

TUGAS AKHIR

PENGARUH STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN SEMEN *PORTLAND* DAN PASIR TERHADAP NILAI CBR DAN KUAT TEKAN BEBAS (*THE EFFECT OF SOIL STABILIZATION USING PORTLAND CEMENT AND SAND ON CBR VALUE AND UNCONFINED COMPRESSION TEST*)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Ahmad Haidar Anwar
20511285**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

TUGAS AKHIR

PENGARUH STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN SEMEN *PORTLAND* DAN PASIR TERHADAP NILAI CBR DAN KUAT TEKAN BEBAS (*THE EFFECT OF SOIL STABILIZATION USING PORTLAND CEMENT AND SAND ON CBR VALUE AND UNCONFINED COMPRESSION TEST*)

Disusun Oleh

Ahmad Haidar Anwar
20511285

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 25 Februari 2025
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

Dr. Hanindya K.A, S.T., M.T.

NIK : 045110407

Anisa N.A, S.T., M.Eng.

NIK : 215111305

Shofwatul F. S.T.P., M.Eng.

NIK: 215111308

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.

NIK : 095110101

7/3 2025

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan tugas akhir yang saya susun sebagai salah satu syarat penyelesaian Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya saya sendiri. Selama proses penyusunan, saya selalu berusaha mematuhi standar akademik, aturan penulisan, dan etika penulisan yang berlaku, serta mencantumkan sumber dengan jelas pada setiap kutipan.

Yogyakarta, 25 Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Haidar Anwar
(20511285)

DEDIKASI

Ku Persembahkan Skripsi Ini Untuk Yang Selalu Bertanya:
“Kapan Skripsimu Selesai?”

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukanlah sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kecerdasan seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai?

Karena mungkin ada suatu hal dibalik terlambatnya mereka lulus, dan percayalah alasan saya disini merupakan alasan yang sepenuhnya baik.

“Orang lain tidak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini. Tetap berjuang ya, semangat!”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen *Portland* dan Pasir Terhadap Nilai CBR dan Kuat Tekan Bebas”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu dari syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S.T) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, teladan terbaik dalam kebaikan. Dalam perjalanan menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa kendala tidak bisa dihindari. Namun berkat dukungan, kritik dan saran berharga dari berbagai pihak, penulis berhasil mengatasi segala tantangan tersebut dan menyelesaikan tugas ini dengan penuh dedikasi. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas segala yang telah diberikan kepada:

1. Ibu Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing atas arahan, bimbingan serta masukan yang diberikan hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik,
2. Ibu Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji I Tugas Akhir,
3. Ibu Shofwatul Fadilah, S.T.P., M.Eng. selaku dosen penguji II Tugas Akhir,
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
5. Kedua orang tua dan adik saya yang selalu mendukung dan mendoakan hingga Tugas Akhir ini selesai,
6. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan tidak dapat disebutkan satu per satu,

7. Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada NIM 20511393 atas kontribusi luar biasa yang diberikan, baik waktu, tenaga, pikiran dan materi yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap agar Tugas ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya serta dapat menjadikanya referensi inovasi dalam stabilisasi tanah untuk kedepannya. Penulis juga menyadari dengan sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 25 Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Haidar Anwar
(20511285)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Kajian Penelitian Terdahulu	5
2.2.1 Stabilisasi Tanah Laterit Dengan Semen OPC	5
2.2.2 Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Vulkanik	6
2.2.3 Stabilisasi Pada <i>Subgrade</i> Jalan Raya	6
2.2.4 Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Semen	6
2.2.5 Stabilisasi Tanah Dengan Pasir Pantai	7
2.3 Perbedaan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Sekarang	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Definisi Tanah	10
3.2 Klasifikasi Tanah	10

3.2.1	Klasifikasi Tanah <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS)	11
3.2.2	Klasifikasi Tanah <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> (AASHTO)	14
3.3	Tanah Lempung	16
3.4	Semen <i>Portland</i>	16
3.5	Pasir	17
3.6	Stabilisasi Tanah	17
3.7	Propertis Tanah	18
3.7.1	Kadar Air	18
3.7.2	Berat Volume	18
3.7.3	Berat Jenis	19
3.7.4	Batas - Batas Konsistensi (<i>Atterberg Limit</i>)	20
3.8	Pengujian Analisis Butiran	23
3.8.1	Pengujian Analisis Saringan	23
3.8.2	Pengujian Analisis Hidrometer	24
3.9	Pemadatan Tanah (<i>Proctor Standard</i>)	25
3.10	Pengujian CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	26
3.11	Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan	28
3.12	Pengujian Pengembangan (<i>Swelling</i>)	28
3.13	Pengujian Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined Compression Test</i>)	29
BAB IV METODE PENELITIAN		32
4.1	Jenis Penelitian	32
4.2	Lokasi Penelitian	32
4.3	Bahan Penelitian	32
4.4	Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel	34
2.5	Bagan Alir Penelitian	36
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		38
5.1	Hasil Penelitian	38
5.1.1.	Pengujian Propertis Tanah	38
5.1.2.	Pengujian Batas Atterberg	41

