 Grafik nilai sudut geser dalam tanah asli dan campuran kertas, plastik	52
Gambar 4.15 Grafik (ω_{opt}) sampel tanah asli	54

Gambar 4.16 Grafik (ω_{opt}) Sampel 95%Tanah - 3%LK - 2%LP	55
Gambar 4.17 Grafik (ω_{opt}) Sampel 90%Tanah – 6%LK – 4%LP	55
Gambar 4.18 Grafik (ω_{opt}) Sampel 85%Tanah – 6%LK – 9%LP	55
Gambar 4.19 Grafik ω_{opt} sampel tanah asli campuran kertas dan plastik	56
Gambar 4.20 Grafik Yd 100% tanah asli campuran kertas dan plastik	57
Gambar 4.21 Grafik hasil penetrasi Tanah Asli	60
Gambar 4.22 Grafik Hasil Penetrasi Tanah 95% LK 3% + LP 2%	61
Gambar 4.23 Grafik Hasil Penetrasi Tanah 90% LK 6% + LP 4%	62
Gambar 4.24 Grafik Hasil Penetrasi Tanah 85% LK 6% + LP 9%	63
Gambar 4.25 Grafik harga CBR 100%	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Jenis Tanah	7
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	10
Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah USCS	13
Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Dasar Berdasarkan Nilai CBR	19
Tabel 3.1 Kode sampel pada perlakuan	25
Tabel 4.1 Hasil Data Pengujian Propertis Tanah Asli.....	44
Tabel 4.2 Nilai Perhitungan Batas Cair	45
Tabel 4.3 Nilai perhitungan Batas Plastis	47
Tabel 4.4 Hasil Indeks Plastisitas	48
Tabel 4.5 Hasil perhitungan <i>Direct Shear</i> sampel tanah asli dan campuran kertas dan plastik	49
Tabel 4.6 Hasil Penggambaran <i>Direct Shear</i>	51
Tabel 4.7 Hasil Pengujian <i>Proctor Standart</i>	53
Tabel 4.8 Nilai perhitungan <i>Proctor Standart</i> Tanah asli dan campuran kertas, plastik	54
Tabel 4.9 Hasil <i>Proctor Standart</i> tanah asli campuran kertas, plastik.....	56
Tabel 4.10 Data Pengujian CBR.....	58
Tabel 4.11 Data berat volume tanah basah, kadar air(ω), dan berat jenis tanah kering. (γ_d).....	58
Tabel 4.12 Data Penetrasi CBR.....	59
Tabel 4.13 Data Penetrasi CBR.....	59
Tabel 4.14 Data Nilai CBR.....	64

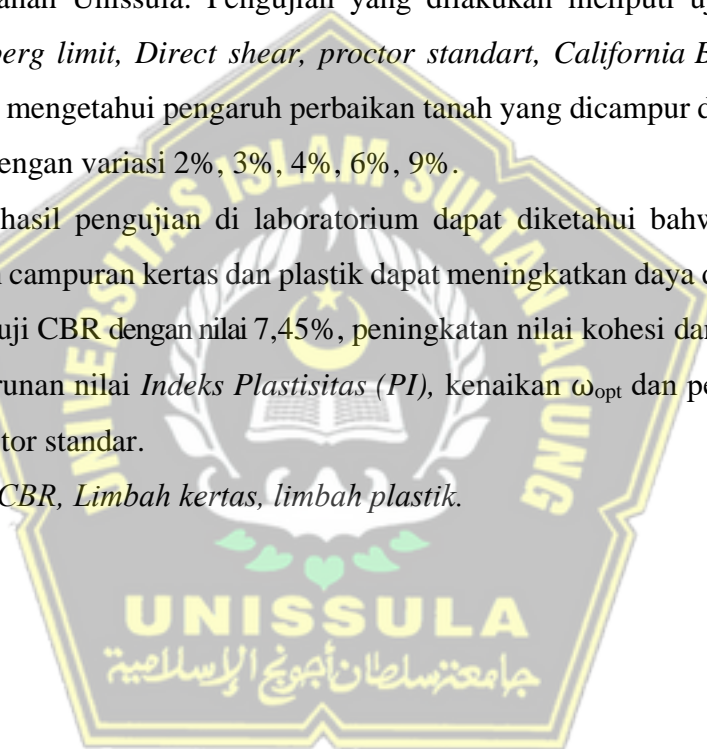
ABSTRAK

Tanah di di Kawasan UNISSULA Semarang adalah tanah lempung lunak, dimana perlu perbaikan tanah. Perbaikan tanah ini menggunakan limbah rumah tangga yaitu limbah kertas dan plastik. Limbah kertas menggunakan HVS bekas dan limbah plastik yang diambil dari sisa limbah rumah tangga. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbaikan tanah lempung lunak dengan pemanfaatan limbah rumah tangga.

Metode penelitian ini menggunakan studi eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah Unissula. Pengujian yang dilakukan meliputi uji *Properties* tanah, *Atterberg limit*, *Direct shear*, *proctor standart*, *California Bearing Ratio* (CBR) untuk mengetahui pengaruh perbaikan tanah yang dicampur dengan kertas dan plastik dengan variasi 2%, 3%, 4%, 6%, 9%.

Dari hasil pengujian di laboratorium dapat diketahui bahwa perbaikan tanah dengan campuran kertas dan plastik dapat meningkatkan daya dukung tanah seperti pada uji CBR dengan nilai 7,45%, peningkatan nilai kohesi dan sudut geser dalam, penurunan nilai *Indeks Plastisitas (PI)*, kenaikan ω_{opt} dan penurunan γ_{dry} pada uji proctor standar.

kata kunci: *CBR, Limbah kertas, limbah plastik.*



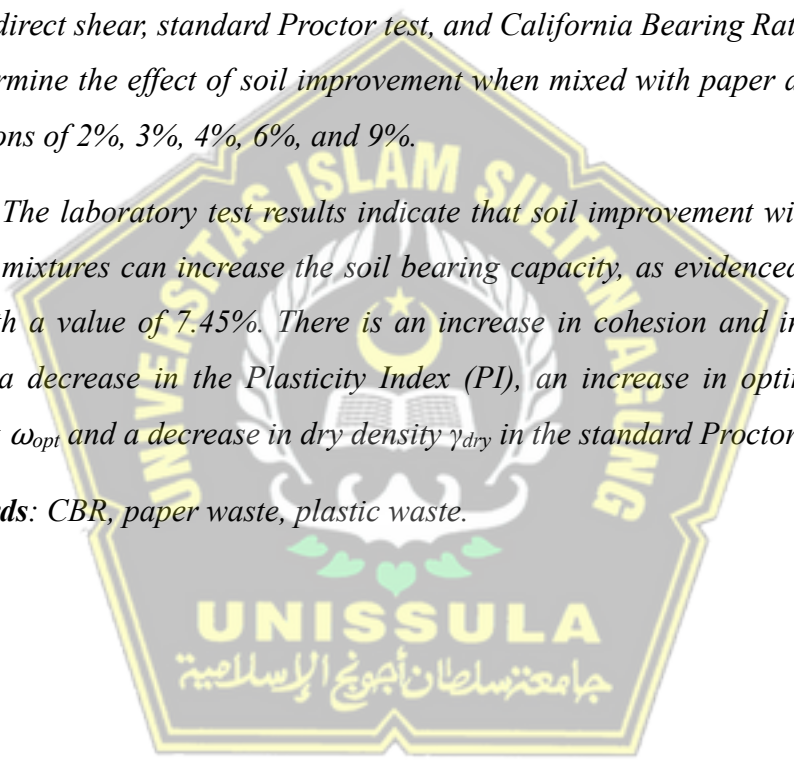
ABSTRACT

The soil in the UNISSULA Semarang area is soft clay, requiring soil improvement. This soil improvement utilizes household waste, specifically paper and plastic waste. The paper waste used is from discarded HVS paper, and the plastic waste is sourced from leftover household waste. This study aims to determine the impact of soft clay soil improvement using household waste.

The research method employed is experimental study in the Soil Mechanics Laboratory at Unissula. The tests conducted include soil property tests, Atterberg limits, direct shear, standard Proctor test, and California Bearing Ratio (CBR) test to determine the effect of soil improvement when mixed with paper and plastic in variations of 2%, 3%, 4%, 6%, and 9%.

The laboratory test results indicate that soil improvement with paper and plastic mixtures can increase the soil bearing capacity, as evidenced by the CBR test with a value of 7.45%. There is an increase in cohesion and internal shear angle, a decrease in the Plasticity Index (PI), an increase in optimal moisture content ω_{opt} and a decrease in dry density γ_{dry} in the standard Proctor test.

keywords: CBR, paper waste, plastic waste.



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semarang sebuah kota yang terletak di pantai utara Pulau Jawa, memiliki sebagian besar wilayah pesisirnya dengan topografi yang datar, hampir sejajar dengan permukaan laut. Banjir rob sering kali terjadi di beberapa bagian kota ini, terutama di Semarang Utara, di mana jalan dan pemukiman sering terendam akibat kenaikan air laut.

Kota Semarang, terutama di sekitar Kaligawe, mengalami gangguan berat akibat rob yang menghambat aktivitas masyarakat dan mengganggu lalu lintas di jalur pantura yang sibuk. Masalah tidak hanya terbatas pada gangguan ini, tetapi juga pada ketidakstabilan tanah di wilayah Kaligawe. Air rob merendam tanah, membuatnya menjadi lembek, tidak stabil, mudah tertekan, dan tidak memenuhi konsistensi yang diperlukan daya dukung pada tanah di UNISSULA (Ramandana & Fawaid, 2020). Jenis tanah di lokasi UNISSULA Semarang berdasarkan hasil Bor Mesin sampai kedalaman – 50 m di dominasi oleh tanah lempung terdapat sedikit pasir. (Hasil penyelidikan tanah pada proyek pembangunan gedung pesantren mahasiswa UNISSULA Semarang, 2019)

Tanah lunak ini dapat diperbaiki dengan metode perbaikan tanah secara fisik yaitu dengan penambahan admixture cacahan atau bentuk serbuk sampah plastik yang mungkin dapat memperbaiki sifat dari struktur tanah terutama dalam hal peningkatan parameter kuat geser tanah lunak. Penelitian menggunakan kantong plastik juga diteliti oleh Sazuatmo (2011) yang berjudul pengaruh material plastik terhadap kekuatan geser pada tanah lempung. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan bahan utama berupa kantong plastik bekas yang berasal dari limbah padat manusia dan akan digunakan sebagai bahan perkuatan tanah lempung. Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan penambahan kantong plastik dengan berbagai variasi ukuran dan kadar serat mampu menaikkan nilai kohesi tanah, ukuran serat yang paling besar didapat yaitu 2 x 0,5 cm² dengan kadar serat 2%. Untuk kadar serat 1 % dengan ukuran 2 x 2 cm² memiliki nilai kuat geser yang paling maksimal dari kadar dan ukuran serat yang lain. (Jimmyanto, H., 2014)

Dalam upaya stabilisasi pada tanah di UNISSULA ini kami melakukan penelitian terhadap tanah asli dengan campuran bahan baku limbah kertas dan limbah plastik dengan judul penelitian “PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH RUMAH TANGGA”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan permasalahan – permasalahan yang timbul diatas, dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah sampel tanah yang berasal dari area UNISSULA Semarang termasuk jenis tanah lunak?
2. Bagaimana pengaruh daya dukung tanah dengan campuran limbah rumah tangga?
3. Berapa komposisi yang sesuai untuk mencapai nilai daya dukung tanah maksimal di UNISSULA Semarang.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisa klasifikasi dari tanah yang diambil di area UNISSULA Semarang.
2. Menganalisa nilai hasil *ATL*, *Direct Shear*, *Proctor Standart*, dan *CBR* pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur oleh limbah kertas dan limbah plastik
3. Menganalisa komposisi penambahan campuran limbah rumah tangga terhadap stabilisasi tanah yang paling baik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui kondisi tanah dan sifat tanah yang diteliti.
2. Mengurangi limbah sampah pada masyarakat terutama limbah kertas dan limbah plastik.
3. Mengetahui pengaruh pada penambahan limbah kertas dan limbah plastik pada tanah lempung lunak yang telah di teliti.
4. Meningkatkan daya dukung tanah agar dapat menyelesaikan masalah yang terjadi pada daerah UNISSULA Semarang.

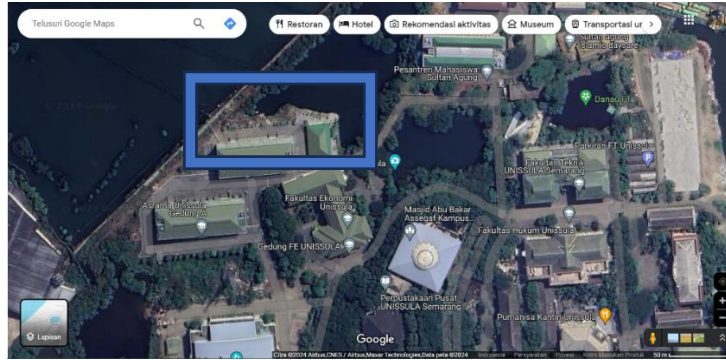
1.5 Batasan Permasalahan

Dalam penelitian ini diberikan beberapa batasan agar penelitian lebih terfokus sehingga hasil penelitian bias lebih maksimal. Adapun beberapa batasan masalah tersebut antara lain:

1. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah lunak yang berasal dari daerah UNISSULA, Semarang. Tanah akan diuji parameternya di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Limbah rumah tangga yang digunakan adalah limbah kertas dan limbah plastik.
3. Limbah kertas tidak terpakai yang di hancurkan kurang lebih dengan ukuran $\pm 1 \text{ cm}^2$
4. Plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah kantong plastik yang kemudian dipotong-potong dengan ukuran $\pm 1 \text{ cm}^2$
5. Uji CBR Soaked tidak dilakukan, karena terbatasnya waktu.
6. Tidak ada uji konsolidasi.
7. Tidak dilakukan pemeriksaan terhadap unsur-unsur kimia yang terkandung dalam kertas, dan sampah plastik.
8. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui parameter tanah adalah uji:
 - a. *Properties* tanah
 - b. *Atterberg limits*
 - c. *Direct Shear*
 - d. *Proctor hammer*
 - e. CBR

1.6 Peta Lokasi

Lokasi pengambilan sampel tanah untuk keperluan penelitian berada di area UNISSULA Semarang, terletak di belakang gedung pesantren mahasiswi. Peta lokasi pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 1.1 dengan koordinat ($6^{\circ}57'09''\text{S } 110^{\circ}27'31''\text{E}$)



Gambar 1.1 Peta lokasi UNISSULA,
(Sumber : Google Maps, 2024)

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam pembuatan Tugas Akhir yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penilitin, manfaat penilitian, peta lokasi pengambilan sampel tanah, keaslian kajian dan sistematik penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II menjelaskan tentang pengertian tanah, tanah lempung, material penyusun tanah, klasifikasi tanah, sifat fisik tanah, sifat mekanis tanah, stabilisasi tanah menggunakan limbah rumah tangga.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil penilitian dan pembahasan hasil penlitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Dalam ilmu teknik sipil dijelaskan mengenai tanah yang merupakan bahan-bahan organik, mineral dan himpunan di dalamnya serta endapan-endapan yang relatif lepas dan terletak di atas batuan dasar.

Pengertian tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas, yang terletak diatas batuan dasar (Hardiyatmo, 1992). Tanah adalah material konstruksi yang murah dan jumlahnya yang didalam sangat banyak (punimia), mendefinisikan tanah adalah material bukan agregat atau semen yang menyimpan material dan atau partikel organik atau lapisan terpisah yang meniputi Sebagian besar lapisan kulit bumi.

Sedangkan menurut (Bowles,1994), mendefinisikan tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*blouders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm. fregmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*)
2. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5mm sampai 150mm
3. Pasir (*sand*) adalah batuan yang mempunyai ukuran 0,074 mm sampai 5 mm, ukuran kasar berkisar 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran 1 mm.
4. Lanau (*silt*) adalah partikel mineral yang mempunyai ukuran lebih kecil dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
5. Lempung (*clay*) adalah partikel material yang mempunyai ukuran yang lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah bersifat kohesif.
6. Koloid (*colloids*) adalah partikel material yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Menurut (bowles, 1991), menjelaskan butiran-butiran tanah terpisah pisah sesudah dikeringkan dan melekat hanya apabila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan bidang air, maka tanah disebut tak kohesif.

2.2 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki ukuran mikrokonis hingga ukuran sub mikronis yang tersusun dari pelapukan unsur-unsur kimiawi buatan (Terzaghi, 1987), sifat yang khas dari tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak dan plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

Klasifikasi mineral lempung terdapat 15 macam, antara lain : *montmotillonite, illite, kaolinite, polygorskite, chlorite, vermiculite, dan halloysite.*

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung, (Hardiyatmo, 1992) antara lain :

1. Ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm
2. Rendahnya permeabilitas
3. Kandungan air kapiler yang tinggi
4. Sifat kohesif tanah tinggi
5. Tingginya konsolidasi susut
6. Lambatnya konsolidasi tanah.

2.3 Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak didefinisikan sebagai tanah lempung yang memiliki kekuatan geser yang rendah dan kadar air yang tinggi, serta menunjukkan perilaku plastis yang signifikan. Mereka juga mencatat bahwa tanah ini cenderung mudah terkompresi dan memiliki permeabilitas rendah, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam desain bangunan. (Terzaghi & Peck, 1967). Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung lunak antara lain:

1. Kandungan Air Tinggi: Tanah lempung lunak umumnya memiliki kadar air yang tinggi, yang membuatnya mudah mengalami deformasi.
2. Plastisitas Tinggi: Lempung lunak memiliki indeks plastisitas yang tinggi, menunjukkan bahwa tanah ini dapat berubah bentuk secara signifikan tanpa retak.
3. Kekuatan Geser Rendah: Tanah ini cenderung memiliki kekuatan geser yang rendah, yang berarti memiliki daya dukung yang terbatas untuk mendukung beban.