5.1.3.	Pengujian Analisis Saringan	45
5.1.4.	Pengujian Pemadatan Tanah (<i>Proctor Standard</i>)	50
5.1.5.	Pengujian CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	53
5.1.6.	Pengujian Pengembangan (<i>Swelling</i>)	56
5.1.7.	Pengujian Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined Compression Test</i>)	57
5.2	Pembahasan	62
5.2.1	Klasifikasi Tanah	62
5.2.2	Pengaruh Penambahan Bahan Campur terhadap Nilai CBR	66
5.2.3	Pengaruh Penambahan Bahan Campur terhadap Nilai Pengembangan (<i>Swelling</i>)	69
5.2.4	Perencanaan Tebal Perkerasan Berdasarkan Manual Desain Perkerasan 2024	69
5.2.5	Pengujian Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined Compression Test</i>)	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		83
6.1	Kesimpulan	83
6.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		86

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Sekarang	8
Tabel 3. 1	Sistem Klasifikasi Tanah USCS	12
Tabel 3. 2	Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	15
Tabel 3. 3	Berat Jenis Tanah	20
Tabel 3. 4	Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah	23
Tabel 3. 5	Satuan Unit Saringan dan Diameter	24
Tabel 3. 6	Klasifikasi Nilai CBR untuk <i>Subgrade</i> Jalan	27
Tabel 3. 7	Klasifikasi Pengembangan	29
Tabel 3. 8	Hubungan Kuat Tekan Bebas dengan Konsistensinya	31
Tabel 4. 1	Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian	35
Tabel 5. 1	Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	40
Tabel 5. 2	Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Cair	42
Tabel 5. 3	Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Atterberg	45
Tabel 5. 4	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Sampel 1	46
Tabel 5. 5	Rekapitulasi Hasil Persentase Fraksi Butiran Tanah	48
Tabel 5. 6	Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir	49
Tabel 5. 7	Rekapitulasi Hasil Persentase Fraksi Butiran Pasir	50
Tabel 5. 8	Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan Tanah	53
Tabel 5. 9	Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR	55
Tabel 5. 10	Rekapitulasi Hasil Pengujian Pengembangan (<i>Swelling</i>)	56
Tabel 5. 11	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	60
Tabel 5. 12	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Dengan Bahan Tambah	61
Tabel 5. 13	Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	62
Tabel 5. 14	Hasil Klasifikasi Tanah Asli Metode USCS	64
Tabel 5. 15	Hasil Klasifikasi Tanah Asli Sistem AASHTO	66

Tabel 5. 16	Rekapitulasi Nilai Peningkatan CBR (%) pada Tanah Asli dan Campuran dalam Kondisi <i>Unsoaked</i> dan <i>Soaked</i>	68
Tabel 5. 17	Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)	70
Tabel 5. 18	Hasil Tebal Lapis Timbunan Berbutir Kasar	74
Tabel 5. 19	Tabel Hubungan CBR Setempat dengan CBR Perencanaan	75
Tabel 5. 20	Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u)	77
Tabel 5. 21	Rekapitulasi Nilai Kohesi (c) Pengujian Kuat Tekan Bebas	79
Tabel 5. 22	Rekapitulasi Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Pengujian Kuat Tekan Bebas	80
Tabel 5. 23	Rekapitulasi Nilai Peningkatan Parameter Kuat Tekan Bebas Terhadap Tanah Asli	82



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Batas-Batas Atterberg	20
Gambar 3. 2	Kurva untuk Penentuan Batas Cair Tanah Lempung	21
Gambar 3. 3	Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering	25
Gambar 3. 4	Grafik Standar Pengujian CBR Laboratorium	27
Gambar 3. 5	Skema Uji Tekan Bebas	29
Gambar 4. 1	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Asli	33
Gambar 4. 2	Semen <i>Portland</i>	33
Gambar 4. 3	Pasir	34
Gambar 4. 4	Bagan Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>)	37
Gambar 5. 1	Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 1	42
Gambar 5. 2	Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 2	42
Gambar 5. 3	Grafik Analisis Saringan Butiran Tanah Sampel 1	47
Gambar 5. 4	Grafik Analisis Saringan Butiran Tanah Sampel 2	47
Gambar 5. 5	Grafik Analisis Saringan Butiran Pasir	49
Gambar 5. 6	Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1	52
Gambar 5. 7	Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2	52
Gambar 5. 8	Grafik Pengujian CBR <i>Unsoaked</i> Tanah Asli Sampel 1	53
Gambar 5. 9	Grafik Pengujian CBR <i>soaked</i> Tanah Asli Sampel 1	54
Gambar 5. 10	Sudut Keruntuhan (α) Tanah Asli Sampel 1	58
Gambar 5. 11	Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Tanah Asli	59
Gambar 5. 12	Grafik Karakteristik Tanah Asli Metode USCS	64
Gambar 5. 13	Grafik Perbandingan Nilai CBR (<i>Unsoaked</i>) Terhadap Variasi dan Waktu Pemeraman	67
Gambar 5. 14	Grafik Perbandingan Nilai CBR (<i>Soaked</i>) Terhadap Variasi dan Waktu Pemeraman	67
Gambar 5. 15	Grafik Perbandingan Nilai <i>Swelling</i> Terhadap Variasi Campuran	69
Gambar 5. 16	Hasil Pemilihan Beban Lalu Lintas	71

Gambar 5. 17 Hasil Pemilihan Struktur Perkerasan	72
Gambar 5. 18 Hasil Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Agregat	73
Gambar 5. 19 Desain Perkerasan Lentur Tanah Asli	76
Gambar 5. 20 Desain Perkerasan Lentur Setelah Distabilisasi Menggunakan 9% Semen <i>Portland</i> dan 11% Pasir	77
Gambar 5. 21 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) Terhadap Variasi Campuran	78
Gambar 5. 22 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) Terhadap Waktu Pemeraman	78
Gambar 5. 23 Grafik Nilai Kohesi (c) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Campuran	79
Gambar 5. 24 Grafik Nilai Kohesi (c) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Waktu Pemeraman	80
Gambar 5. 25 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Campuran	81
Gambar 5. 26 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Waktu Pemeraman	81