4. Kompresibilitas Tinggi: Lempung lunak mudah terkompresi di bawah beban, yang dapat menyebabkan penurunan tanah yang signifikan.
5. Permeabilitas Rendah: Tanah ini sering kali memiliki permeabilitas yang rendah, yang berarti air sulit mengalir melaluinya, menyebabkan potensi akumulasi air dan masalah drainase.

2.4 Sifat Fisik Tanah

Sifat butiran tanah dapat mempengaruhi analisa granuler dan sebagainya, sedangkan berdasarkan sifat dan permukaannya tanah dapat diketahui asal dari butirannya. Tanah umumnya terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, hanya terdiri dari dua bagian yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri atas tiga bagian yaitu bagian padat (butiran), pori-pori udara dan air pori. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut ini.

Tabel 2.1 Berat Jenis Tanah

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

Sumber: Hardiyatmo (2002)

2.5 Tanah Dasar

Tanah dasar (subgrade) merupakan lapisan tanah paling dasar yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Tanah dasar (subgrade) dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain, ataupun tanah yang distabilisasi (dengan semen, kapur dan lain lain). Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat sifat dan daya

dukung tanah dasar. Umumnya permasalahan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut ini. (Bowles. J. E, 1994)

1. Perubahan bentuk secara tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air atau adanya udara.
3. Daya dukung tanah tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.

Tanah dasar yang memiliki kekuatan dan stabilitas rendah akan menyebabkan perkerasan mudah mengalami deformasi dan retak. Penggunaan tanah dengan sifat yang kurang baik sebagai tanah dasar dalam konstruksi bangunan sipil tidak ekonomis dan tidak mendukung. Oleh karena itu, diperlukan stabilisasi baik secara mekanis maupun kimiawi untuk memperbaiki sifat tanah tersebut. Daya dukung tanah dasar dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi drainase, dan lain-lain. Di Indonesia, untuk perencanaan tebal perkerasan jalan, daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pemeriksaan CBR yang harus memiliki nilai minimal 6% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga. (Bowles. J. E, 1994)

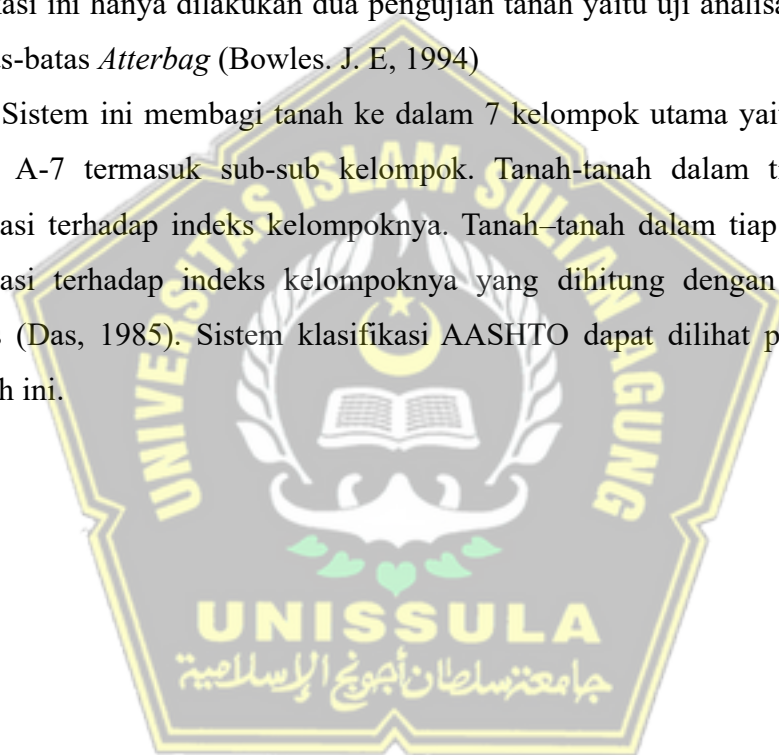
2.6 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pemulihan tanah-tanah kedalam kelompok ataupun sub kelompok yang menunjukkan sifat yang sama. Sebagian besar sistem klasifikasi yang telah di kembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan atas distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Dalam banyak masalah teknis (semacam perencanaan perkerasan jalan, bendungan dalam urugan, dan lain-lainya), pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok ataupun sub kelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama akan sangat membantu. Klasifikasi tanah sangat membantu perancangan dalam memberikan pengarahannya melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Secara umum keseluruhan klasifikasi tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikel yang didapat dari uji analisa saringan tanah dan uji plastisitas tanah. (Terzaghi & Peck, 1987)

2.6.1 Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem ini membagi pengelompokan tanah menjadi 8 kelompok yaitu dari kelompok A-1 hingga A-8 termasuk sub kelompok. Kemudian sistem yang direvisi Proc. 25 th *Annual Meeting of Highway Research Board*, 1945 mempertahankan 8 kelompok dasar tanah sebelumnya, tetapi menambahkan 2 sub kelompok dalam A-1, empat kelompok dalam A-1 dan 2 subb kelompok dalam A-1. Kelompok A-8 tidak diperlihatkan. Akan tetapi kelompok A-8 merupakan gambut atau rawang yang ditrntukan oleh klasifikasi visual. Tiap pengelompokan tanah dievaluasi atas indeks kelompoknya. Yang didapat berdasarkan perhitungan rumus empiris. Dalam klasifikasi ini hanya dilakukan dua pengujian tanah yaitu uji analisa saringan dan uji batas-batas *Atterbag* (Bowles. J. E, 1994)

Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompok dievaluasi terhadap indeks kelompoknya. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris (Das, 1985). Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.



Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

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	Maks 50							
No.40	Maks 30	Maks 50	Min 51					
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	
Sifat Frasaksi yang lolos ayakan No.40								
Batas Cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41	
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11	
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	
							A-7-5	A-7-6
Analisis Ayakan (% lolos)								
No.10								
No.40								
No.200	Min 36		Min 36		Min 36		Min 36	
Sifat Frasaksi yang lolos ayakan No. 40.								
Batas Cair (LL)	Maks 40		Min 41		Maks 40		Min 41	
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 10		Maks 10		Min 11		Min 11	
Tipe Material yang paling dominan	Tanah Berlanau				Tanah Berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa Sampai Jelek							

(Sumber: Das 1985)

Indeks kelompok (GI) digunakan untuk memeriksa lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dapat dihitung dengan Persamaan berikut ini.

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots (2:1)$$

Keterangan:

GI = Indeks kelompok (group index),

F = Persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm),

LL = Batas cair (Liquid limit)

PI = Indeks plastisitas.

Indek kelompok (GI) digunakan untuk dapat membedakan kemampuan tanah dasar dalam memikul beban roda, AASHTO memperkenalkan Indeks Kelompok atau Group Index (GI) yang merupakan fungsi dari persentase tanah yang lolos saringan No.200 dan batas Atterberg. Bila nilai indeks kelompok 10 (GI) semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah granuler diklasifikasikan kedalam klasifikasi A-1 sampai A 3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedangkan A 3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan no. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklarifikasikan dari A-4 sampai A 7 yaitu tanah lempung lanau.

2.6.2 Klasifikasi USCS

Sistem klasifikasi Unified Soil Classification System, Cassagrande pada tahun 1942 memperkenalkan yang selanjutnya disempurnakan oleh USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Pada sistem klasifikasi Unified (*Unified Soil Classification System*), tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50 % lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50 % lolos saringan nomor 200. Setelah itu, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok. Menurut Das (1985), Sistem klasifikasi USCS mengelompokkan tanah ke dalam dua jenis kelompok besar, yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*Gravel*) dan S adalah untuk pasir (*Sand*).
2. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik.

Simbol-simbol yang digunakan dalam sistem USCS adalah sebagai berikut:

- G = Kerikil (*gravel*)
- S = Pasir (*sand*)
- C = Lempung (*clay*)
- M = Lanau (*silt*)
- O = Lanau atau Lempung Organik (*organic silt or clay*)
- Pt = Tanah Gambut dan Tanah Organik Tinggi
- W = Gradasi baik (*well graded*)
- P = Gradasi buruk (*poorly graded*)
- H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*)
- L = Plastisitas rendah (*low plasticity*).

Berikut ini klasifikasi kelompok dan sub kelompok yang lebih detail pada sistem USCS dapat dilihat pada Tabel berikut.



Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200 Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No.4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		GM	Kerikil berlanau, campuran, kerikil-pasir-lanau			
		GC	Kerikil berlempung, campuran, kerikil-pasir-lempung			
	Pasir dengan butiran halus	Pasir bersih (hanya Pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
			Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan No.200	Lanau dan lempung batas $\leq 50\%$	ML	Lanau organik, 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 clay</i>)
OL	lanau -organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah					
Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis				
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "genak" (<i>fat clay</i>)				
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan 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				

Klasifikasi berdasarkan prosentase 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 : Batuan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW

Batas-batas Atterberg di garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	plastisitas, maka dipakai dobel simbol

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW

Batas-batas Atterberg di garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	plastisitas, maka dipakai dobel simbol

Diagram Plastisitas:
Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.

Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$

Sumber: Das (1985)

2.7 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah atau usaha untuk merubah dan memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis (Hardiyatmo, 2010).

Proses stabilisasi tanah meliputi pencampuran tanah dengan tanah lain atau pencampuran tanah dengan bahan-bahan tambah buatan pabrik, sehingga sifat- sifat teknis pada tanah dapat menjadi lebih baik. Metode stabilisasi diharapkan dapat merubah sifat-sifat teknis seperti kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan pengerjaan, potensi kembang dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air. Umumnya stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi dua yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi.

2.7.1 Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi mekanis atau stabilisasi mekanikal dilakukan dengan mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat kekuatan. Stabilisasi mekanis juga dapat dilakukan dengan cara menggali tanah buruk dan menggantinya dengan material tanah ditempat lain. Menurut Lambe (1962) dalam buku Hardiyatmo (2010) yang berjudul Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan, stabilisasi mekanis merupakan suatu proses yang menyangkut dua cara perubahan sifat-sifat tanah, yaitu sebagai berikut.

1. Penyusunan kembali partikel-partikel tanah, seperti contohnya pencampuran beberapa lapisan tanah, pembentukan kembali tanah yang telah terganggu, dan pemadatan
2. Penambahan atau penyingkiran partikel-partikel tanah. Sifat-sifat tanah tertentu dapat diubah dengan menambah atau menyingkirkan sebagian fraksi tanah.

2.7.2 Pemadatan Tanah (Proctor Standard)

Pemadatan tanah adalah suatu proses memadatkan partikel tanah sehingga terjadi pengurangan volume udara dan volume air dengan memakai cara mekanis. Pemadatan dilakukan bila tanah dilapangan membutuhkan perbaikan untuk mendukung konstruksi di atasnya, atau tanah akan digunakan sebagai bahan timbunan. Maksud dari pemadatan tanah adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan nilai kuat geser tanah,
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
3. Mengurangi sifat permeabilitas, dan

4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain lainnya.

Kepadatan tanah tergantung pada nilai kadar air, saat air ditambahkan pada pemadatan, air ini melunakan partikel-partikel tanah. Partikel-partikel tanah menggelincir satu sama lain dan bergerak pada posisi yang lebih rapat. Jika kadar air tanah sedikit maka tanah akan keras begitu pula sebaliknya, bila kadar air banyak maka tanah akan menjadi lunak atau cair. Pemadatan dengan kadar air tinggi memberikan pengaruh pada sifat tanah.

Uji pemadatan tanah atau Proctor Standard adalah metode laboratorium untuk menentukan eksperimental kadar air yang optimal dimana suatu jenis tanah tertentu akan menjadi paling padat dan mencapai kepadatan kering maksimum. Teori pemadatan pertama kali dikembangkan oleh R.R. Proctor. Empat variabel pemadatan tanah yang didefinisikan oleh Proctor, yaitu usaha pemadatan atau energi pemadatan, jenis tanah (gradasi, kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan lain-lain), kadar air, dan berat isi kering. Pemadatan standar (*standar compaction*) adalah usaha untuk memadatkan dengan alat pemadatan standar. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air ω , dinyatakan dalam Persamaan berikut ini.

a. Volume alat = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$ (2:2)

b. Berat tanah basah = (berat proctor + tanah) – berat proctor (alas+1)..... (2:3)

c. Berat volume tanah basah (γ_b) = $\frac{\text{berat tanah}}{\text{volume cetakan}}$ (2:4)

d. Kadar Air (ω) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$ (2:5)

a = Nilai berat cawan (gr)

b = Nilai bera cawan + tanah basah (gr)

c = Nilai berat cawan + tanah kering (gr)

e. Berat volume tanah kering (γ_{kl}) = $\frac{\gamma_b}{1+w}$ (2:6)

f. Zero air void (ZAV) = $\frac{GS \times Y_w}{1+(GS+w)}$ (2:7)

Prinsip Uji *Proctor Standard* adalah tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder dengan diameter 101,6 mm dan volume 943,3 cm³. Tanah dalam cetakan dipadatkan menggunakan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5

cm. Pemadatan tanah dilakukan dalam tiga lapisan dengan jumlah tumbukan tiap lapisan sebanyak 25 kali.

Hasil pengujian akan memperlihatkan kurva nilai kadar air optimum (ω_{opt}) untuk mencapai berat volume kering paling besar atau kepadatan maksimum. Nilai kadar air rendah pada kebanyakan tanah, tanah cenderung bersifat kaku dan sulit untuk dipadatkan. Setelah kadar air ditambah, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume air akan berkurang. Bila seluruh udara di dalam tanah dipaksa keluar pada saat pemadatan, tanah akan berada dalam kedudukan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum. Akan tetapi dalam praktek, kondisi ini sulit dicapai. Berikut contoh grafik hasil uji proctor standard dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Grafik hubungan berat volume dan kadar air

Sumber: Das, 1985

2.7.3 California Bearing Ratio (CBR)

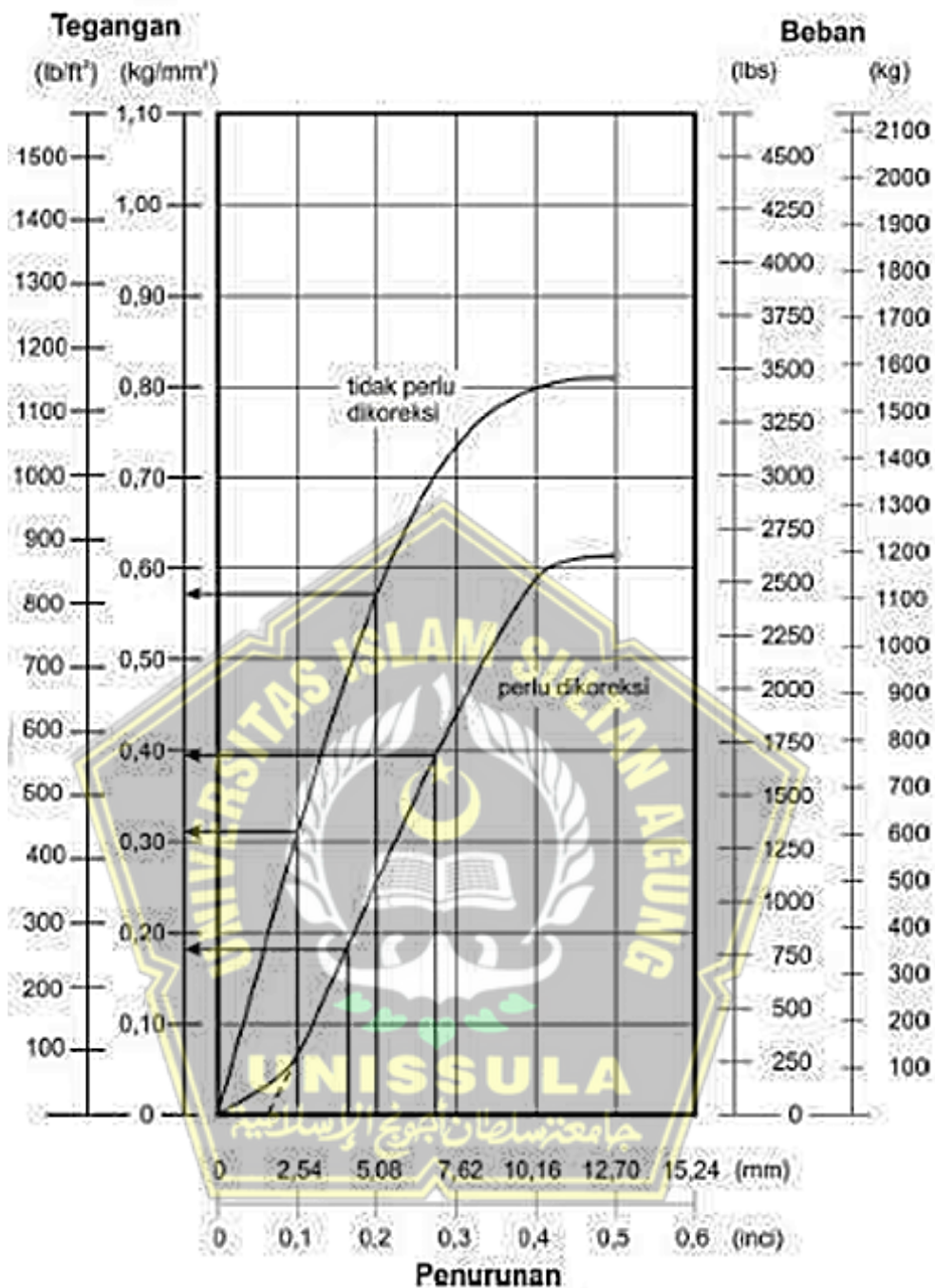
California bearing ratio (CBR) merupakan perpanjangan dari uji pemadatan tanah, di mana pengujian dilakukan menggunakan sampel tanah yang sudah dipadatkan sesuai dengan standar pemadatan Proctor. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai CBR, yang mencerminkan kemampuan tanah untuk mendukung beban pada kepadatan dan kadar air tertentu. Dengan kata lain, nilai CBR akan menunjukkan seberapa efektif tanah dalam menahan beban struktural yang ditempatkan di atasnya.