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

USCS	= <i>Unified Soil Classification Officials</i>
AASHTO	= <i>American Association of State Highway and Transportation</i>
CBR	= <i>California Bearing Ratio</i>
UCT	= <i>Unconfined Compression Test</i>
GI	= <i>Group Index</i> (Indeks Kelompok) (%)
F	= Persen Butiran Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm) (%)
LL	= <i>Liquid Limit</i> (Batas Cair) (%)
PI	= <i>Plastic Index</i> (Indeks Plastisitas) (%)
PL	= <i>Plastic Limit</i> (Batas Plastis) (%)
SL	= <i>Shrinkage Limit</i> (Batas Susut Tanah) (%)
w	= Kadar Air (%)
W_w	= Berat Air (gram)
W_s	= Berat Tanah Kering (gram)
γ_b	= Berat Volume Tanah Basah (gram/cm ³)
W	= Berat Tanah Total (gram)
V	= Volume Tanah Total (cm ³)
G_s	= Berat Jenis
γ_s	= Berat Volume Butiran Padat (gram/cm ³)
γ_w	= Berat Volume Air (gram/cm ³)
W_p	= Berat Tanah Basah pada Kondisi Plastis (gram)
W_k	= Berat Tanah kering (gram)
V_o	= Berat Tanah Kering (gram)
W_o	= Volume Tanah Kering (cm ³)
v	= Kecepatan (L/t)
μ	= Kekentalan Air Absolut (gram.det/cm ²)
D	= Diameter Butiran Tanah (mm)
γ_d	= Berat Volume Tanah Kering (gram/cm ³)
TA	= Tanah Asli

$CBR_{0,1''}$	= Nilai CBR pada Penetrasi 0,1 Inchi (%)
$CBR_{0,2''}$	= Nilai CBR pada Penetrasi 0,2 Inchi (%)
S_w	= Nilai Pengembangan (%)
Δh	= Perubahan Tinggi Sampel ($h_t - h_0$)
h_0	= Tinggi Awal Sampel Sebelum Perendaman (mm)
h_t	= Tinggi Sampel Setelah Perendaman (mm)
P	= Beban (kg)
A	= Luas Tampang Benda Uji (cm^2)
q_u	= Kuat Tekan Bebas (kg/cm^2)
c	= Kohesi Tanah (kg/cm^2)
α	= Sudut Pecah ($^\circ$)
φ	= Sudut Geser Dalam Tanah ($^\circ$)



ABSTRAK

Tanah memegang peran penting dalam konstruksi, terutama dalam pembangunan jalan dan bangunan. Namun, tidak semua jenis tanah mempunyai daya dukung yang cukup untuk dijadikan fondasi yang aman bagi konstruksi. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis karakteristik tanah dalam perencanaan konstruksi guna mengurangi risiko ketidakstabilan tanah. Kondisi tanah di Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur, menunjukkan ketidakstabilan yang memerlukan metode stabilisasi. Dalam penelitian ini, semen *portland* dan pasir digunakan sebagai bahan stabilisasi untuk meningkatkan daya dukung tanah. Tanah lanau tak organik dengan indeks plastisitas rendah dan daya dukung lemah, dapat menyebabkan keretakan pada bangunan dan penurunan tanah.

Dalam penelitian ini, metode pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dan kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) digunakan untuk menganalisis pengaruh bahan stabilisasi terhadap daya dukung tanah. Pengujian CBR dilakukan dengan 1 dan 7 hari pemeraman serta rendaman 4 hari, Sementara pengujian kuat tekan bebas dilakukan dengan 1 dan 7 hari pemeraman untuk memperoleh nilai kuat tekan bebas (q_u), kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Bahan stabilisasi yang digunakan adalah semen *portland* dan pasir, dengan variasi 9% semen *portland* dan 11%, 13%, dan 15% pasir.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah asli dikategorikan kedalam kelompok ML menurut klasifikasi USCS, yaitu lempung tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah asli dikategorikan kedalam klasifikasi kelompok A-5, yaitu bertipe karakteristik tanah lanau dan kualitas tanah dasar yang tergolong sedang hingga buruk. Nilai CBR tanah asli tanpa perendaman adalah 11,160%, sedangkan dalam kondisi terendaman turun menjadi 2,558%. CBR tertinggi tanpa perendaman diperoleh pada campuran 9% semen *portland* dan 15% pasir dengan waktu pemeraman 7 hari, yang mencapai 59,727% dengan peningkatan sebesar 435,19% dibandingkan tanah asli. Untuk kondisi terendam, CBR tertinggi didapatkan pada campuran 9% semen *portland* dan 15% pasir dengan waktu perendaman 4 hari, yaitu mencapai 21,703% dengan peningkatan sebesar 748,34% dari tanah asli yang terendam. Nilai kuat tekan bebas (q_u) adalah 2,457 kg/cm², nilai kohesi (c) 0,846 kg/cm², dan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 21°. Nilai kuat tekan bebas meningkat seiring dengan bertambahnya persentase pasir dan lama waktu pemeraman, dengan nilai tertinggi pada campuran semen *portland* 9% dan pasir 15% pada pemeraman 7 hari, yaitu kuat tekan bebas (q_u) sebesar 5,586 kg/cm², nilai kohesi (c) 1,333 kg/cm², dan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 39°. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan semen *portland* dan pasir memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan nilai CBR, kuat tekan bebas (q_u), kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Berdasarkan nilai CBR hasil stabilisasi dengan semen *portland* dan pasir, desain perkerasan jalan lentur yang direkomendasikan adalah termasuk kategori FFF3 dengan spesifikasi terdiri dari AC WC tebal 40 mm, AC BC tebal 75 mm dan 80 mm, lapisan fondasi agregat Kelas A setebal 200 mm, lapis fondasi agregat Kelas B setebal 150 mm, dan tebal perbaikan tanah dasar (stabilisasi) setebal 25 mm.