Sampel tanah yang digunakan untuk benda uji pada pengujian CBR merupakan sampel tanah yang lolos saringan no.4 kemudian dimasukkan ke dalam mould berbentuk silinder dengan diameter secara umum 152 mm kemudia

dipadatkan dalam 3 lapisan, masing-masing lapisan ditumbuk dengan penumbuk standar sebanyak 56 kali. Pengujian benda uji CBR diletakan benda uji beserta keping alas diatas mesin penetrasi dan letakan keping pemberat diatas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg (10 pound). Arloji penunjuk penetrasi dan arloji penunjuk beban diatur sehingga menunjukkan angka nol. Berikan pembebanan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit. Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025 inch (0,64 mm), hingga mencapai penetrasi 0,5 inch (12,7 mm).

Prinsip pengujian ini adalah pengujian penetrasi dengan menusukkan benda ke dalam benda uji, maka didapat nilai kekuatan tanah dasarnya. Pada hasil pengujian permulaan kurva beban cekung akibat kurang rataanya permukaan pada saat pematanaan benda uji atau sebab-sebab yang lain, dalam keadaan ini titik nolnya harus dikoreksi seperti pada Gambar 2.2 berikut ini.





Gambar 2.2 Grafik Pengujian CBR

Sumber: Das, 1985

Berdasarkan grafik yang telah hasil pengujian, hitung harga CBR dengan membagi masing-masing beban dengan beban standar CBR pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm² atau 1000 psi dan penetrasi 0,2” atau 5,08 mm dengan beban standar 105,47 kg/cm² atau 1500 psi dan dikalikan dengan 100%.

Adapun cara untuk menentukan nilai CBR dapat dilihat pada Persamaan 3 dan Persamaan 4 sebagai berikut:

1. CBR pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm² atau 1000 psi

$$CBR_{0,1''} = \frac{P_1}{3+1000} \times 100\% \dots\dots\dots (2:8)$$

2. CBR pada penetrasi 0,2” atau 5,08 mm dengan beban standar 105,47 kg/cm² atau 1500 psi

$$CBR_{0,2''} = \frac{P_1}{3+1500} \times 100\% \dots\dots\dots (2:9)$$

Pada umumnya nilai pengujian CBR diambil adalah penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm² atau 1000 psi, namun pada keadaan tertentu bila nilai CBR pada penetrasi 0,1” lebih kecil dari pada penetrasi 0,2” atau 5,08 mm, maka pengujian harus diulang dan apabila pada pengujian kedua ini nilai CBR pada penetrasi 0,2” masih lebih besar dari CBR penetrasi 0,1” atau 2,54 mm, maka nilai CBR yang dipakai adalah nilai CBR terbesar yaitu penetrasi 0,2” atau 5,08 mm. Klasifikasi tanah dasar berdasarkan nilai CBR dapat dilihat pada **Tabel 2.4** dibawah ini.

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Dasar Berdasarkan Nilai CBR

Nilai CBR	Kategori	Penggunaan	Klasifikasi	
			USCS	AASHTO
0-3	Sangat buruk	<i>Subgrade</i>	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Buruk sampai sedang	<i>Subgrade</i>	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Sedang	<i>Subgrade</i>	OL, CL, ML	A2, A4, A5, A7
20-50	Baik	Base, <i>Subgrade</i>	<i>Gravel</i>	A1, A2-5, A2-6
>50	Sangat baik	<i>Base</i>	<i>Gravel</i>	A1, A2, A3

(Sumber: Das 1985)

2.7.4 Stabilisasi Kimiawi

Stabilisasi kimiawi dilakukan dengan cara penambahan bahan tambah atau bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat kurang menguntungkan dari tanah. Bahan

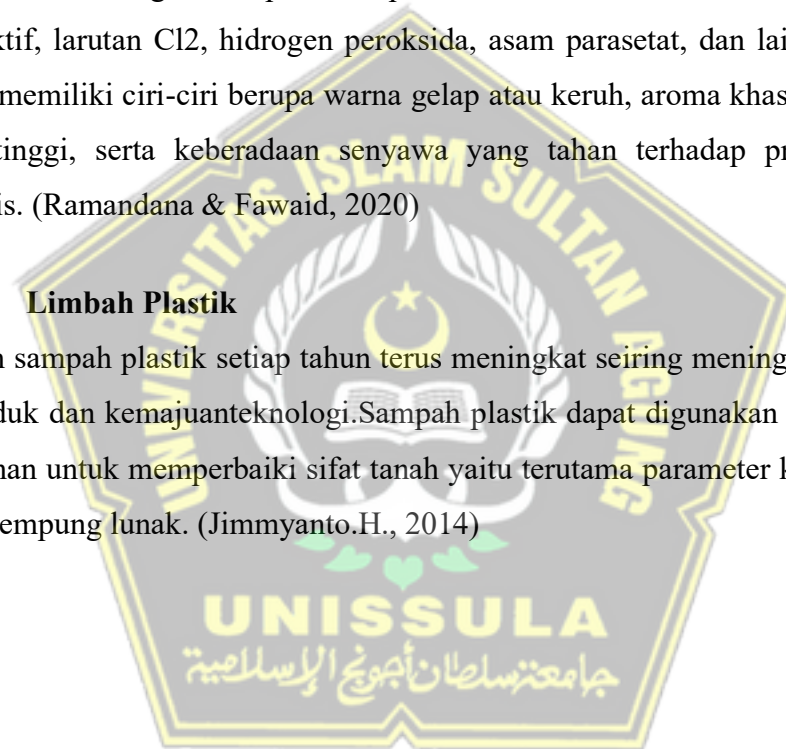
tambah (*additive*) adalah bahan hasil olahan pabrik yang bila ditambahkan ke dalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, seperti: kekuatan, tekstur, kemudahan pengerjaan (*workability*) dan 13 plastisitas. Bahan tambah yang banyak digunakan di antaranya seperti semen portland, kapur, abu batubara (fly ash), aspal (bitumen), plastik, dan lain-lain. Metode ini biasanya digunakan pada tanah berbutir halus.

2.7.4.1 Limbah Kertas

Limbah kertas adalah material sisa dari proses produksi atau penggunaan yang terdiri dari berbagai komponen seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, bahan ekstraktif, larutan Cl₂, hidrogen peroksida, asam parasetat, dan lainnya. Limbah kertas memiliki ciri-ciri berupa warna gelap atau keruh, aroma khas, tingkat COD yang tinggi, serta keberadaan senyawa yang tahan terhadap proses oksidasi biologis. (Ramandana & Fawaid, 2020)

2.7.4.2 Limbah Plastik

Jumlah sampah plastik setiap tahun terus meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk dan kemajuanteknologi. Sampah plastik dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat tanah yaitu terutama parameter kuat geser dari tanah lempung lunak. (Jimmyanto.H., 2014)



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Pada studi penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Pengujian ini dilakukan guna untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik. Adapun pengujian karakteristik meliputi uji batas konsistensi tanah dan untuk mekanis meliputi pengujian proctor, CBR (*California Bearing Ratio*). Pembuatan benda uji coba CBR dilakukan dengan kadar air optimum (OMC) pada tanah asli sebelum dilakukan penelitian, persiapan alat pengujian, persiapan benda uji, hingga pengujian di laboratorium dan analisis data.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Adapun Teknik pengumpulan data yang kita lakukan pada penelitian ini melalui:

1. Studi literature yang bertujuan untuk mengkaji hubungan variable yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang berlaku. Selain itu data sekunder juga didapat dari data hasil percobaan yang pernah dilakukan oleh badan Lembaga atau orang lain
2. Studi eksperimental yang dilakukan di laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik UNISSULA. Tahap pertama yaitu tahap observasi terhadap lokasi pengambilan sample tanah yang bakal diambil, di diperlukan juga dokumentasi disaat pengambilan sampe tanah tersebut, setelah itu dilakukan pengukuran dan pengujian pada laboratorium untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data-data yang didapat pada saat pengujian ini berupa Properties tanah dan klasifikasi tanah. Sampel campuran limbah kertas dan plastik pada tanah lempung dilakukan dengan varisi campuran yaitu 2%, 3%, 4%, 6%, 9%, untuk pengujian *Atterberg limit*, *direct shear*, *proctor standart*, *Properties tanah* dan *California bearing ratio* (CBR).

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan penelitian

Dalam pengujian ini bahan-bahan yang dibutuhkan meliputi tanah lempung, air, sirtus, limbah kertas, dan limbah plastik.

a. Tanah Lempung UNISSULA

Sampel tanah yang akan digunakan untuk penelitian stabilisasi tanah diambil dari tanah yang ada pada daerah UNISSULA Semarang dengan kedalaman kurang lebih 50 cm yang diperkirakan masih tanah asli di daerah UNISSULA Semarang. Sampel tanah dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3.1 Tanah Lempung UNISSULA

Sumber: Dokumentasi Penulis

b. Limbah kertas

Kertas merupakan suatu benda yang berdimensi tipis yang pada umumnya bisa kita gunakan untuk menulis, menggambar, mencetak, dan lainnya, untuk pengujian ini limbah kertas yang dipakai adalah limbah kertas HVS tidak terpakai kemudian di potong atau dicacah sekecil mungkin untuk pencampuran dengan tanah lempung.



Gambar 3.2 Limbah kertas

Sumber: Dokumentasi Penulis

c. Limbah Plastik

Plastik merupakan semua barang bekas atau tidak terpakai yang materialnya diproduksi dari bahan kimia tak terbarukan. Sebagian besar sampah plastik yang digunakan sehari-hari biasanya dipakai untuk pengemasan. Plastik yang digunakan untuk penelitian ini plastik *Polypropylene* yang kemudian dipotong atau di cacah kurang lebih dimensi 1cm untuk pencampuran dengan tanah.



Gambar 3.3 Limbah Sampah

Sumber: Dokumentasi penulis

d. Air

Air yang akan digunakan untuk mencampur tanah ada 2 macam yaitu air pdam dan air aquades didapatkan dari laboratorium geoteknik Fakultas Teknik UNISSULA Semarang.

e. Spiritus

Tanah lempung memiliki sifat menyerap air dengan baik, sehingga sering kali mengandung kadar kelembapan yang tinggi. Untuk berbagai keperluan, seperti analisis laboratorium atau persiapan bahan bangunan, sering kali diperlukan tanah yang kering. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengeringkan tanah lempung adalah dengan menggunakan spiritus.

3.3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian tersebut yakni:

- a. Alat *Direct Shear*.
- b. Alat uji *Properties* tanah.
- c. Alat *Atterberg limits*.
- d. Alat *Proctor standart*.
- e. Alat CBR

3.3.3 Persiapan Benda Uji

Pembuatan campuran benda uji dilakukan pada saat akan melakukan pengujian pada tanah campuran. Campuran benda uji dibuat pada kondisi benda uji yang sudah kering dengan menggunakan spiritus dan menjemur dibawah sinar matahari hingga kandungan air 0%. Perencanaan campuran tanah, limbah kertas, dan limbah plastik sebagai sampel untuk pengujian CBR dilakukan dengan menggunakan air pada kada air optimum tanah asli. Adapun variasi campuran limbah kertas dan limbah platik 2%, 3%, 4%, 6%, 9%, dari berat kering tanah pada masing- masing campuran.

Untuk mempermudah penamaan sampel dan perlakuan yang digunakan dalam penelitian. Maka diberi kode pada tiap-tiap sampel uji dan perlakuan terhadap sampel uji. Penamaan ataupun kode sampel bisa kita lihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Kode sampel pada perlakuan

KODE	PERLAKUAN
1	Tanah asli 100%
2	Tanah 95% + LK 3% + LP 2%
3	Tanah 90% + LK 6% + LP 4%
4	Tanah 85% + LK 6% + LP 9%

Sumber: Analisa Penulis

Batasan bahwa presentase campuran tidak lebih dari 25% dari total tanah asli 100% dalam perbaikan dan stabilisasi tanah memiliki beberapa alasan yang penting antara lain tentang efektivitas stabilisasi, biaya dan efisiensi, dan juga faktor lain yang mengakibatkan kurang maksimalnya stabilisasi ini.

3.4 Lokasi Penelitian

Pada studi penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Properties Tanah

Pengujian properties tanah dilakukan untuk menilai kekuatan, kepadatan, daya dukung, kohesi, dan sudut geser tanah untuk mengetahui apakah tanah ini tanah yang harus di perbaiki. Berikut data yang digunakan untuk pengujian properties tanah: (SNI 03-1963-1968-1990)

1. *Spesific Gravity (GS)*
2. Batas cair (LL)
3. Batas Plastis (PL)
4. Indeks Plastisitas (IP)
5. Tanah lolos saringan No.200
6. ω optimum dan γ_d max
7. Kohesi (c)
8. Sudut geser dalam
9. Nilai CBR max
10. *Clay*
11. *Slit*
12. *Sand*

13. Gravel

3.5.2 Spesific Grafity (GS)

Prosedur untuk pengujian Spesific Gravity adalah perbandingan antara berat volume suatu zat dengan berat volume air pada suhu tertentu. Dalam konteks tanah, specific gravity merujuk pada perbandingan antara berat jenis partikel tanah dengan berat jenis air tanah adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan nilai air piknometer:
 - 1. Timbang piknometer kosong, misal = 1 gram.
 - 2. Piknometer diisi dengan aquades sampai penuh kemudian ditimbang, misal = b gram.
 - 3. Suhu manometer diukur dengan termometer, misalnya: T1 0 c. Harga air pada piknometer = (b - c) t1; dimana t1 = dikoreksi T1
- b. Mencari *specific gravity* (Gs):
 - 1. Ambil bahan yang akan diuji, lalu masukkan ke piknometer yang kering dan bersih di atas dan timbang, misalnya = c gram (massa sampel = 2025 gram).
 - 2. Piknometer dan benda uji diberi aquades sampai tepat di bawah leher Piknometer, kemudian dikocok sampai gelembung didalam pikno hilang, kemudian didiamkan selama ± 24 jam.
 - 3. Setelah ± 24 jam, Piknometer diisi dengan aquades sampai penuh lalu diukur beratnya, misal = d gram.
 - 4. Kemudian suhu dicek menggunakan termometer, misal = T2 0c Koreksi suhu dapat dipantau pada tabel, misal = t2. Maka specific gravity (Gs) dapat ditemukan melalui persamaan:

$$GS = \frac{c-a}{HAP-(d-c)T2} \dots\dots\dots (3.1)$$



Gambar 3.4 Alat piknometer pengujian *Spesific Grafity*

Sumber: Dokumen penulis

3.5.3 Atterberg Limit (SNI 1967-2008)

Atterberg Limits adalah serangkaian batasan yang digunakan untuk menggambarkan sifat plastisitas tanah lempung. Batas ini menunjukkan perubahan keadaan tanah dari padat menjadi cair dan sebaliknya, yang sangat bergantung pada kadar airnya, pengujian *Atterberg limits* sebagai berikut:

a. Liquid limit (batas cair)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar air tanah yang ada di batas antara keadaan cair dan plastis. Alat yang digunakan dalam kursus ini:

- a. Cassagrande
- b. Ayakan no.40 (mm)
- c. Wadah
- d. Mangkok atau cawan besar
- e. Neraca analitik
- f. Pemanas
- g. Exicator (alat pendingin)

Prosedur pelaksanaan uji batas cair seperti dibawah ini.

1. Ambil contoh sampel tanah secukupnya, kemudian dimasukan kedalam oven ± 24 jam. Kemudian, sampel tanah dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan saringan no.40 ($\varnothing 0,425$ mm).
2. Ambil sebagian sampel, lalu campur dengan air dalam mangkuk.

3. Aduk dengan colet hingga rata.
4. Setelah tercampur rata, masukkan sampel ke dalam nampan sampel yang telah disesuaikan dengan ketinggian tetesan ± 1 cm
5. Sampel ditempatkan pada nampan yang diratakan, kemudian bagian tengahnya dialasi dengan collar sampai terpisah. Potongan menjadi dua.
6. Engkol berputar pada kira-kira dua putaran tiap detik.
7. Pemutaran berhenti setelah tanah terisi sekitar 2 cm.
8. Percobaan ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan tingkat biota air yang berbeda dan diperkirakan sampel tanah akan mencakup panjang 2 cm di bawah 25 keran (2 sampel) dan lebih dari 25 keran (2 sampel).

Dalam setiap percobaan, sampel tanah yang cukup diambil untuk menentukan kadar air. Berikut adalah cara memplot percobaan batas cair:

1. Dari hasil di atas, kami menggambar grafik dengan sumbu x yang mewakili jumlah bentang dan sumbu y yang mewakili persentase kadar air. 23
2. Keempat titik akar dihubungkan oleh sebuah garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada ketukan ke-25.
3. Perpotongan garis 25 dan garis digambar secara mendatar dan tentukan persentase kadar air.
4. Nilai kadar air adalah batas cair tanah.
5. Plastic limit (batas plastis)
- b. Batas plastis (PL)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui batas plastis tanah. Ini adalah kadar air minimum dari sampel tanah, ketika tanah dalam keadaan plastis. Alat yang digunakan dalam kursus ini:

1. Saringan no. 40 (mm)
2. Mangkok dan colet
3. Cawan
4. Lempeng kaca
5. Neraca analitis
6. Oven
7. Exicator (alat pendingin)

Prosedur untuk melagindingkukan uji batas plastis ini adalah sebagai berikut:

1. Ambil contoh tanah secukupnya dan panggang selama ± 24 jam. Kemudian sampel tanah dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan no.40 ($\varnothing 0,425$ mm).
2. Beberapa sampel tanah diambil dan ditempatkan dalam mangkuk dan ditambahkan Aquadest, kemudian diaduk hingga rata.
3. Setelah tercampur, sampel dipelintir di atas cawan kaca hingga membentuk lingkaran panjang sampai putus dengan diameter ± 3 mm.
4. jika telah mencapai batas, sampel tanah diambil dan ditimbang terus menerus dari 5gram sampai 10gram untuk mengetahui kadar airnya.



Gambar 3.5 Pengujian *Atterberg Limits*

Sumber: Dokumen Penulis

3.5.4 Direct Shear (SNI 3420:2016)

Uji geser langsung dimaksudkan untuk menentukan secara langsung kekuatan geser tanah. Alat yang digunakan dalam kursus ini:

1. *Direct shear test*
2. Timbangan dan timbangan atau timbangan
3. Pisau atau alat pemotong dan cincin pencetak.

Prosedur untuk melakukan uji geser langsung adalah sebagai berikut:

1. Penguji geser langsung berada di posisinya, pengatur waktu dan dial direset ke nol.
2. Template dicetak dan ditempatkan.
3. Sebuah beban vertikal (normal) diterapkan untuk mendapatkan tegangan normal (σ_n)

4. Alat putar diputar dan *stopwatch* ditekan (dihidupkan). Rotasi dilakukan secara berkala dan pada kecepatan yang sama atau dengan kecepatan konstan, yaitu setiap ± 2 detik. Hal ini untuk mendapatkan tegangan geser (σ_s)
5. Ketika situasi telah berubah, jarum disimpan ke posisi jarum tertinggi. Sekarang juga.
6. Percobaan dilakukan tiga kali pada masing-masing sampel tanah dengan beban 8 kg, 16 kg dan 24 kg. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan yang berbeda, sehingga hasilnya dapat diplot pada grafik.

Cara menghitung tegangan normal (σ_n) dan Tegangan Geser (σ_s) dengan keterangan gaya geser (F) adalah sebagai berikut:

1. Tegangan Normal (σ_n)

Tegangan normal adalah perbandingan antara beban normal (P) dengan luas penampang benda uji.

$$(F) - \sigma_n = \frac{P}{F} \dots\dots\dots (3:2)$$

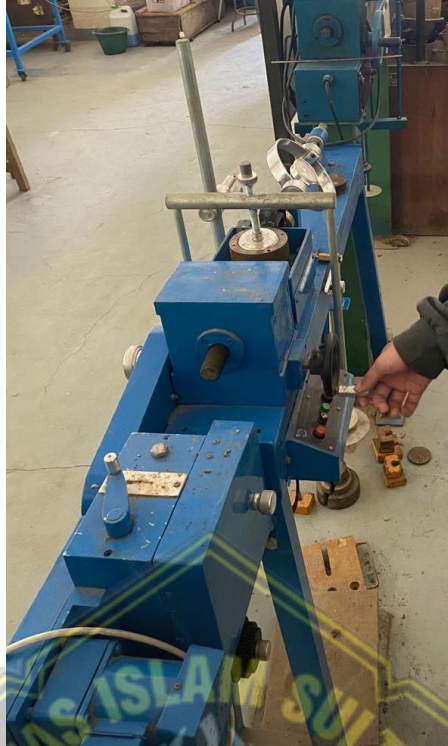
2. Tegangan Geser (σ_s)

Tegangan geser diperoleh dari perbandingan nomor indikasi dial dikalikan dengan nomor kalibrasi dibagi dengan luas permukaan benda uji.

$$(F) - \sigma_s = \frac{\text{Gaya geser}}{F} \dots\dots\dots (3:3)$$

Perhitungan dan metode representasi untuk mendapatkan c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam tanah) adalah sebagai berikut:

1. Gambar yang diperoleh dari percobaan dijelaskan dalam tempat koordinat. Tekanan adalah tegangan normal (σ_n) dan koordinatnya adalah tegangan geser (σ_s).
2. Untuk mencari kohesi (c) diukur jarak untuk titik potong tiap garis lurus atau grafik terhadap sumbu ordinat ke titik pusat. Dalam pengukuran ini, hasilnya dikalikan dengan sekala yang digunakan.
3. Untuk mencari sudut geser dalam tanah (ϕ) ukur sudut di mana garis horizontal memotong garis pada grafik.



Gambar 3.6 Alat pengujian *Direct Shear*

Sumber: Dokumen penulis

3.5.5 Sieve Analysis (SNI 7619-2012)

Pengujian untuk menentukan persentase butiran pecah pada agregat kasar, yang juga dikenal sebagai pengujian angularitas agregat kasar, digunakan untuk mengevaluasi kualitas agregat kasar yang akan digunakan dalam konstruksi. Butiran agregat kasar dengan permukaan pecah akan meningkatkan interaksi gesekan antar butiran dalam campuran, sehingga meningkatkan stabilitasnya. Selain itu, butiran tersebut akan memberikan tekstur permukaan yang baik, meningkatkan kekesatan dan daya cengkeram. Alat pengujian: (SNI 7619-2012)

1. Timbangan – Timbangan yang mempunyai ketelitian 0,1 % dari massa benda uji.
2. Saringan – Saringan sesuai dengan ASTM E 11 (SNI 03-6866-2002).
3. Alat pemisah – Alat pemisah yang sesuai untuk membagi contoh lapangan menjadi ukuran porsi pengujian sesuai dengan ASTM C 702 (SNI 13-6717-2002).
4. Spatula – Spatula atau alat sejenis untuk memilah-milah partikel agregat.

Prosedur Penelitian: (SNI 7619-2012)

1. Cuci contoh di atas saringan yang telah ditetapkan untuk mengeluarkan bahan halus yang tersisa kemudian keringkan sampai diperoleh massa konstan. Tentukan massa benda uji sampai mendekati 0,1 % massa contoh kering asli.
2. Tebarkan benda uji kering tersebut di atas permukaan yang rata, cukup luas dan bersih sehingga bisa diamati dengan teliti setiap butirnya. Untuk memenuhi persyaratan kriteria bidang pecah, amati butir agregat sehingga bidangnya bisa langsung diperhatikan. Jika luas bidang pecah sekurang-kurangnya seperempat dari luas penampang partikel maksimum yang terwakili, dianggap sebagai bidang pecah.
3. Gunakan spatula atau alat sejenis lainnya untuk memisahkan menjadi 2 kategori: (1) butir pecah berdasarkan apakah butir mempunyai jumlah bidang pecah yang diperlukan, (2) butir yang tidak memenuhi kriteria.
4. Tentukan massa yang memenuhi dan yang tidak memenuhi kriteria bidang pecah. Gunakan persentase massa untuk menghitung persentase butir pecah yang disyaratkan.
5. Jika disyaratkan butir agregat mempunyai lebih dari satu bidang pecah (misalnya, 70 % satu atau lebih bidang pecah dengan 40 % dua atau lebih bidang pecah), ulangi langkah langkah di atas dengan contoh yang sama.



Gambar 3.7 Pengujian Sieve Analisis menggunakan alat *Brass Round Sieve*

Sumber: Dokumen Penulis

3.5.6 Hidrometer (SNI 3423:2008)

Pengujian hidrometer digunakan untuk menentukan distribusi ukuran butir dari tanah halus, terutama untuk partikel yang lebih kecil dari 0,075 mm (tanah liat dan lanau). Pengujian ini didasarkan pada prinsip kecepatan pengendapan partikel dalam cairan, yang dipengaruhi oleh ukuran dan massa jenis partikel serta viskositas cairan. Berikut adalah peralatan dan penjelasan umum mengenai prosedur pengujian hidrometer:

1. Oven pengering yang dapat mengatur dan menjaga temperatur sebesar $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ untuk mengeringkan contoh analisis saringan;
2. Timbangan dengan kapasitas yang cukup dapat menimbang sampai 0,1 persen dari berat contoh, atau lebih teliti;
3. Alat pengaduk yang dapat dijalankan secara mekanis, terdiri atas motor listrik yang dapat memutar batang vertikal dengan kecepatan tidak kurang dari 10.000 revolusi per menit dan tanpa beban. Tongkat pengaduk dapat diganti dan biasanya terdiri atas logam, plastik atau karet keras.
4. Panjang tongkat pengaduk tidak kurang dari 19,00 mm (3/4 inci) dan tidak lebih dari 38 mm (1,5 inci) yang diletakkan di atas dasar dari mangkok dispersi.

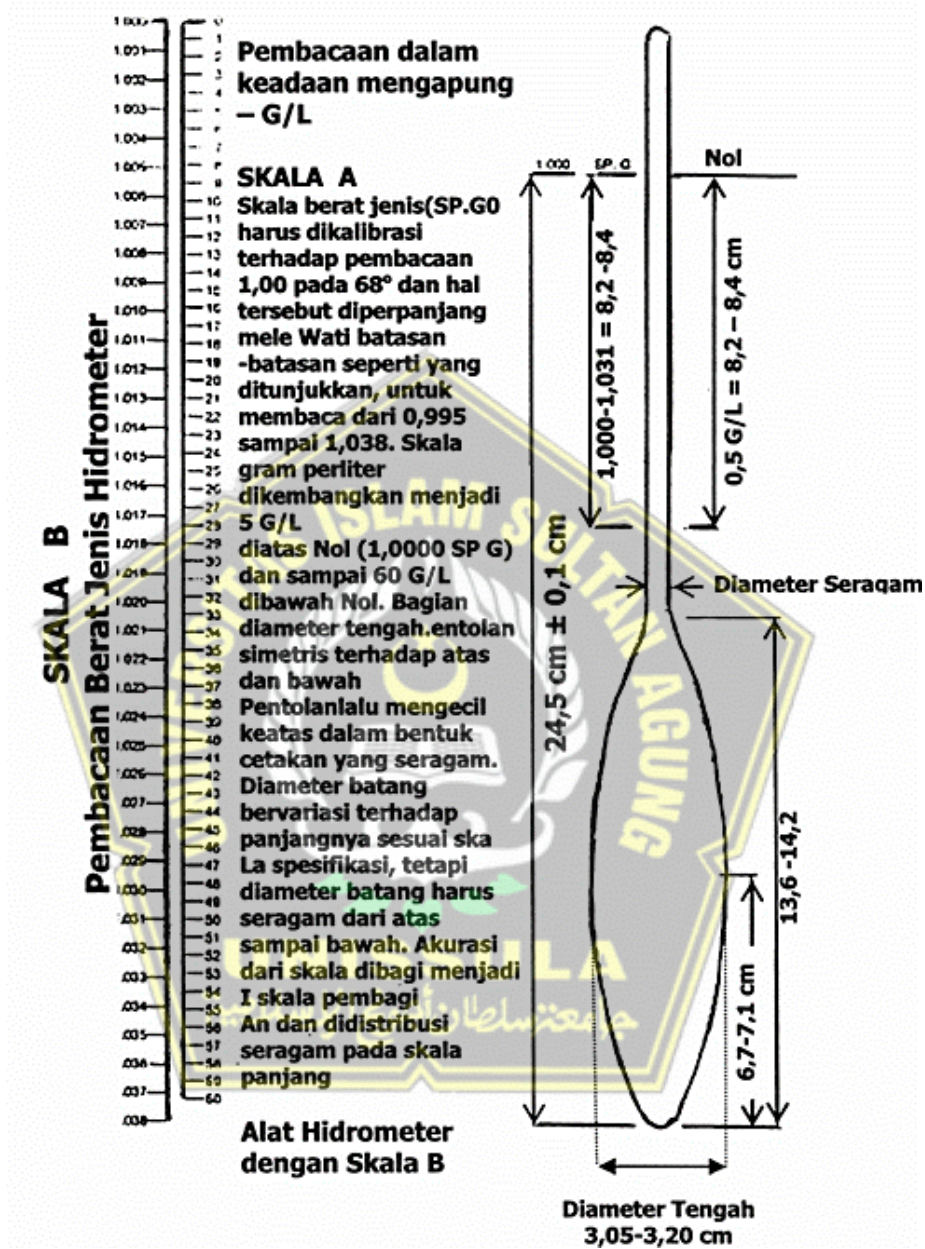
Pengujian Hidrometer:

1. Siapkan benda uji sekitar 100 gram atau 50 gram yang sudah dikeringkan dan ditumbuk, tempatkan dalam gelas kimia kapasitas 250 mL, yang nantinya dapat menampung 125 mL cadangan campuran benda uji dengan bahan pengurai yang dipilih.
2. Siapkan bahan pengurai antara lain dengan bahan pengurai dan air suling dengan komposisi 20 mL water glass, ditambah 100 mL air suling, sedangkan bila menggunakan 100 mL natrium heksametafospat ditambahkan 50 mL air suling.
3. Campurkan benda uji dengan bahan pengurai yang rendamkan, kemudian aduk dengan pengaduk gelas sampai rata dan biarkan selama 12 jam.
4. Pindahkan campuran kedalam mangkok dispersi dan tambahkan air suling sampai mengisi setengah mangkok, kemudian aduk selama 5 menit, 10menit, atau 15 menit tergantung dari harga PI dari tanah. Tanah dengan $PI \leq 5$ membutuhkan waktu pengadukan selama 5 menit, tanah dengan $6 \leq PI \leq 20$ perlu waktu aduk 10 menit dan tanah dengan $PI > 20$ perlu waktu aduk 15 menit,

sedangkan tanah yang mengandung banyak mika diperlukan waktu pengadukan hanya 1 menit.

5. Setelah dispersi, pindahkan campuran ke dalam tabung gelas ukur, lalu tambahkan air suling sampai volume campuran menjadi 1000 mL, lalu tempatkan dalam bak dengan temperatur tetap. Ukur temperature air di bak tersebut (T oC).
6. Angkat tabung gelas ukur yang berisi campuran dari dalam bak tersebut setelah campuran mencapai temperatur tetap. Dengan menggunakan telapak muka tangan, tutup mulut tabung rapat-rapat (atau bisa juga mulut tabung ditutup dengan penutup karet) dan kocok secara bolak balik selama 60 detik sampai pergolakan campuran berhenti.
7. Catat waktu pada saat berhentinya gejolak campuran dalam tabung dan tempatkan tabung yang berisi campuran dalam bak. Masukkan alat hidrometer ke dalam tabung, dan biarkan hidrometer terapung bebas.
8. Baca angka skala hidrometer untuk kelangsungan waktu sampai 120 detik yakni untuk setiap kelangsungan waktu 30 detik, 60 detik, dan 120 detik. Pembacaan hidrometer dilakukan pada batas atas cekungan permukaan dalam tabung (meniskus). Setelah pembacaan 120 detik, angkat alat hidrometer perlahan-lahan dan cuci dengan air suling.
9. Masukkan kembali hidrometer ke dalam tabung. Jika hidrometer yang digunakan adalah skala A, pembacaan harus mendekati 0,5 g/L. Pada hidrometer skala B dibaca mendekati 0,0005 berat jenis. Berikut pembacaan hidrometer dilakukan pada selang (interval) waktu 5 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, 250 menit dan 1440 menit setelah dimulainya pengendapan.
10. Setiap setelah pembacaan hidrometer, hati-hati mengangkat hidrometer dari dalam tabung dan setelah diangkat tempatkan dengan gerakan memintal di dalam air yang bersih. Sekitar 25 atau 30 detik sebelum pembacaan, alat hidrometer diambil dari tempat air bersih tersebut dan secara perlahan-lahan celupkan kedalam campuran didalam tabung, hal ini dilakukan untuk menjamin ketepatan waktu dalam pembacaan.
11. Ukur temperatur campuran pada 15 menit pertama dan kemudian pada setiap pembacaan berikutnya.

12. Setelah pembacaan terakhir, tuangkan campuran ke saringan No.200, dan cuci sampai airnya jernih, kemudian keringkan dengan oven pada temperatur $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.8 Alat Hidrometer

(Sumber: SNI 3423:2008)



Gambar 3.9 Pengujian Hidrometer

Sumber: Dokumen Penulis

3.5.7 Proctor Standart (SNI 1743-2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar air yang diperlukan untuk pemadatan tanah (ω_{opt}), berat volume basah maksimum (γ_d), berat volume kering maksimum (γ_d), dan presentase pori atau porosity. Alat-alat yang digunakan pada praktikum ini:

1. Alat penumbuk otomatis
2. Jangka sorong
3. pisau perata
4. Timbangan berat 60 kg
5. Timbangan gram (0,1 gram)
6. Neraca analitis dan anak timbangan
7. Cawan
8. Oven
9. Gelas ukur
10. Saringan no. 4 (\varnothing 4,76 mm)

Prosedur untuk melakukan uji proctor standart adalah sebagai berikut:

- a. Tanah yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu sebelum pengujian pemantauan dilakukan.
- b. Tanah dikeringkan menggunakan spiritus dan menjemur di bawah sinar matahari selama 2-3 hari.
- c. Alat pemantau dilepas dan setiap alat ditimbang dan diukur diameter dan tingginya. Demikian juga, tinjunya diukur dalam ukuran dan berat.
- d. Ambil contoh tanah kering dan saring dengan saringan no. 4 (\varnothing 4,76 mm), kemudian bagi tanah menjadi 3 bagian.
- e. Ambil satu bagian sampel, lalu campurkan dengan air sampai tercampur rata, lalu bagi menjadi 3 bagian yang sama.
- f. Setiap elemen dimasukkan ke dalam alat otomatis proctor dan dipukul 25 kali. Lanjutkan pada bagian 2 dan 3.
- g. Ring atas atau bagian atas perlahan-lahan dilepas dan diratakan dalam tabung dengan pisau perata, kemudian tanah dan probe ditimbang.
- h. Ambil sedikit tanah di dalam tabung (atas dan bawah tabung) untuk mencari kadar airnya.
- i. Percobaan diulangi lagi untuk contoh tanah berikutnya dengan cara yang sama dan dengan jumlah air yang bervariasi ditambahkan sampai batas maksimum (yang akan menghasilkan berat maksimum).
- j. Gs diambil dari berat jenis tanah (specific gravity).
- k. Hitung kadar air (ω), berat volume basah (γ_b), berat volume kering (γ_d), n , e , dan ZAV.
- l. Grafik digambar dengan absis kadar air (ω) dan kordinatnya (γ_b , γ_d , ZAV).