Kata Kunci: Tanah Lempung Lanau, Stabilisasi, Semen *Portland*, Pasir, CBR, Kuat Tekan Bebas, *Subgrade*.

ABSTRACT

Soil plays a crucial role in construction, particularly in the development of roads and buildings. However, not all types of soil possess sufficient bearing capacity to serve as a safe foundation for structures. Therefore, it is essential to analyze soil characteristics during construction planning to reduce the risk of soil instability. The soil conditions on the West Ring Road Street, Manguharjo District, Madiun City, East Java, exhibit instability, requiring stabilization methods. In this study, portland cement and sand are used as stabilization materials to improve the soil's bearing capacity. Inorganic silt with a low plasticity index and weak bearing capacity can lead to building cracks and soil subsidence.

In this study, the California Bearing Ratio (CBR) test and the Unconfined Compression Test (UCT) were used to analyze the effect of stabilization materials on soil bearing capacity. The CBR test was conducted with 1 and 7 days of curing, followed by 4 days of soaking. Meanwhile, the Unconfined Compression Test was performed with 1 dan 7 days of curing to obtain the unconfined compressive strength (q_u), cohesion (c), and internal friction angle (ϕ). The stabilization materials used were portland cement and sand, with variations of 9% portland cement and 11%, 13%, and 15% sand.

The research results indicate that the original soil is categorized into the ML group according to the USCS classification, which refers to inorganic clay and very fine sand, rock dust, or fine sand with silt or clay. Based on the AASHTO classification, the original soil is categorized into group A-5, which is characterized by silty soil and a subgrade quality classified as fair to poor. The CBR value of the original soil without soaking is 11.160%, while in the soaked condition, it decreases to 2.558%. The highest CBR without soaking was obtained from a mixture of 9% portland cement and 15% sand with a curing time of 7 days, which reached 59.727%, an increase of 435.19% compared to the original soil. In the soaked condition, the highest CBR was obtained from a mixture of 9% portland cement and 15% sand with a soaking time of 4 days, reaching 21.703%, an increase of 748.34% from the soaked original soil. The unconfined compressive strength (q_u) is 2.457 kg/cm², the cohesion (c) value is 0.846 kg/cm², and the internal friction angle (ϕ) is 21°. The unconfined compressive strength increased with the increasing percentage of sand and curing time, with the highest value observed in the mixture of 9% portland cement and 15% sand after 7 days of curing, which reached an unconfined compressive strength (q_u) of 5.586 kg/cm², cohesion (c) of 1.333 kg/cm², and an internal friction angle (ϕ) is 39°. This shows that the addition of portland cement and sand has a positive effect on improving CBR, unconfined compressive strength (q_u), cohesion (c), and internal friction angel (ϕ). Based on the CBR values resulting from stabilization with portland cement and sand, the recommended flexible pavement design includes category FFF3, with spesifications consisting of 40 mm thick AC WC, 75 mm thick AC BC, 80 mm thick AC base course, Class A aggregate foundation layer of 200 mm thickness, Class B aggregate foundation layer of 150 mm thickness, and 25 mm thick subgrade soil improvement (stabilization).

Keywords: Silty-Clay Soil, Stabilization, Portland Cement, Sand, CBR, Unconfined Compressive Strength, Subgrade.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur merupakan salah satu komponen utama dalam pertumbuhan dan perkembangan pada suatu negara. Kualitas pembangunan infrastruktur, khususnya jalan dan bangunan sangat bergantung pada kondisi tanah tempat bangunan tersebut didirikan. Namun, tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang ideal untuk menopang beban konstruksi. Perbedaan kondisi tanah di setiap lokasi disebabkan oleh variasi sifat dan karakteristik tanah. Salah satu jenis tanah dengan daya dukung rendah adalah tanah lempung. Tanah lempung cenderung tidak stabil, terutama ketika mengalami perubahan kadar air, serta memiliki sifat kohesif dan plastis yang tinggi, sehingga rentan terhadap pemuaian dan penyusutan.

Dalam konstruksi jalan, kualitas lapisan tanah dasar (*subgrade*) merupakan faktor penting yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan sebuah jalan. Permukaan jalan yang stabil dapat menopang struktur jalan dengan baik, sehingga menghasilkan stabilitas dan umur pelayanan jalan yang lebih lama. Jalan yang terpelihara dengan baik mendukung kelancaran pergerakan dan aktivitas perekonomian di wilayah tersebut. Permasalahan utama dalam pembangunan jalan biasanya berkaitan dengan kurangnya lapisan pada tanah di bawahnya, terutama pada daerah dengan kandungan lempung tinggi yang dapat diketahui melalui teksturnya yang lengket saat basah dan keras saat kering. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dapat dilakukan upaya perbaikan dengan menggunakan metode stabilisasi untuk meningkatkan daya dukung tanah.