Gambar 3.10 Alat otomatis pengujian Proctor Standart

Sumber: Dokumen Penulis

3.6 California Bearing Ratio (CBR) (SNI 1744-2012)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah pondasi pada perencanaan lapis perkerasan lentur. Alat yang digunakan dalam kursus ini:

1. Mesin CBR
2. CBR mold
3. Ring pemisah
4. Penumbuk standart
5. Alat pengukur pengembang
6. Keping beban lubang bulat
7. Keping beban lubang alur
8. Piston penetrasi
9. Pengukur beban dan penetrasi
10. Alat perata Bak perendam

Prosedur untuk melakukan uji proctor standart adalah sebagai berikut:

1. Keringkan tanah sesuai jumlah sampel yang dibutuhkan di bawah panas matahari sampai kering.

2. Bagilah tanah menjadi 5 bagian dengan berat masing-masing kg, masing-masing bagian 5 bagian dengan berat 3,8 kg, 5 bagian dengan berat masing-masing 3,6 kg. Sebelumnya, tanah disaring melalui saringan no. 4 Ø 4,76 mm
3. Untuk sampel yang dicampur dengan bahan yang distabilkan, diamkan selama 24 jam setelah pencampuran menyeluruh dan tutup rapat.
4. Massa dasar dan bawah silinder keseimbangan. Volume silinder ditentukan dengan mengukur tinggi dan diameter alat.
5. Berat alu ditimbang dan tinggi benda yang jatuh diukur.
6. Ambil masing-masing contoh tanah dan aduk dengan air yang telah ditentukan sampai homogen. Campuran tersebut dibagi menjadi 5 bagian.
7. Tanah yang dihomogenkan terdistribusi secara merata. Jadi ada 5 buah bumi dan masing-masing bagian ditumbuk 56 kali sama rata.
8. Cincin bagian atas dilepas perlahan-lahan kemudian diratakan, setelah itu ditimbang.
9. Letakkan panci timbang di atas permukaan benda yang akan diuji, kemudian atur pendorong untuk menembus permukaan benda yang diuji, sehingga alat pengukur beban menunjukkan beban awal sebesar 45 kg. Pengumpunan awal ini diperlukan untuk memastikan kontak sempurna antara piston dan permukaan spesimen.
10. Sesuaikan plunger penetrasi ke permukaan objek yang diuji sehingga indikator/kontrol penetrasi diatur ke nol.
11. Pembebanan dilakukan dengan memutar engkol secara konstan dan otomatis dengan kecepatan 1,27 mm/menit, sehingga torak turun secara konstan.
12. Pembacaan arloji pembebanan dilakukan pada menit ke 1/4, 1/2, 1, 1 1/2, 2, 3, 4, 6, dan menit ke- 8.
13. Percobaan diatas adalah percobaan unsoaked, untuk percobaan soaked rendam tanah selama 4 hari lalu ulangi percobaan CBR.
14. Setelah membaca, lepaskan benda uji dan lepaskan sisi atas dan bawah untuk memeriksa kelembapan.



Gambar 3.11 Pengujian alat CBR

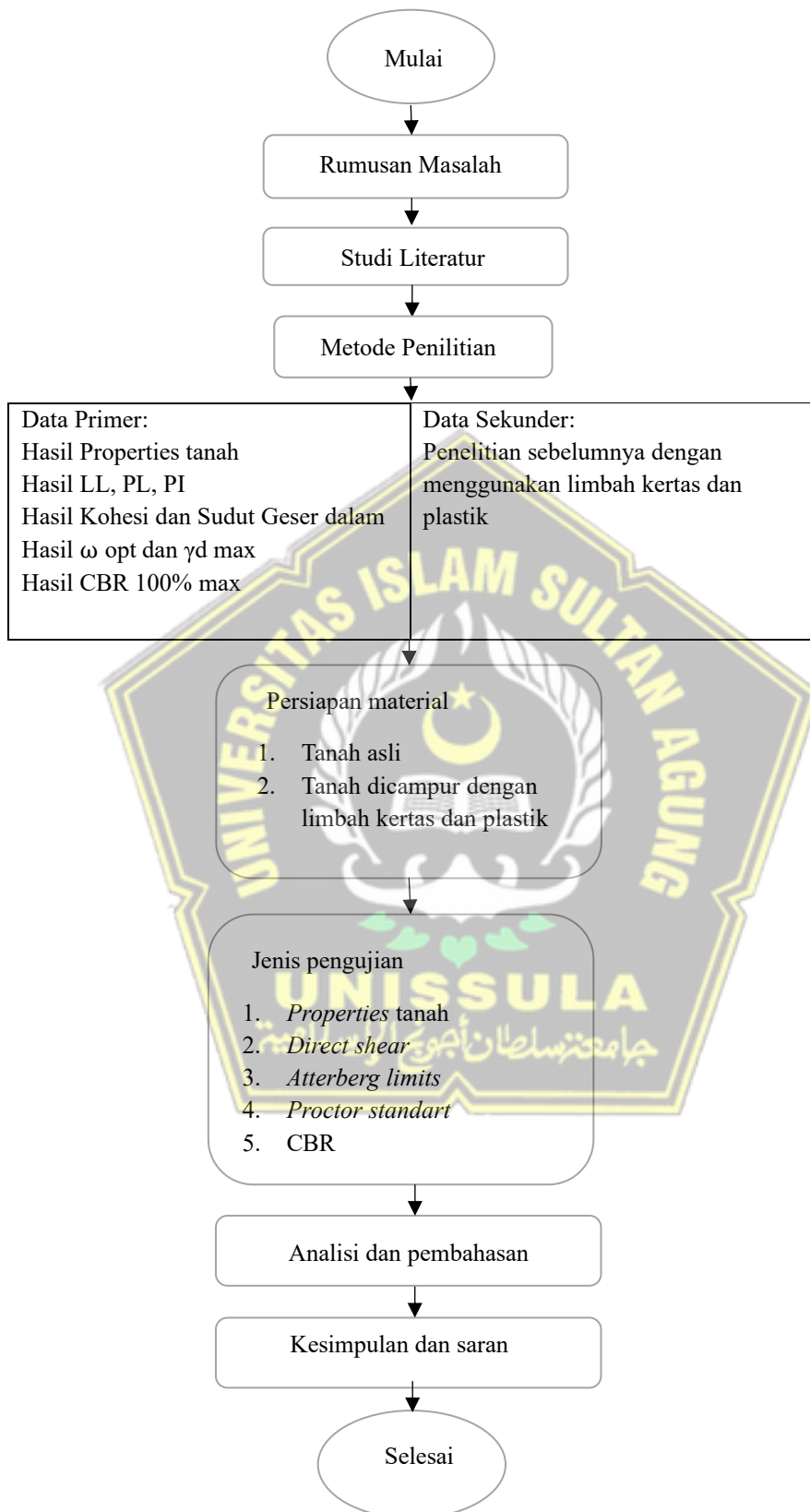
Sumber: Dokumen Penulis

3.7 Analisis Data

Dalam metode analisis data ini ada 2 tahap pelaksanaan yakni:

1. Melaksanakan pengujian di laboratorium dengan penambahan limbah kertas dan limbah plastik yang divariasikan 2%, 3%, 4%, 6%, 9%, yang mencakup uji atterberg limit, direct shear, *properties tanah*, proctor, dan CBR (California Bearing Ratio).
2. Kemudian hasil pengujian akan dibandingkan untuk mengetahui daya dukung tanah yang dicampur dengan limbah kertas dan limbah plastik apakah akan terjadi peningkatan?

3.8 Bagan Penelitian



Gambar 3.12 Bagan Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah Analisis CBR tanah lempung dengan penambahan kertas dan plastik pada tanah yang ada di UNISSULA Kota Semarang, Jawa Tengah. Metode penelitian yang digunakan Tugas Akhir ini berdasarkan data yang diperoleh dari uji di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNISSULA. Dari data tersebut dapat diketahui sifat-sifat tanah yang kami jadikan sampel pada penelitian ini beserta pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan *kertas* dan *plastik*. Kemudian data tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh kekuatan tanah yang dicampur dengan *kertas* dan *plastik* sebagai bahan tambahan stabilisasi tanah dengan variasi 2% 3% 4% 6% 9%.

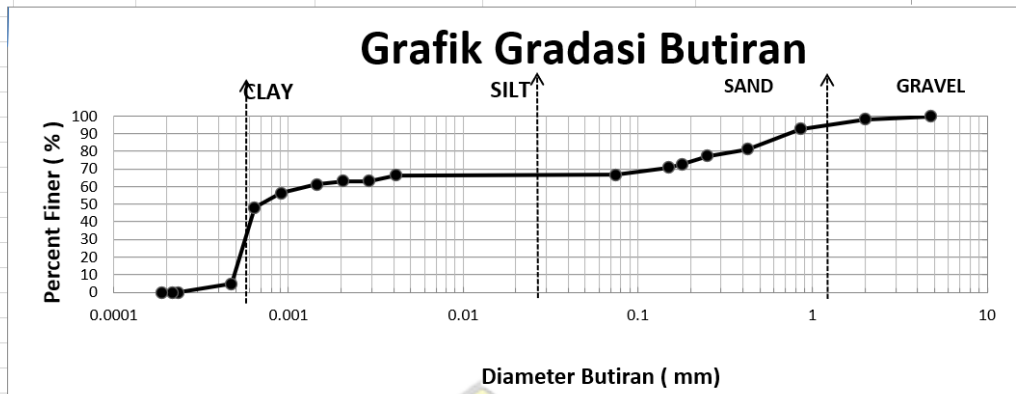
4.2 Properties Tanah Asli

Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui karakter tanah asli, untuk mengetahui apakah tanah ini tanah yang baik atau tanah yang perlu adanya perbaikan, berikut adalah Tabel 4.1 properties tanah asli.

4.3 Klasifikasi Tanah

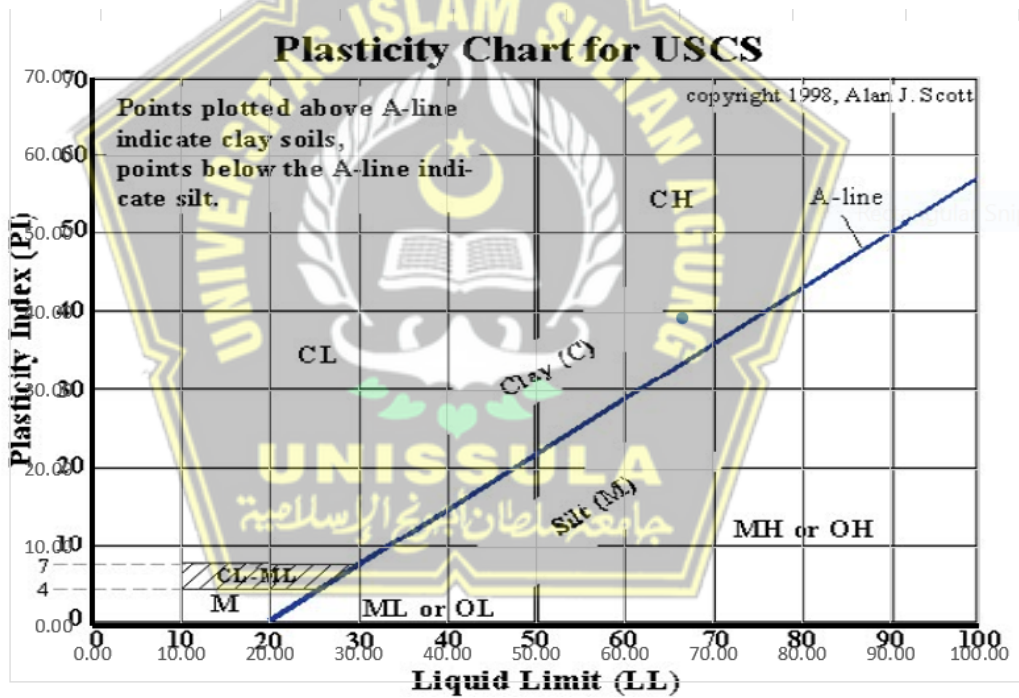
Berdasarkan Gambar 4.1 grafik gradasi butiran bahwa tanah yang lolos saringan no.200 > 50% sebesar 66,89%. Setelah dimasukkan ke dalam grafik plastisitas USCS sampel termasuk klasifikasi CH (Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau lempung gemuk)

CLAY (%)	SILT (%)	SAND (%)	GRAVEL (%)
63.07	3.81	31.23	1.89
66.89		33.12	



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Butiran

Sumber: Analisa Penulis



Gambar 4.2 Grafik Atterberg Limit sesuai USCS

Sumber: Alan J. Scott (1998)

Berdasarkan tabel diatas tanah di area UNISSULA masuk ke dalam golongan tanah CH.

Tabel 4.1 Hasil Data Pengujian Propertis Tanah Asli

Sifat	Nilai	Satuan
Aspecific Gravity (gs)	2,614	
Batas Cair (LL)	66,56	%
Batas Plastis (PL)	27,22	%
Indeks Plastisitas (IP)	39,34	%
Persenan Butiran Tanah Lolos Saringan No.200	66,89	%
Kadar Air Optimum (Wopt)	27,5	%
Berat Volume Kering Maksimum (γ_d max)	14,4	kN/cm ³
Kohesi (c)	0,072	Kg/cm ²
Sudut Geser Dalam (ϕ)	18,88	(°)
Nilai CBR	7,45	%
Sieve Analysis		
Clay	63,07	%
Slit	3,81	%
Sand	31,23	%
Gravel	1,89	%

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan dari data Propertis tanah di atas, tanah ini merupakan jenis tanah lempung lunak hal ini dapat dilihat dari nilai geser dalam 18,88%, LL tanah asli sebesar 66,56%, PL tanah asli 27%, IP tanah asli 39,34%, sudut geser dalam (ϕ) sebesar 18,88, nilai CBR unsoaked sebesar 7,45%, nilai dari Grain size dimana Clay 63,07%, Slit 3,81%, Sand 31,23%, Gravel 1,89%, menurut penjelasan diatas tanah ini merupakan tanah lunak dan perlu adanya perbaikan tanah.

4.4 Uji untuk Menganalisa Stabilisasi Tanah

4.4.1 Atterberg Limits

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian *Atterberg Limits* dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kadar air dalam tanah yang merupakan batas antara keadaan cair dan plastis.

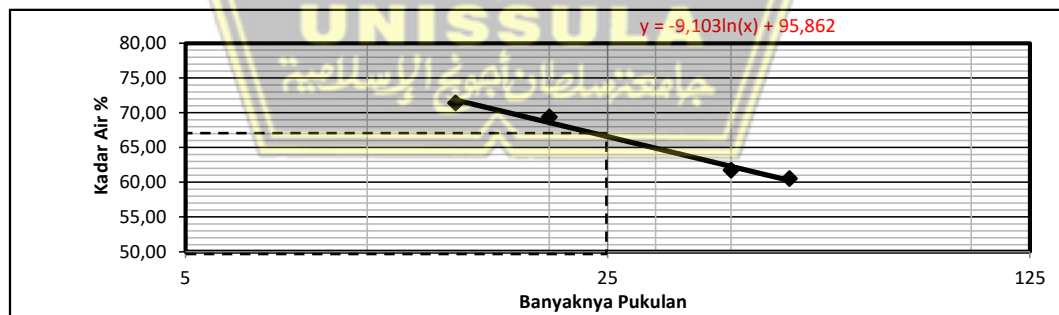
Analisis hasil perhitungan data *liquid limit* bisa dilihat pada persamaan (2.5)

Tabel 4.2 Nilai Perhitungan Batas Cair

SAMPEL	JUMLAH KETUKAN	NO. CAWAN	BERAT CAWAN (gr)(a)	BERAT CAWAN +TANAH BASAH (gr)(b)	BERAT CAWAN +TANAH KERIN G (gr)(c)	w%	LL (%)
T.Asli 100%	14	1	4,07	38,57	24,2	71,39	66,56
	20	2	4,08	35,97	22,91	69,36	
	40	3	4,33	28,54	19,3	61,72	
	50	4	6,49	39,36	26,97	60,5	
LK3%+LP2%	15	1	4,43	16,43	11,54	68,78	60,19
	21	2	4,11	16,8	12,08	59,22	
	43	3	4,4	19,34	14,13	53,55	
	65	4	4,17	17,83	13,32	49,29	
LK 6%+LP 4%	19	1	4,32	14,78	10,82	61,97	55,23
	22	2	4,11	15,32	11,42	53,35	
	40	3	4,4	17,89	13,45	49,06	
	67	4	4,17	20,37	15,54	42,48	
LK 6%+LP 9%	17	1	4,43	14,01	10,71	52,55	47,5
	23	2	4,11	17,75	13,21	49,89	
	34	3	4,4	18,01	13,89	43,41	
	50	4	4,17	18,45	18,45	35,74	

Sumber: Analisa Penulis

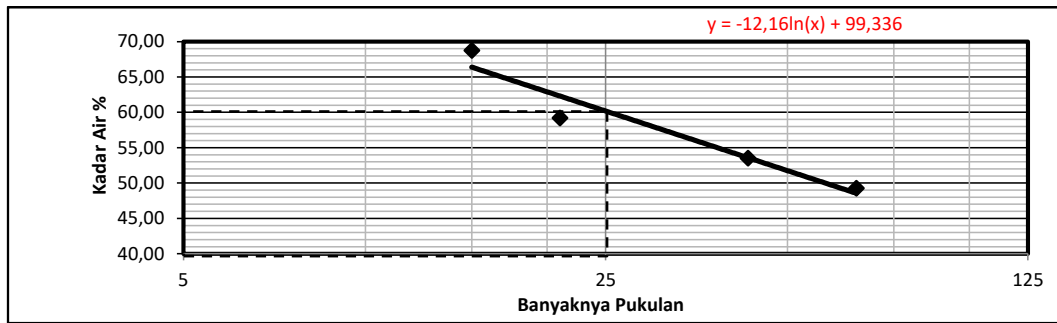
Berdasarkan hasil perhitungan batas air pada Tabel 4.2, maka dapat diperoleh grafik *liquid limit* untuk sampel tanah asli di Kawasan UNISSULA, Kota Semarang, Jawa Tengah seperti Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik *Liquid Limit* sampel Tanah Asli

Sumber: Analisa Penulis

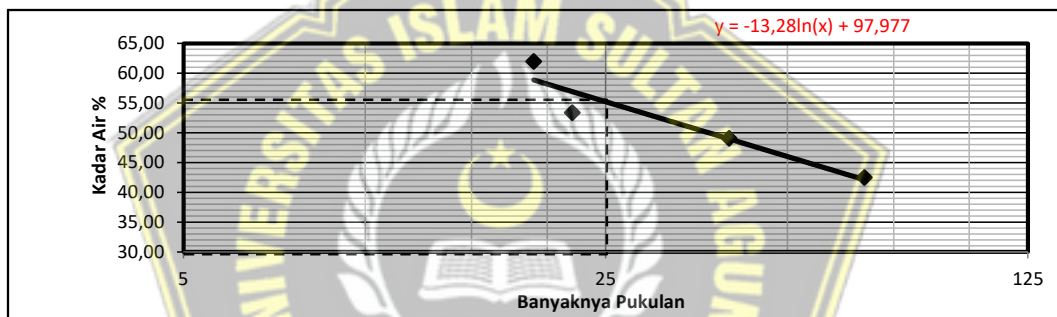
Berdasarkan hasil dari data pengujian *atterberg limit* pada tanah asli yang tidak tercampur dengan kertas dan plastik menunjukkan hasil batas cair (*Liquid limit*) sebesar 66,56 %, grafik batas cair (*Liquid Limit*) yang diperoleh dari hasil pengujian *atterberg limit* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.4 Grafik *liquid limit* sampel campuran LK3%-LP2%

Sumber: Analisa Penulis

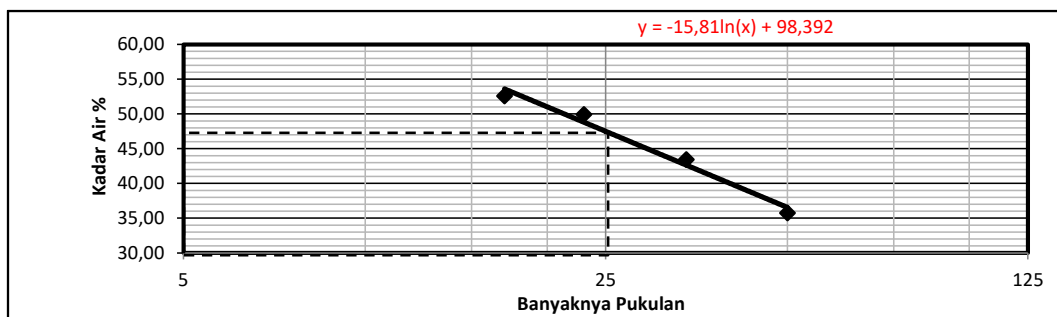
Berdasarkan hasil dari data pengujian *atterberg limit* pada tanah yang tercampur dengan LK3%-LP2% menunjukkan hasil batas cair (*Liquid limit*) sebesar 60,19%, grafik batas cair (*Liquid Limit*) yang diperoleh dari hasil pengujian *atterberg limit* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.5 Grafik *liquid limit* sampel campuran LK6%-LP4%

Sumber: Analisa Penulis

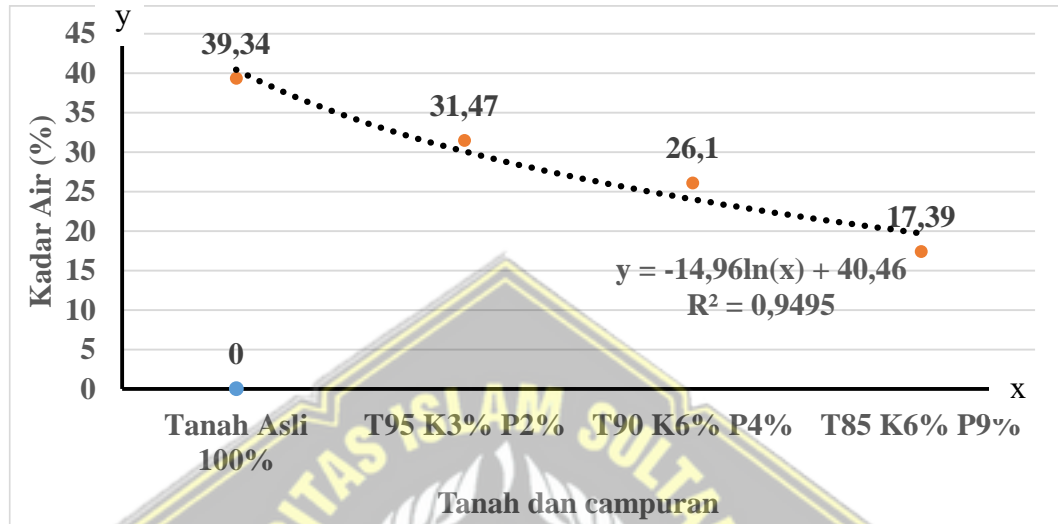
Berdasarkan hasil dari data pengujian *atterberg limit* pada tanah yang tercampur dengan LK6%-LP4% menunjukkan hasil batas cair (*Liquid limit*) sebesar 55,23%, grafik batas cair (*Liquid Limit*) yang diperoleh dari hasil pengujian *atterberg limit* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.6 Grafik *liquid limit* sampel campuran LK6%-LP9%

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan hasil dari data pengujian *atterberg limit* pada tanah yang tercampur dengan LK6%-LP9% menunjukkan hasil batas cair (*Liquid limit*) sebesar 47,50%, grafik batas cair (*Liquid Limit*) yang diperoleh dari hasil pengujian *atterberg limit* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kadar air optimum *liquid limit*

Sumber: Analisa Penulis

b. Batas Plastis (*plastic limit*)

Pengujian ini berfungsi untuk menentukan kondisi suatu tanah pada saat kadar air minimum. Analisa hasil percobaan data *plastic limit* dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Nilai perhitungan Batas Plastis

sampel	no cawan	berat cawan (gr)(a)	berat cawan +tanah basah(gr)(b)	berat cawan+ tanah kering (gr)(c)	W(%)	PL(%)
Tanah Asli	5	4,09	8,53	7,58	27,22	27,22
LK 3%+LP 2%	5	4,1	16,28	13,56	28,75	28,75
LK 6%+LP 4%	5	4,14	16,28	13,53	29,29	29,29
LK 6%+LP 9%	5	4,19	15,8	13,09	30,45	30,45

Sumber: Analisa Penulis

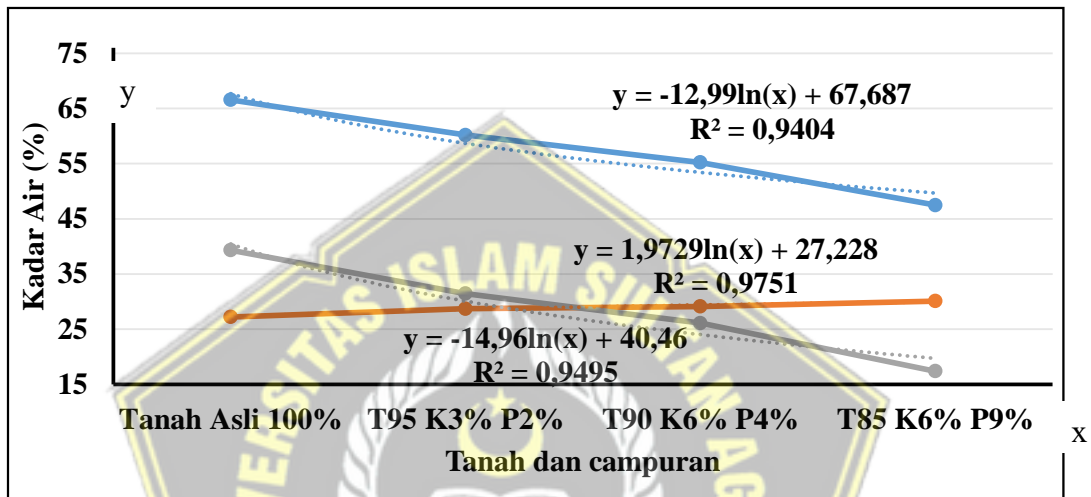
Setelah diketahui batas cair dan batas plastisnya hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dihitung nilai (*IP*) dan didapat hasil perhitungan seperti pada tabel dibawah ini.

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (4:1)$$

Tabel 4.4 Hasil Indeks Plastisitas

Sampel	LL%	PL%	IP%
Tanah Asli	66,56	27,22	39,34
LK 3%+LP 2%	60,19	28,75	31,44
LK 6%+LP 4%	55,23	29,29	25,94
LK 6%+LP 9%	47,5	30,45	17,05

Sumber: Analisa Penulis



Gambar 4.8 Grafik ATL Tanah Asli dan Campuran LK dan LP

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan dari data batas cair (*Liquid limit*) dan batas plastis (*Plastic limit*) dan indeks plastisitas pada Gambar 4.8, menunjukkan bahwa semakin besar campuran tanah dengan limbah kertas dan plastik maka semakin kecil batas cair, batas plastis dan indeks plastisitasnya, hal ini berarti daya dukung tanah semakin meningkat karena karakter tanah semakin baik, pada campuran tanah 85% LK6%+LP9% memiliki nilai LL 47,5 %,mengalami penurunan yang paling banyak dibandingkan dengan pengujian dengan campuran lainnya, grafik perubahan LL, PL, dan PI bisa dilihat di Gambar 4.8.

4.4.2 Direct Shear

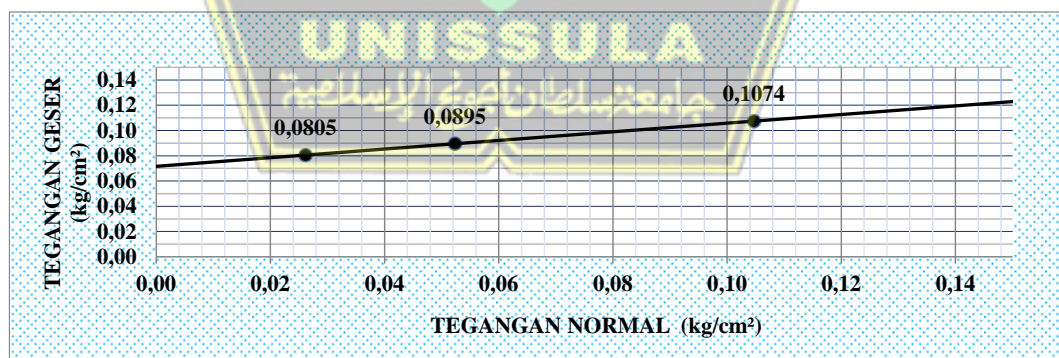
Uji *Direct Shear* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kohesi tanah dan sudut geser pada sampel yang digunakan. Dari hasil pengujian yang diperoleh, perhitungan sesuai dengan persamaan (3.2) dan (3.3), berikut datanya.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan *Direct Shear* sampel tanah asli dan campuran kertas dan plastik

Sampel	Percobaan	Beban (kg/cm ³)	Koreksi beban (kg/cm ³)	Pembacaan Dial	Tegangan Normal σ_n	Tegangan Geser σ_s
0%	1	1	0,79	4,5	0,02618	0,0805
	2	2	1,58	5	0,05236	0,895
	3	4	3,16	6	0,1047	0,1074
LK 3%+LP 2%	1	1	0,8155	4,8	0,02703	0,0859
	2	2	1,631	5	0,05405	0,0895
	3	4	3,262	6,3	0,1081	0,1127
LK 6%+LP 4%	1	1	0,815	6	0,02701	0,1074
	2	2	1,63	7	0,05402	0,1253
	3	4	3,26	7,8	0,108	0,1396
LK 6%+LP 9%	1	1	0,8135	9,5	0,2696	0,17
	2	2	1,627	11	0,05392	0,1968
	3	4	3,25	11,5	0,1078	0,2058

Sumber: Analisa Penulis

Dari perhitungan *Direct Shear* dapat digunakan grafik perbandingan antara tegangan normal dan tegangan geser. Ada garis yang bersinggungan dengan tiga titik pada grafik, Sehingga nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) yang sesuai. Dengan kondisi tanah uji diagram gaya geser langsung dari sampel tanah asli dapat dilihat di Gambar 4.9.

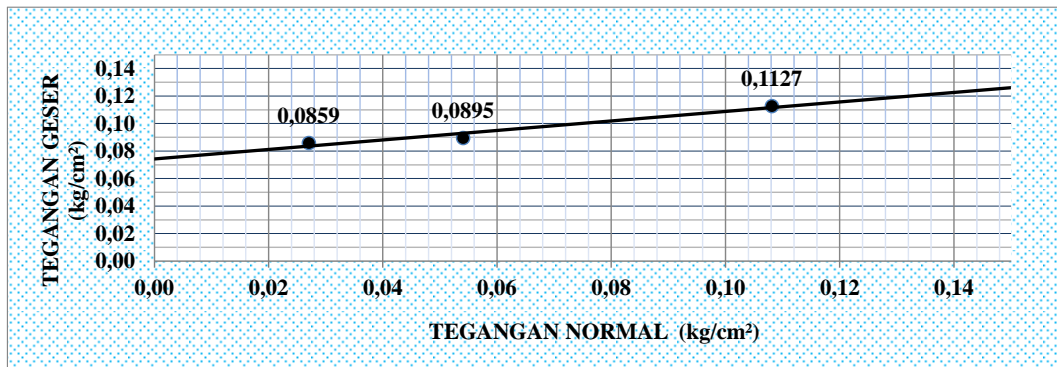


Gambar 4.9 Grafik *Direct Shear* Tanah Asli

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan Gambar 4.9 grafik *Direct shear* Tanah Asli tersebut diperoleh nilai Tegangan Geser 0,0805 kg/cm², 0,0895 kg/cm², 0,1074 kg/cm², dan nilai Tegangan

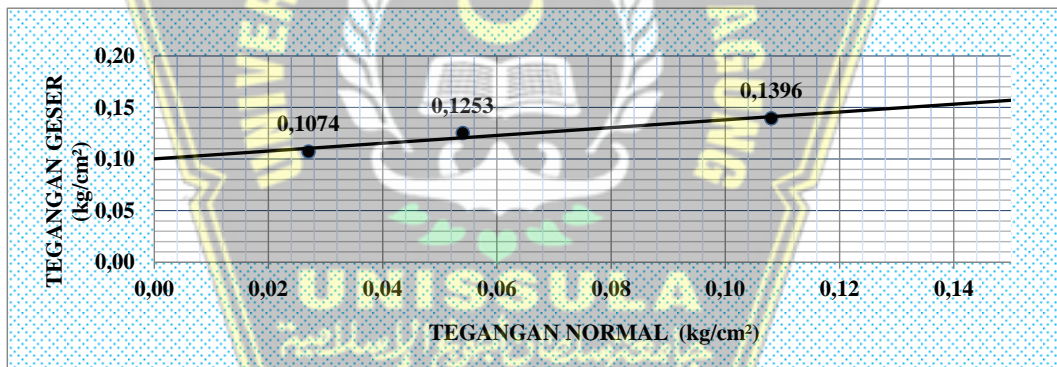
Normal 0,0262 kg/cm², 0,052 kg/cm², 0,105 kg/cm², menunjukkan hasil sudut geser dalam sebesar 18,88°, dan kohesi sebesar 0,072 kg/cm²



Gambar 4.10 Grafik *Direct shear* LK3%+LP2%

Sumber: Analisa Penulis

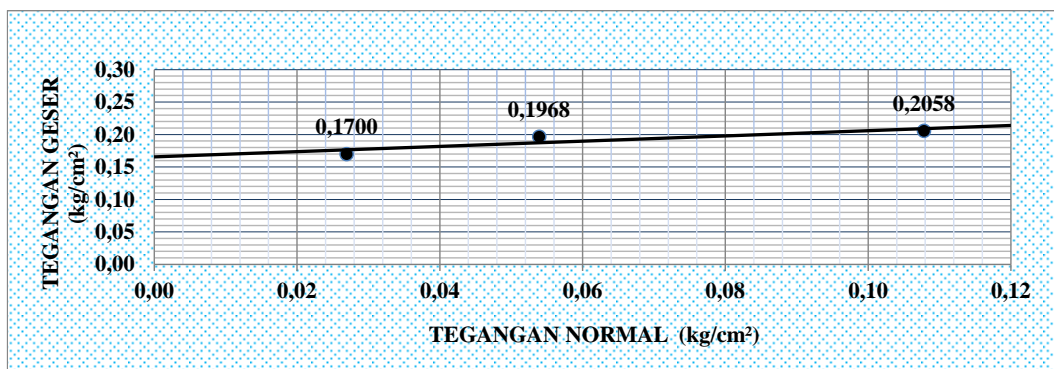
Berdasarkan Gambar 4.10 grafik *Direct Shear* campuran LK3%+LP2% tersebut diperoleh nilai Tegangan Geser 0,0859 kg/cm², 0,0895 kg/cm², 0,1127 kg/cm², dan Tegangan Normal 0,0270 kg/cm², 0,054 kg/cm², 0,108 kg/cm², menunjukkan hasil sudut geser dalam sebesar 18,88°, dan kohesi sebesar 0,072 kg/cm²



Gambar 4.11 Grafik *Direct Shear* LK 6%+LP 4%

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan Gambar 4.11 grafik *Direct Shear* campuran LK 6%+ LP 4% tersebut diperoleh nilai Tegangan Geser 0,1074 kg/cm², 0,1253 kg/cm², 0,108 kg/cm², dan Tegangan Normal 0,0270 kg/cm², 0,054 kg/cm², 0,108 kg/cm². menunjukkan hasil sudut geser dalam sebesar 20,75°, dan kohesi sebesar 0,100 kg/cm²



Gambar 4.12 Grafik *Direct Shear* LK 6%+LP 9%

Sumber: Analisa Penulis

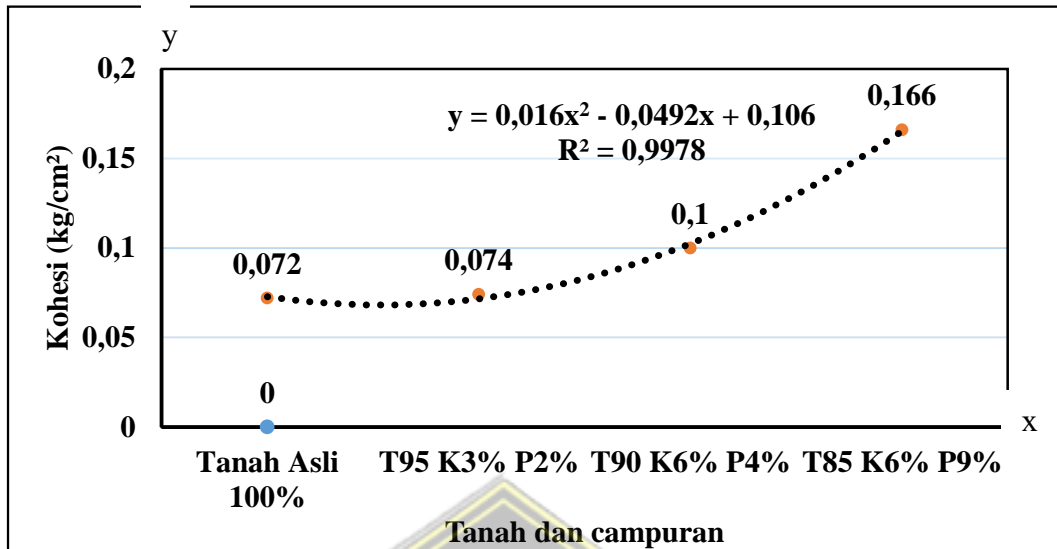
Berdasarkan Gambar 4.12 grafik *Direct Shear* campuran LK 6%+ LP 9% tersebut diperoleh nilai Tegangan Geser 0,1700 kg/cm², 0,1968 kg/cm², 0,2058 kg/cm², dan Tegangan Normal 0,0270 kg/cm², 0,054 kg/cm², 0,108 kg/cm². menunjukkan hasil sudut geser dalam sebesar 21,96°, dan kohesi sebesar 0,166 kg/cm².