Stabilisasi tanah adalah pencampuran bahan tambahan tertentu kedalam tanah untuk meningkatkan sifat teknisnya dan membuatnya sesuai untuk persyaratan teknis tertentu. Stabilisasi tanah bisa dilakukan melalui secara fisik, mekanik, atau kimiawi. Pada aspek kimiawi, proses ini memerlukan penggunaan berbagai bahan tambahan dalam campuran tanah. Bahan tambahan yang dapat digunakan antara lain seperti kapur, semen, *fly ash*, pasir dan lain sebagainya. Pada

penelitian ini, digunakan semen *portland* dan pasir sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah.

Penelitian ini dimaksudkan untuk membantu mengevaluasi tanah yang memenuhi persyaratan sebagai lapisan tanah dasar. Tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah berjenis tanah lempung yang berasal dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur. Penelitian ini berfokus pada stabilisasi tanah lempung menggunakan semen *portland* dan pasir sebagai upaya peningkatan daya dukung tanah. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan bahan tersebut terhadap nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dan kuat tekan bebas pada tanah lempung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat disusun beberapa rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana klasifikasi tanah asli yang diperoleh dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur?
2. Bagaimana nilai dari CBR *unsoaked* dan CBR *soaked* pada tanah asli?
3. Bagaimana nilai kuat tekan bebas pada tanah asli?
4. Bagaimana pengaruh penambahan semen *portland* dan pasir pada tanah asli dalam stabilisasi tanah terhadap nilai CBR *unsoaked* dan CBR *soaked*?
5. Bagaimana pengaruh penambahan semen *portland* dan pasir pada tanah asli dalam stabilisasi tanah terhadap nilai kuat tekan bebas?
6. Bagaimana perancangan ketebalan *subgrade* perkerasan jalan lentur menurut manual perkerasan jalan 2024?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui klasifikasi tanah asli yang diperoleh dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur.
2. Mengetahui nilai CBR *unsoaked* dan CBR *soaked* pada tanah asli.

3. Mengetahui nilai kuat tekan bebas pada tanah asli.
4. Mengetahui pengaruh penambahan semen *portland* dan pasir pada tanah asli dalam stabilisasi tanah terhadap nilai CBR *unsoaked* dan CBR *soaked*.
5. Mengetahui pengaruh penambahan semen *portland* dan pasir pada tanah asli dalam stabilisasi tanah terhadap nilai kuat tekan bebas.
6. Mengetahui perancangan ketebalan *subgrade* perkerasan jalan lentur menurut manual perkerasan jalan 2024.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pemahaman yang lebih mendalam dan manfaat tentang stabilisasi tanah dengan menggunakan campuran semen *portland* dan pasir.
2. Mengetahui dampak stabilisasi tanah dengan penambahan semen *portland* dan pasir terhadap nilai CBR dan kuat tekan bebas.
3. Diharapkan dapat memperluas pilihan atau alternatif campuran untuk stabilisasi tanah lempung dan memberikan alternatif terhadap penggunaan semen *portland* dan pasir untuk masalah stabilisasi tanah lainnya.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan pembahasan penelitian maka perlu ditentukan batasan masalah. Oleh karena itu, keterbatasan masalah yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sampel tanah yang diteliti yaitu jenis tanah lempung yang berasal dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur.
2. Bahan tambah yang digunakan sebagai bahan stabilisasi adalah semen *portland* dan pasir.
3. Pengujian yang dilakukan dengan mencampurkan bahan aditif adalah pengujian CBR dan kuat tekan bebas.
4. Penelitian ini tidak melakukan uji kandungan unsur kimia dalam tanah, semen *portland* dan pasir.

5. Persentase variasi penambahan semen *portland* sebesar 9%, dan variasi penambahan pasir sebesar 11%, 13%, dan 15% terhadap berat sampel uji.
6. Pada pengujian CBR waktu yang dibutuhkan untuk pemeraman pada sampel yaitu 1 dan 7 hari, sedangkan untuk perendaman yaitu selama 4 hari.
7. Pada pengujian kuat tekan bebas dilakukan pemeraman pada sampel selama 1 dan 7 hari.
8. Pengujian dilakukan untuk memperoleh data mengenai nilai CBR dan kuat tekan bebas setelah ditambah semen *portland* dan pasir.
9. Penelitian ini dapat menentukan tebal lapisan *subgrade* yang sesuai untuk perkerasan lentur jalan setelah distabilisasi.
10. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tanah merupakan salah satu unsur peranan penting dalam suatu konstruksi. Dalam pembangunan, tanah berfungsi sebagai dasar struktur bangunan, jalan, dan infrastruktur lainnya. Tanah lempung menjadi salah satu jenis tanah yang rentan terhadap ketidakstabilan dan merupakan jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, maka dari itu dilakukanlah stabilisasi yang bertujuan untuk pengolahan tanah dalam meningkatkan daya dukungnya. Dengan menstabilkan tanah menggunakan bahan tambah berupa semen *portland* dan pasir. Pemilihan bahan tambah tersebut diharapkan dapat menjadi alternatif dalam pemanfaatan dikarenakan penggunaannya yang ekonomis dan efisien.