Tabel 4.6 Hasil Penggambaran *Direct Shear*

No	Sampel	Kohesi (c) (Kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (Ø)(°)
1	0%	0,072	18,88
2	LK 3%+LP 2%	0,074	19,06
3	LK 6%+LP 4%	0,1	20,75
4	LK 6%+LP 9%	0,166	21,96

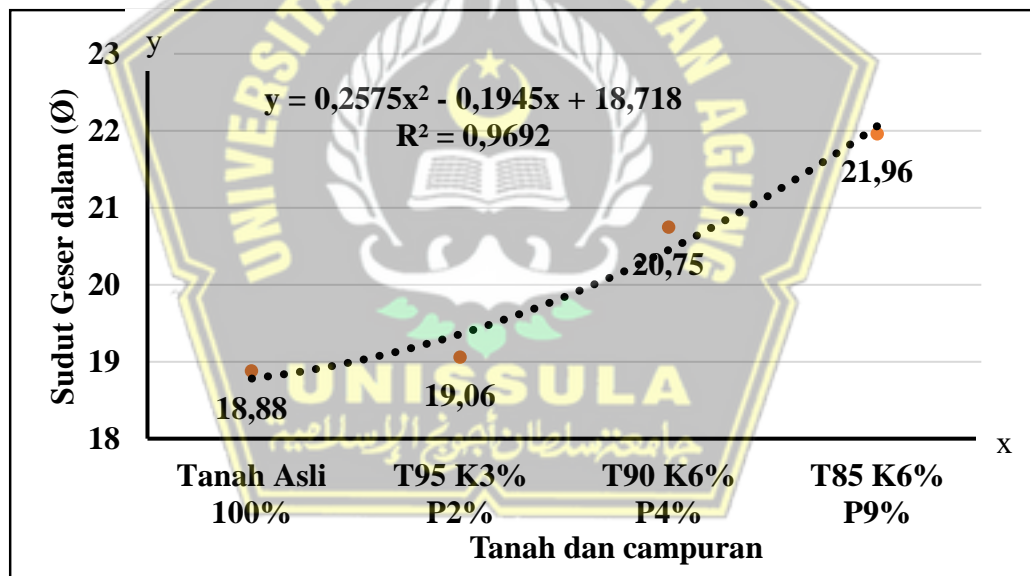
Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan dari perhitungan kohesi (c) dan sudut geser (Ø) pada Tabel 4.6, menunjukkan nilai kohesi dan sudut geser yang terkandung dalam sampel tanah campuran LK6%+LP9% mengalami kenaikan yang paling banyak dibandingkan dengan campuran yang lain, jadi semakin banyak campuran yang ditambahkan nilai kohesi dan nilai sudut geser pada tanah semakin besar maka tanah tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya, grafik perubahan nilai kohesi dan nilai sudut geser pada tanah asli dan tanah campuran kertas dan plastik dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4.13 Grafik nilai kohesi tanah asli dan campuran kertas, plastik.

Sumber: Analisa Penulis



Gambar 4.14 Grafik nilai sudut geser dalam tanah asli dan campuran kertas, plastik

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan Gambar 4.13, dan 4.14. Terlihat bahwa nilai kohesi dan nilai sudut geser dalam di tanah 85% LK 6%+LP 9% kohesi sebesar 0,166 kg/cm², dan sudut geser dalam sebesar 21,96 % semakin meningkat dari nilai tanah asli dan campuran lainnya, semakin banyak diberi campuran kertas dan plastik maka kekuatan geser tanah semakin baik.

4.4.3 Proctor Standart

Uji *Proctor Standart* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar air optimum tanah (ω_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_b), berat volume kering tanah optimum (γ_d), dan persentase pori *porosity* pada tanah sampel. Pada percobaan ini kadar air yang digunakan pada setiap sampel berbeda. Data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium dapat dilihat di Tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Pengujian *Proctor Standart*

Sampel	Nomor percobaan	Volume Air (cc)	Berat Alat + Tanah (gr)	No. Cawan	Berat Cawan (gr) (a)	Berat cawan + Tanah Basah (gr) (b)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)(c)
0%	I	200	8021	1	3,26	19,78	16,95
	II	400	8222	2	4,14	20,08	17,05
	III	600	8330	3	10,39	22,31	19,71
	IV	700	8272	4	4,16	30,18	23,75
	V	800	8200	5	4,38	32,45	25,31
LK-3%, LP-2%	I	300	6720	1	6,18	36,73	30,73
	II	400	6889	2	4,16	35,09	28,5
	III	480	6967	3	4,65	46,6	37,1
	IV	680	6850	4	4,19	48,57	37,98
	V	800	6650	5	4,44	57,52	44,34
LK-6%, LP-4%	I	150	7003	1	4,1	26,51	22,4
	II	250	7210	2	4,13	36,16	29,65
	III	400	7410	3	4,11	36,47	29,1
	IV	500	7340	4	4,43	46,54	36,58
	v	750	7210	5	13,2	54,01	42,99
LK-6%, LP-9%	I	100	7802	1	6,5	25,75	22,51
	II	200	7911	2	6,41	29,98	25,76
	III	300	7995	3	4,1	27,97	23,21
	IV	500	8102	4	4,41	39,03	30,55
	V	750	8010	5	4,11	61,17	44,5

Sumber: Analisa Penulis

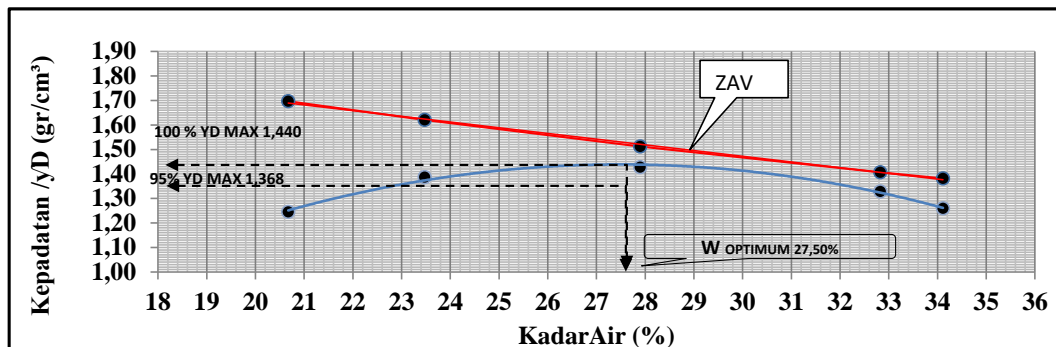
Berdasarkan hasil dari tabel data pengujian *Proctor Standart* di laboratorium dapat diperoleh perhitungan untuk mendapatkan Berat Volume tanah basah (γ_b) Kadar air (ω), Kadar pori (n), *Zero air void* (ZAV), hasil perhitungan *Proctor standart* pada tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 4.11. Analisis data tersebut kemudian dihitung seperti Persamaan 2.2 – 2.7

Tabel 4.8 Nilai perhitungan *Proctor Standart* Tanah asli dan campuran kertas, plastik

Sampel	No. Percobaan	W(%)	γ_b (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	ZAV
0%	I	20,67	1,5	1,25	1,7
	II	23,47	1,71	1,39	1,62
	III	27,9	1,83	1,43	1,51
	IV	32,82	1,77	1,33	1,41
	V	34,11	1,69	1,2	1,38
LK-3%, LP-2%	I	24,44	1,53	1,23	1,3
	II	27,07	1,71	1,34	1,47
	III	29,28	1,79	1,39	1,42
	IV	31,34	1,67	1,27	1,38
	V	33,03	1,45	1,09	1,35
LK-6%, LP-4%	I	22,46	1,34	1,09	1,51
	II	25,51	1,54	1,23	1,45
	III	29,49	1,73	1,34	1,37
	IV	30,98	1,66	1,27	1,34
	V	36,99	1,54	1,12	1,24
LK-6%, LP-9%	I	20,24	1,28	1,06	1,48
	II	21,81	1,39	1,14	1,45
	III	24,91	1,48	1,19	1,39
	IV	32,44	1,59	1,2	1,2
	V	41,27	1,5	1,06	1,13

Sumber: Analisa Penulis

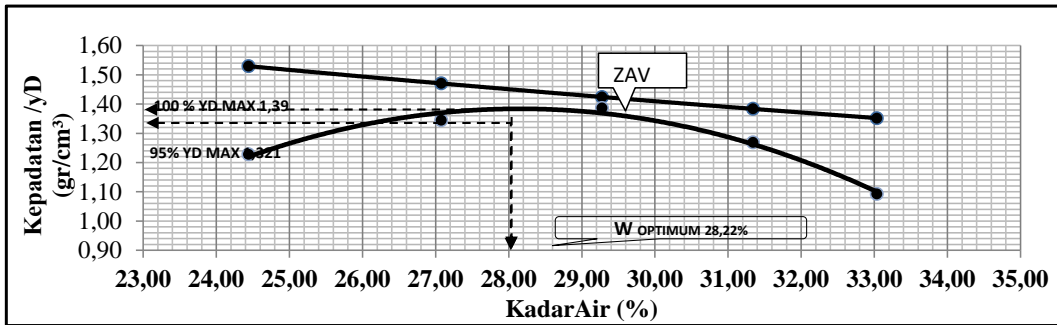
Untuk menentukan besarnya volume kadar air suatu kondisi tanah dengan berat keringnya maka dilakukan suatu proses pemadatan tanah yang disesuaikan dengan kondisi aslinya. Proses pemadatan tanah yang dilakukan dengan variasi kadar air yang berbeda-beda sehingga mendapatkan kondisi (ω_{opt}). Grafik kadar air (ω_{opt}) pada tanah asli yang diperoleh dari hasil pengujian *Proctor Standart* dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik (ω_{opt}) sampel tanah asli

Sumber: Analisa Penulis

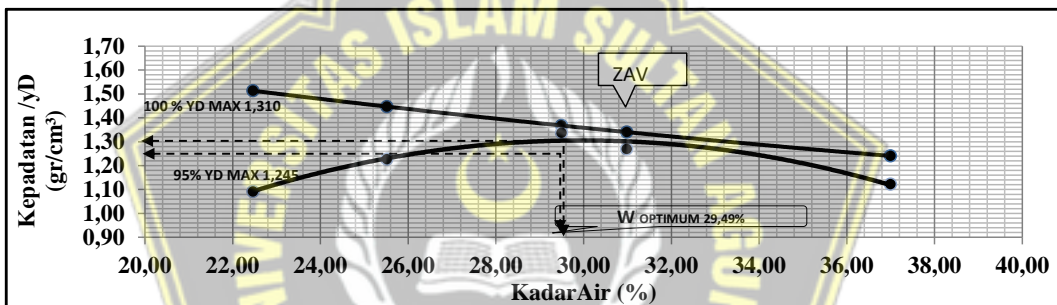
Grafik Kadar air Optimum pada tanah asli yang tidak dicampuri dengan kertas, plastik yang diperoleh dari hasil pengujian Gambar 4.15.



Gambar 4.16 Grafik (ω_{opt}) Sampel 95%Tanah - 3%LK - 2%LP

Sumber: Analisa Penulis

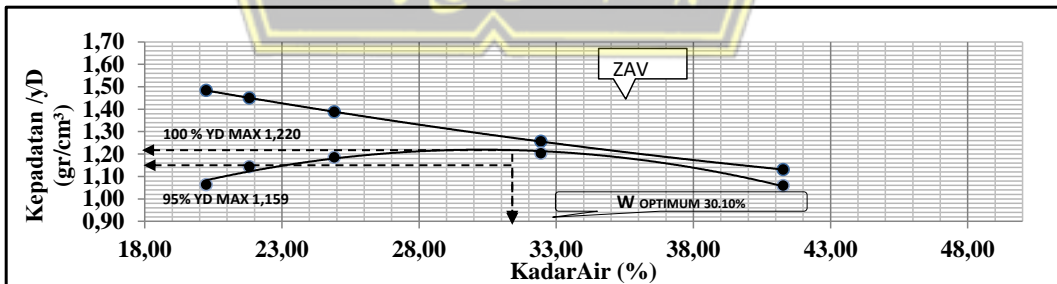
Grafik Kadar air Optimum pada 95%Tanah - 3%LK - 2%LP yang diperoleh dari hasil pengujian Gambar 4.16.



Gambar 4.17 Grafik (ω_{opt}) Sampel 90%Tanah - 6%LK - 4%LP

Sumber: Analisa Penulis

Grafik Kadar air Optimum pada 90%Tanah - 6%LK - 4%LP yang diperoleh dari hasil pengujian Gambar 4.17.



Gambar 4.18 Grafik (ω_{opt}) Sampel 85%Tanah - 6%LK - 9%LP

Sumber: Analisa Penulis

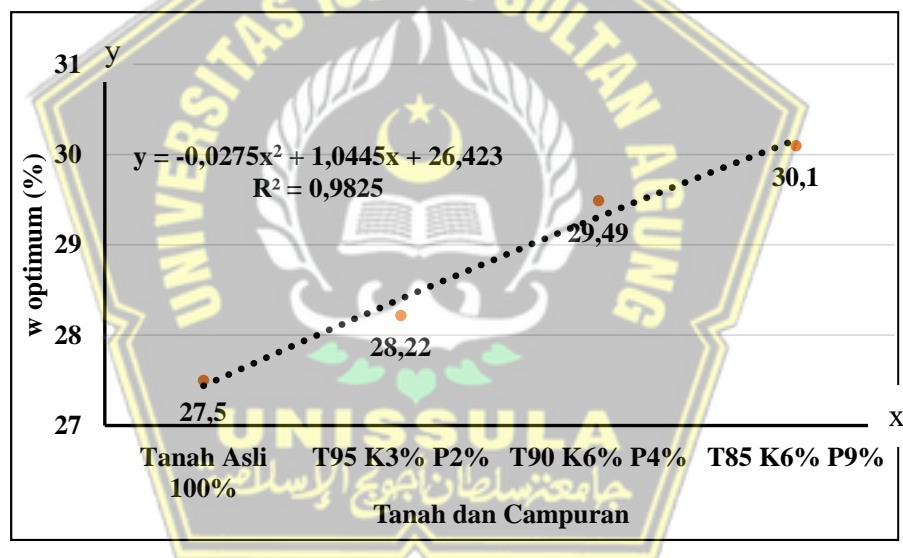
Grafik Kadar air Optimum pada 85%Tanah - 6%LK - 9%LP yang diperoleh dari hasil pengujian Gambar 4.18.

Tabel 4.9 Hasil *Proctor Standart* tanah asli campuran kertas, plastik

No	Sampel	$\gamma_d(\text{gr}/\text{cm}^3)$	w opt(%)
1	0%	1,44	27,5
2	LK3%+LP2%	1,39	28,22
3	LK6%+LP4%	1,31	29,49
4	LK6%+LP9%	1,22	30,1

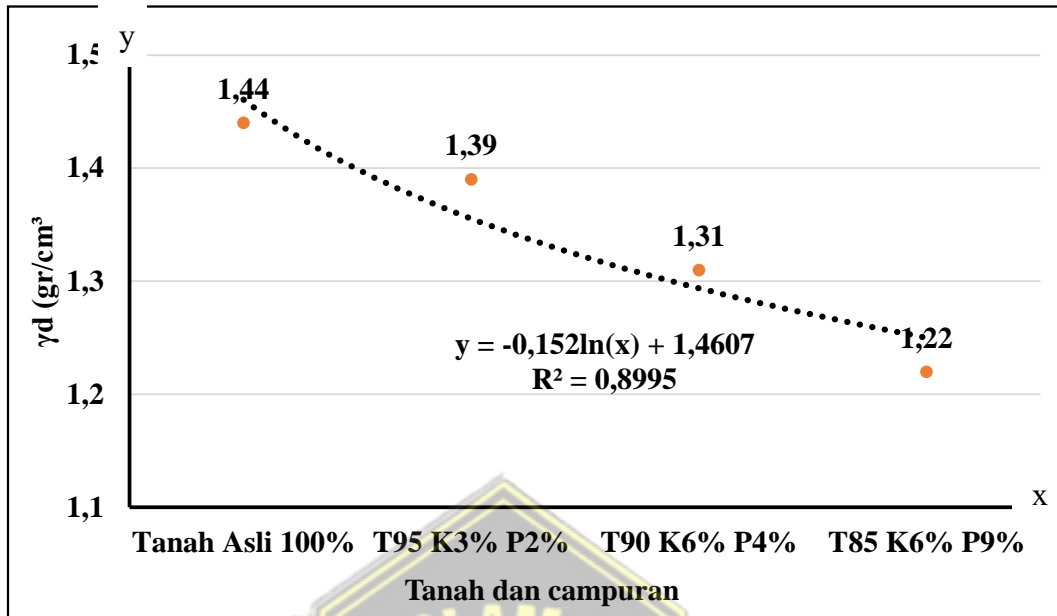
Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan dari data kadar air optimum (ω_{opt}) pada Tabel 4.9 dapat diketahui pada presentase LK 6%+LP 9% menunjukkan tanah mencapai kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum (ω_{opt}) dengan nilai γ_d 1,22 gr/cm^3 dan W_{opt} 30,1% yang paling tinggi dibandingkan dengan campuran yang lain. Grafik perubahan kadar air optimum (ω_{opt}) tanah asli dan tanah yang telah dicampuri dengan limbah kertas dan plastik dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Grafik ω_{opt} sampel tanah asli campuran kertas dan plastik

Sumber: Analisa Penulis



Gambar 4.20 Grafik γ_d 100% tanah asli campuran kertas dan plastik

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan Gambar 4.19 4,20 nilai ω_{opt} naik dikarenakan efek campuran kertas dan plastik. Pada tanah dengan komposisi 85% tanah, 6% kertas, dan 9% plastik, nilai ω_{opt} tercatat sebesar 30,1%. Untuk γ_d pada tanah 85% mengalami penurunan dikarenakan efek dari campuran kertas yang menyerap air dan disaat pengeringan oven, tanah dan campuran memiliki nilai dry yang tinggi mengakibatkan grafik menurun tanah asli sebesar 1,44 gr/cm³ menjadi 1,22 gr/cm³. Ini berarti bahwa tanah dengan campuran ini memerlukan kelembaban yang lebih tinggi untuk mencapai kepadatan maksimum dibandingkan dengan tanah asli dan atau tanah dengan campuran lainnya.

4.4.4 California Bearing Ratio (CBR)

Hasil kadar volume maksimal yang didapatkan dari hasil pengujian *proctor standart* pada laboratorium digunakan untuk mendapatkan nilai CBR pada sampel tanah asli dan sampel yang sudah dicampur dengan limbah kertas dan plastik. Hasil pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Data Pengujian CBR

Sampel campuran	Volume air (cc)	Berat Alat+tanah	No.cawan	Berat Cawan (gr)	Berat cawan+tanah basah (gr)	Berat cawan+tanah kering (gr)
0%	800	10676	1	4,02	30,62	24,87
LK3%+LP2%	850	100710	2	4,11	36,82	29,65
LK6%+LP4%	800	10610	3	4,19	51,14	40,43
LK6%+LP9%	850	10307	4	4,15	62,44	48,68

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan hasil dari data pengujian CBR di laboratorium dapat diperoleh perhitungan untuk mendapatkan Berat volume tanah basah, kadar air, dan berat jenis tanah kering, hasil perhitungan CBR pada tanah asli dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Data berat volume tanah basah, kadar air(ω), dan berat jenis tanah kering. (γ_d)

Sampel campuran	Berat Alat+tanah	Berat Alat (gr)	Kadar Air (%)	γ Basah(gr/cm^3)	γ Kering (gr/cm^3)
0%	10676	6873	27,58	1,9	1,49
LK3%+LP2%	10710	6873	28,07	1,83	1,43
LK6%+LP4%	10610	6873	29,55	1,78	1,37
LK6%+LP9%	10307	6873	30,9	1,62	1,24

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan hasil dari data pengujian CBR di laboratorium di peroleh data penetrasi dari setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Data Penetrasi CBR

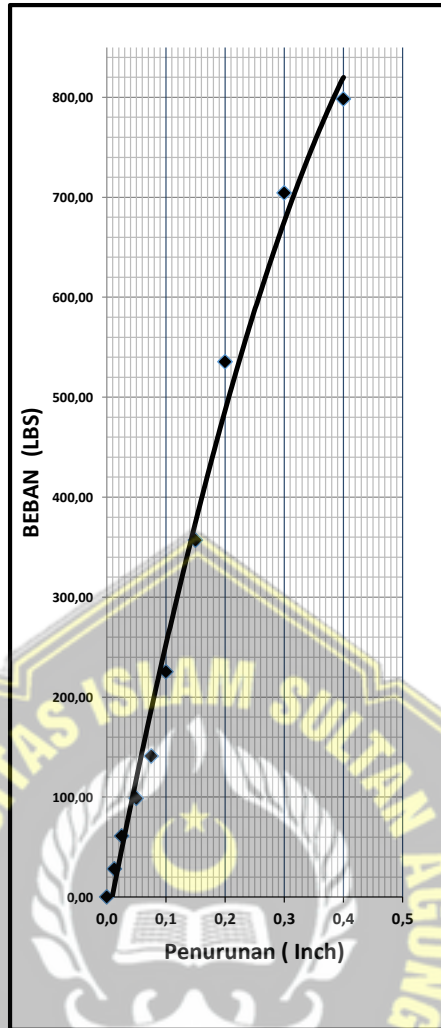
t (menit)	Penurunan		Jumlah Tumbukan			
	(inch)	(mm)	Tanah Asli		LK 3%-LP2%	
			Arloji Atas	koreksi	Arloji Atas	Koreksi
0,25	0,0125	0,32	3	28,17	7	65,74
0,5	0,0250	0,4	6,5	61,04	11	103,30
1	0,0500	1,27	10,5	98,61	19	178,43
1,5	0,0750	1,91	15	140,87	21	197,21
2	0,1000	2,54	24	225,38	27	253,56
3	0,1500	3,81	38	356,8	36	338,08
4	0,2000	5,08	57	535,29	48	450,77
6	0,3000	7,62	75	704,33	52	488,33
8	0,4000	10,16	85	798,24	59	554,07

Sumber: Analisa Penulis

Tabel 4.13 Data Penetrasi CBR

t (menit)	Penurunan		Jumlah Tumbukan			
	(inch)	(mm)	LK6%-LP4%		LK6%-LP9%	
			Arloji Atas	koreksi	Arloji Atas	Koreksi
0,25	0,0125	0,32	9	84,52	9	84,52
0,5	0,0250	0,4	12	112,69	13	122,08
1	0,0500	1,27	18	169,04	19	178,43
1,5	0,0750	1,91	24	225,38	27	253,56
2	0,1000	2,54	31	291,12	32	300,51
3	0,1500	3,81	41	385,03	43	403,81
4	0,2000	5,08	46	431,99	49	460,16
6	0,3000	7,62	54	507,11	57	535,29
8	0,4000	10,16	64	601,02	65	610,42

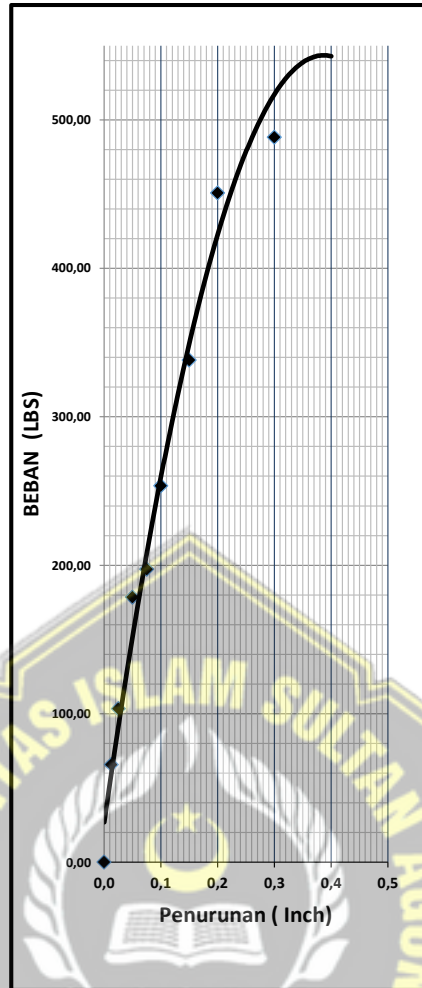
Sumber: Analisa Penulis



Gambar 4.21 Grafik hasil penetrasi Tanah Asli

Sumber: Analisa Penulis

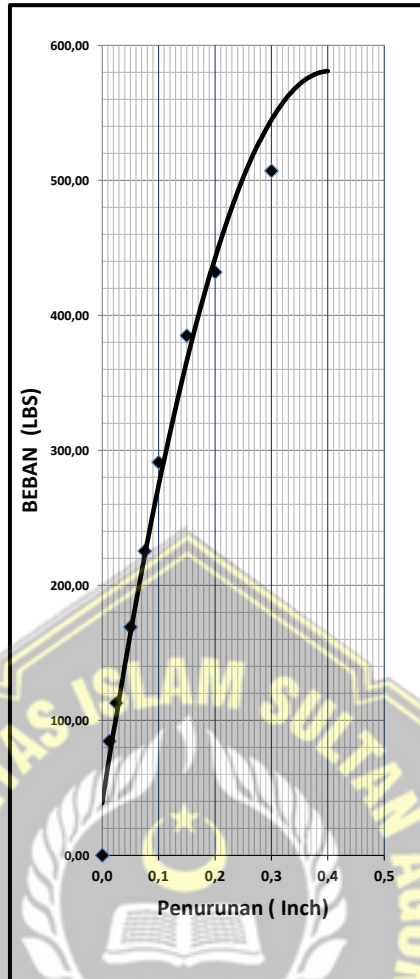
Berdasarkan hasil dari grafik penetrasi CBR tanah asli menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 225,38 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 535,29 lbs.



Gambar 4.22 Grafik Hasil Penetrasi Tanah 95% LK 3% + LP 2%

Sumber: Analisa Penulis

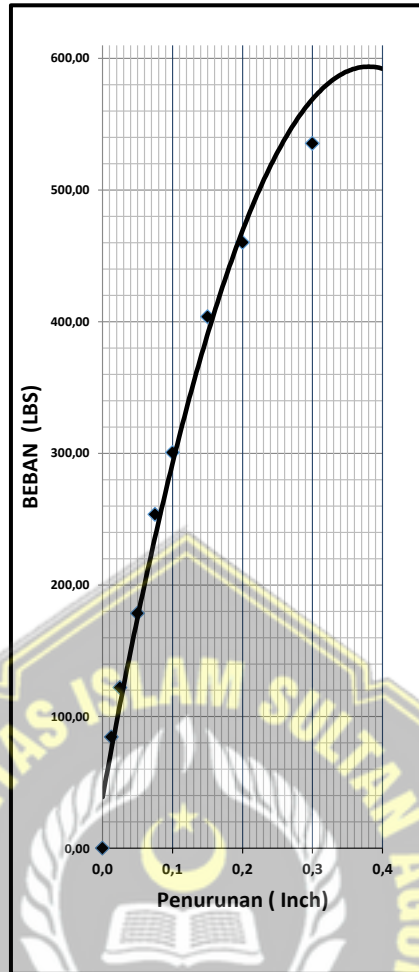
Berdasarkan hasil dari grafik penetrasi CBR tanah yang dicampur dengan limbah kertas presentase 95% LK 3% + LP 2% menunjukkan hasil pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 253,56 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 450,77 lbs



Gambar 4.23 Grafik Hasil Penetrasi Tanah 90% LK 6% + LP 4%

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan hasil dari grafik penetrasi CBR tanah yang dicampur dengan limbah kertas presentase 90% LK 6% + LP 4% menunjukkan hasil pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 291,12 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 431,99 lbs



Gambar 4.24 Grafik Hasil Penetrasi Tanah 85% LK 6% + LP 9%

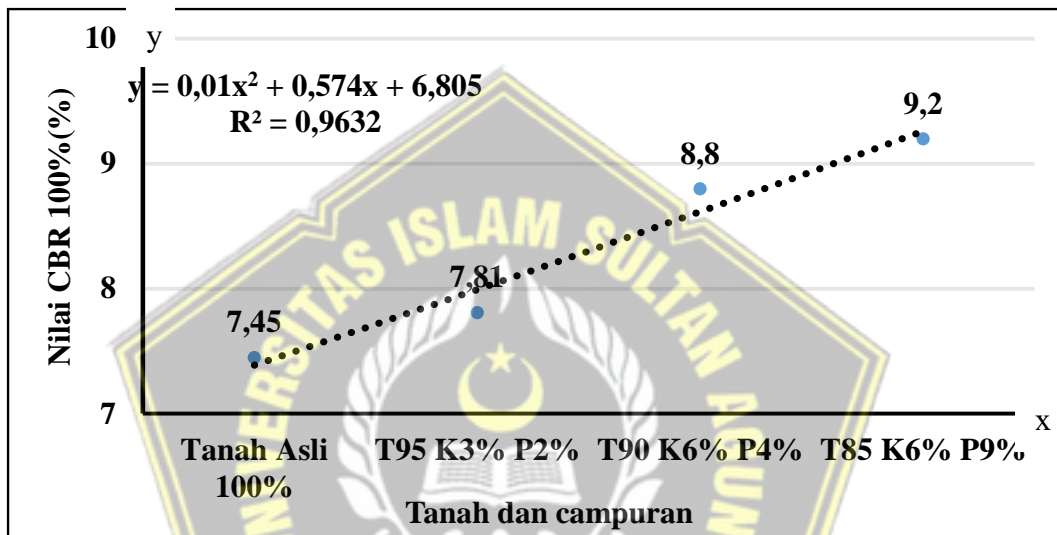
Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan hasil dari grafik penetrasi CBR tanah yang dicampur dengan limbah kertas presentase 85% LK 6% + LP 9% menunjukkan hasil pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 300,51 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 460,16 lbs

Tabel 4.14 Data Nilai CBR

Sampel Campuran	w optimum (%)	γ_d Maximum
0%	27,5	1,44
LK3%+LP2%	28,22	1,39
LK6%+LP4%	29,49	1,31
LK6%+LP9%	30,1	1,22

Sumber: Analisa Penulis



Gambar 4.25 Grafik harga CBR 100%

Sumber: Analisa Penulis

Berdasarkan dari Tabel 4.14 menunjukkan nilai CBR sampel tanah pada campuran ; tanah 85% +LK 6%+LP 9% mengalami kenaikan yang paling banyak dibandingkan dengan presentase lainnya, jadi semakin banyak campuran yang ditambahkan nilai CBR pada tanah semakin meningkat sehingga tanah tersebut mempunyai daya dukung yang kuat. Grafik perubahan nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 4.25

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terkait karakteristik dan perbaikan tanah asli yang dilakukan di UNISSULA Semarang.

1. Hasil dari pengujian *Properties* tanah asli di UNISSULA Semarang menunjukkan jumlah tanah berbutir halus lolos saringan No. 200 sebesar 66,89% hasil pengujian *Sieve Analysis* tanah asli nilai *Clay* sebesar 63,07%, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah asli yang digunakan untuk sampel pengujian ini merupakan tanah lempung dikarenakan nilai lolos saringan No.200 melebihi 50%. Maka setelah dimasukkan ke dalam grafik USCS sampel tanah ini termasuk dalam klasifikasi CH.
2. Hasil pengujian perbaikan tanah UNISSULA yang dilakukan di laboratorium menunjukkan semakin besar campuran limbah kertas dan plastik maka semakin besar pula batas cair (*Liquid limit*), batas plastik, dan indeks plastisitasnya, pada campuran tanah 85% LK6%+LP9% nilai batas cair pada tanah asli sebesar 60,56%, mengalami penurunan menjadi 47,5%, nilai sudut geser dalam tanah asli 18,88° menjadi 21,98° pada tanah 85%, maka yang memiliki komposisi campuran lebih baik pada campuran tanah 85% LK6%+LP9%.
3. Hasil pengujian sifat mekanis tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas dan plastik mengalami peningkatan nilai CBR dari CBR tanah asli 7,45% dan pada campuran tanah 85% LK6%+LP9% nilai CBR meningkat menjadi 9,2%, sehingga pada stabilisasi dengan campuran kertas dan plastik berpengaruh baik terhadap daya dukung tanah UNISSULA Semarang.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut mengenai stabilisasi tanah dengan limbah kertas dan plastik di UNISSULA Semarang

1. Untuk penelitian lebih lanjut lakukan penetrasi perbaikan untuk nilai γ_d meningkat dan ω_{opt} menurun dengan variasi komposisi campuran yang lebih banyak.

2. Perlu dilakukan pencampuran tanah dengan limbah rumah tangga lainnya dikarenakan limbah rumah tangga masih sangat banyak dan gampang ditemukan bukan hanya kertas dan plastik saja.
3. limbah kertas dan plastik diharapkan dapat dihaluskan dan lolos saringan no. 200.



DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. (1994). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, Joseph E. (1991). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Terjemahan)* (2nded.). Jakarta: Erlangga.
- Craig, B.M.,1991, *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. (1985). *Mekanika Tanah* (1st ed.). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Herman, O. P. Sari. "Pengaruh Penambahan Abu Limbah Kertas Terhadap Kembang Susut Tanah Lempung." *Jurnal Teknik Sipil ITP* ISSN 2354-8452 E-ISSN 2614-414X 5.1 (2018): 7-15
- Jimmyanto Hendrik. (2014). "Pengaruh sampah plastik dan abu sekam padi terhadap kuat geser tanah lempung lunak". *Jurnal mahasiswa jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya*.
- Ramandana,W.R.,& Fawaid,A.V.(2020). *Stabilisasi Tanah Lempung dengan Penambahan Limbah Kertas*. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- SNI 1743-2008. (2008). *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*. Jakarta: BadanStandardisasi Nasional.
- SNI 1744-2012. (2012). *Metode Uji CBR Laboratorium*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1964-2008. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1965-2008. (2008). *Cara Uji Penentuan Kadar Air Tanah dan Batuan di Laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 1967-2008. (2008). *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 3420:2016. (2016). *Metode Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi Dan Tidak Terdrainase*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 3423-2008. (2008). *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 7619:2012. (2012). *Metode uji penentuan presentase butir pecah pada agregat kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Terzaghi, A., & Peck, R. B. (1987). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