2.2 Kajian Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini, penelitian ini akan memperkenalkan beberapa penelitian sebelumnya sebagai acuan untuk memahami standar yang berlaku untuk stabilisasi tanah. Berikut beberapa peneliti tersebut diantaranya yaitu Rashid (2013), Putri (2017), Fardyansah (2020), Tumurang (2022), dan Fathonah (2022).

2.2.1 Stabilisasi Tanah Laterit Dengan Semen OPC

Rashid (2013) melakukan penelitian mengenai “*Effect of Stabilized Laterite on California Bearing Ratio (CBR) and Unconfined Compressive Strength (UCS)*”. Stabilisasi tanah di Universitas Teknologi Malaysia (UTM) berlokasi di Skudai, Johor, Malaysia.

Hasil dari penelitian dengan variasi semen 0%, 7%, dan 13% menunjukkan bahwa dari uji UCS meningkat dengan penambahan semen OPC. Begitu pula dengan nilai CBR juga meningkat seiring dengan meningkatkan persentase semen OPC. Secara keseluruhan, semen OPC secara efektif dapat meningkatkan kekuatan tanah dan dapat membuat tanah laterit menjadi kuat sebagai bahan untuk konstruksi perkerasan jalan.

2.2.2 Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Vulkanik

Putri (2017) melakukan penelitian mengenai “Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Pasir Vulkanik Merapi dan Gypsum untuk *Subgrade* Perkerasan Lentur Jalan”. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan sampel tanah lempung yang berasal dari Desa Gunungcondong, Kecamatan Bruno, Kabupaten Purworejo.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan bahan tambah dengan variasi persentase yang semakin tinggi serta waktu pemeraman yang semakin lama, maka nilai CBR akan semakin tinggi pula. Nilai CBR tanpa rendaman tertinggi sebesar 27,342% pada campuran tanah + gipsium 4% + pasir vulkanik 20% dan nilai CBR rendaman tertinggi sebesar 14,973% juga terjadi pada campuran yang sama.

2.2.3 Stabilisasi Pada *Subgrade* Jalan Raya

Fardyansah (2020) melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Daya Dukung Tanah Dasar”. Penelitian dilakukan pada Daerah Palembang yang tanah aslinya adalah tanah lempung. Stabilisasi tanah dengan pasir 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% digunakan dalam penelitian ini. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian batas Atterberg, pengujian pemadatan tanah, pengujian CBR, dan verifikasi lapangan. Dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa nilai indeks plastisitas semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah pasir. Peningkatan jumlah pasir dapat meningkatkan berat jenis kering maksimum dan menurunkan kadar air optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dasar yang terdiri dari campuran tanah liat - pasir tidak memberikan respon yang optimum terhadap pembasahan dan penggenangan. Berdasarkan pengujian DPC, nilai CBR tanah asli menurun dari 8% menjadi 2%, sedangkan nilai CBR campuran lempung - pasir 21% menurun dari 17% menjadi 8%. Kemudian setelah 7 hari rendaman air hujan, campuran tersebut masih dapat digunakan sebagai *subrgade*.

2.2.4 Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Semen

Tumurang (2022) melakukan penelitian mengenai “Stabilisasi Tanah Lempung dengan Semen dan Gypsum Ditinjau dari Nilai CBR”. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan sampel tanah lempung yang berasal dari Desa

Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Hasil penelitian yang didapatkan menurut sistem klasifikasi tanah USCS tergolong kedalam kelompok CH, sedangkan menurut sistem klasifikasi AASHTO diketahui bahwa tanah tergolong kedalam kelompok A-7-5. Nilai CBR tanah asli *unsoaked* diperoleh sebesar 7,2% dan *soaked* sebesar 1,667%. Nilai CBR tertinggi dalam keadaan *unsoaked* yaitu pada campuran semen 5% + gypsum 10% dengan waktu pemeraman 7 hari sebesar 31,750% dan persentase peningkatan dari tanah asli sebesar 340,972%. Sama halnya dengan *unsoaked*, nilai CBR tertinggi yang diperoleh dalam keadaan *soaked* yaitu pada variasi campuran semen 5% + gypsum 10% dengan pemeraman 7 hari dan perendaman 4 hari sebesar 26,873% dan persentase peningkatan dari tanah asli *soaked* sebesar 1512,4%.

2.2.5 Stabilisasi Tanah Dengan Pasir Pantai

Fathonah (2022) melakukan penelitian mengenai “Penggunaan Pasir Pantai sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar dan Pengaruhnya terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas”. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan sampel tanah lempung yang berasal dari Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karangtanjung, Kabupaten Pandeglang. Hasil dari penelitian dengan penambahan pasir pantai variasi 36% didapatkan nilai maksimum kuat tekan bebas dari 1,1185 kg/cm² menjadi 3,349 kg/cm² pada pemeraman 28 hari.

2.3 Perbedaan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Sekarang

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang adalah sampel tanah yang digunakan dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur. Semen *portland* dan pasir digunakan sebagai bahan tambah. Persentase penambahan semen *portland* sebesar 9%, sedangkan pasir sebesar 11%, 13%, dan 15%. Pengujian meliputi CBR dengan pemeraman 1 dan 7 hari serta perendaman 4 hari, dan kuat tekan bebas dengan pemeraman selama 1 dan 7 hari. Berikut merupakan Tabel 2.1 mengenai perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang sebagai dasar keabsahan penelitian.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Sekarang

Aspek	Penelitian Sebelumnya					Penelitian Sekarang
	Rashid, 2013	Putri, 2017	Fardyansah, 2020	Tumurang, 2022	Fathonah, 2022	Anwar, 2025
Judul Penelitian	<i>effect of stabilized laterite on California Bearing Ratio (CBR) and Unconfined Compressive Strength (UCS)</i>	Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran pasir Vulkanik Merapi dan Gypsum Untuk <i>Subgrade</i> Perkerasan Lentur Jalan	Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Daya Dukung <i>Subgrade</i> Jalan	Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Semen dan Gypsum Ditinjau Dari Nilai CBR	Penggunaan pasir Pantai Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas	Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen <i>Portland</i> dan Pasir Terhadap Nilai CBR dan Kuat Tekan Bebas
Bahan Tambah	Semen OPC	Pasir Vulkanik dan Gypsum	Pasir	Semen dan Gypsum	Pasir Pantai	Semen <i>Portland</i> dan Pasir
Jenis Tanah	Tanah Laterit	Tanah Lempung	Tanah Lempung	Tanah Lempung	Tanah Lempung	Tanah Lanau
Parameter Penelitian	CBR Tanpa Perendaman dan UCS	CBR dan <i>Swelling</i>	CBR dan Verifikasi Lapangan	CBR (<i>unsoaked</i> dan <i>soaked</i>)	Kuat Tekan Bebas	CBR (<i>unsoaked</i> dan <i>soaked</i>) dan Kuat Tekan Bebas

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Sekarang

Aspek	Penelitian Sebelumnya					Penelitian Sekarang
	Rashid, 2013	Putri, 2017	Fardyansah, 2020	Tumurang, 2022	Fathonah, 2022	Anwar, 2025
Hasil Penelitian	Dengan variasi semen OPC 0%, 7%, dan 13% berdasarkan hasil uji UCS menunjukkan kekuatan tersebut meningkat. Begitu juga dengan nilai CBR juga meningkat seiring dengan meningkatnya persentase semen OPC.	Penambahan Pasir vulkanik merapi dan gipsum memberikan pengaruh terhadap kekuatan tanah, yaitu peningkatan nilai CBR terhadap nilai CBR tanah asli dengan besarnya peningkatan nilai CBR <i>unsoaked</i> yaitu 20,367% dan CBR <i>soaked</i> 13,834%.	Penambahan pasir mengurangi indeks plastisitas, meningkatkan berat jenis kering maksimum, dan menurunkan kadar air optimal. Nilai CBR tanah asli menurun dari 8% menjadi 2%, sedangkan nilai CBR tanah campuran lempung-pasir (21%) menurun dari 17% menjadi 8%. Setelah direndam selama 7 hari, campuran tersebut masih layak digunakan sebagai <i>subgrade</i> .	Nilai CBR <i>unsoaked</i> tertinggi terdapat pada variasi semen 5% dan gypsum 10% pemeraman 7 hari yaitu sebesar 31,75% dan untuk CBR <i>soaked</i> dengan variasi yang sama didapat nilai sebesar 26,873%.	Hasil penambahan pasir pantai sebagai campuran stabilisasi memberikan pengaruh untuk nilai berat jenis (Gs) tanah asli 2,361 mengalami peningkatan menjadi 2,751 pada variasi campuran pasir pantai 26%.	Hasil Pengujian CBR meningkat seiring dengan bertambahnya campuran Pasir baik dalam kondisi <i>unsoaked</i> atau <i>soaked</i> , dan pada pengujian kuat tekan bebas mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya pasir

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Tanah

Tanah merupakan lapisan bagian atas bumi yang terbentuk berdasarkan pelapukan batuan induk dan bahan organik melalui proses fisik, kimia, serta secara biologis. Pembentukannya dipengaruhi beberapa faktor seperti iklim, organisme, topografi maupun waktu yang membentuk lapisan-lapisan dengan karakteristik tertentu. Menurut Das (1995), pengertian teknik secara umum mengenai tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut.

Menurut Hardiyatmo (2002) mendefinisikan tanah adalah sebagai himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya. Selain itu, Hardiyatmo (2002) juga menjelaskan bahwa pasir, lempung, lanau, atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel berdasarkan batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat khusus tanah, misalnya lempung merupakan jenis tanah kohesif dan plastis, sementara pasir merupakan tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

3.2 Klasifikasi Tanah

Das (1995) mengatakan bahwa sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk

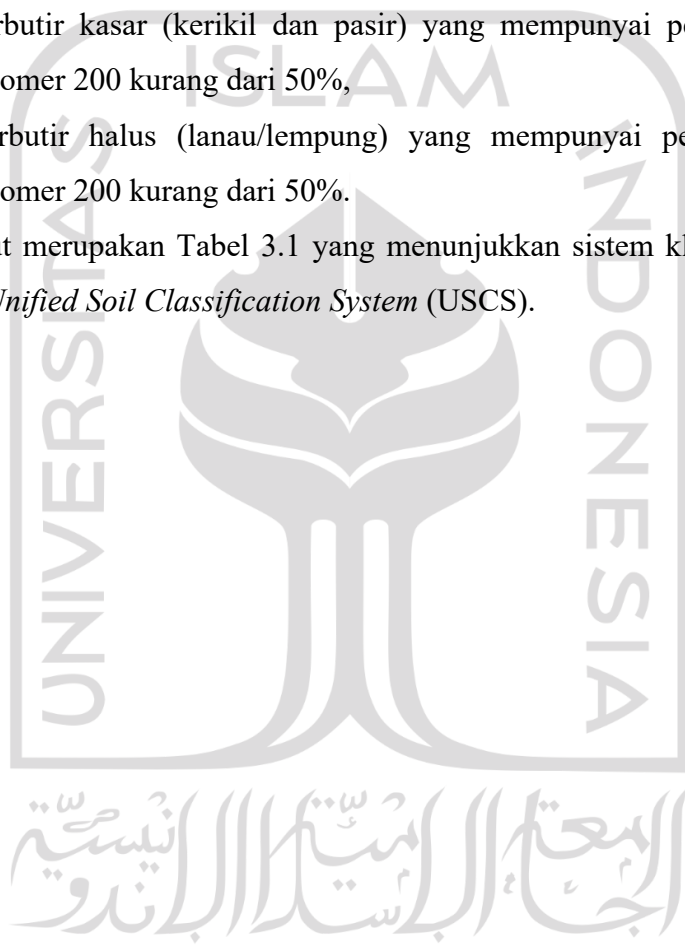
menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Saat ini, dua metode yang umum digunakan untuk mengklasifikasikan tanah, yaitu USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

3.2.1 Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Pada sistem USCS, sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah menjadi dua kelompok besar, yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) yang mempunyai persentase lolos saringan nomer 200 kurang dari 50%,
2. Tanah berbutir halus (lanau/lempung) yang mempunyai persentase lolos saringan nomer 200 kurang dari 50%.

Berikut merupakan Tabel 3.1 yang menunjukkan sistem klasifikasi tanah berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS).

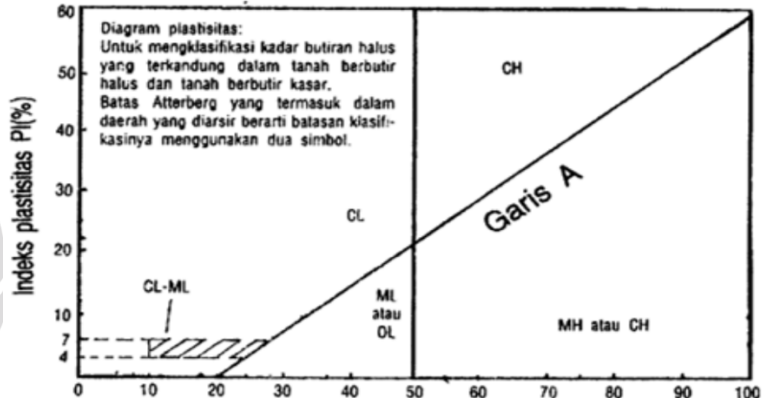


Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Jenis		Kriteria Laboratorium	
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tertahan pada saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tidak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GW, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5%-12% lolos saringan no. 200: Batasan klasifikasi yang memenuhi simbol dobel.	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berbeda di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran, kerikil pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tidak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sediki atau tidak mengandung butiran halus		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			SP	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sediki atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kriteria untuk SW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berbeda di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel symbol.
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir lempung		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	

(sumber: Hardiyatmo, 2002)

Lanjutan Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	 <p>Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p>Indeks plastisitas PI(%)</p> <p>Batas Cair LL (%)</p> <p>Garis A: $PI = 0,73 (LL - 20)$</p>
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>lean clays</i>)	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>fat clays</i>)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi		P ₁	Gambut (<i>peat</i>) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

(sumber: Hardiyatmo, 2002)

3.2.2 Klasifikasi Tanah *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO)

Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

Pada sistem AASHTO, mengklasifikasikan tanah menjadi tujuh kelompok, A-1 hingga A-7 dimana tanah A-1 hingga A-3 mencakup tanah berbutir yang 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut yang lolos ayakan nomer 200 dan tanah lebih dari 35% butirnya lolos ayakan nomer 200 maka diklasifikasikan ke dalam A-4 hingga A-7 yang artinya kelompok ini sebagian besar mengandung lanau dan lempung. Setiap tanah dalam suatu kelompok dievaluasi berdasarkan indeks kelompoknya masing-masing yang dihitung menggunakan rumus empiris. Pengujian dilakukan dengan menggunakan analisis saringan dan batas Atterberg.

Indeks kelompok (*group indeks*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut.

$$GI = (F-35)[0,2+0,005(LL-40)]+0,01(F-15)(PI-10) \quad (3.1)$$

Keterangan:

GI = Indeks kelompok (*group index*)

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

LL = Batas cair (%), dan

PI = Indeks plastisitas (%)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Material granuler ($<35\%$ lolos saringan no. 200)							Tanah-tanah lanau-lempung ($>35\%$ lolos saringan no. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Sumber: Hardiyatmo (2002)

Catatan:

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5;

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6.

Np = Non Plastis

3.3 Tanah Lempung

Lempung merupakan tanah berbutir halus yang mempunyai plastisitas dan kohesif tinggi, tidak mengandung partikel kasar dalam jumlah besar dan tidak menunjukkan sifat ekspansif. Das (1995) mengatakan bahwa tanah lempung atau *clay* sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskop biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain.

Menurut Hardiyatmo (2002), tanah lempung mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm.
2. Permeabilitas rendah.
3. Bersifat sangat kohesif.
4. Kenaikan air kapiler tinggi.
5. Kadar kembang susut yang tinggi, dan
6. Proses konsolidasi sangat lambat.

3.4 Semen *Portland*

Semen merupakan bahan pengikat yang sering digunakan dalam proses pencampuran pada uji stabilisasi tanah. Sifat perekat semen mengikat partikel-partikel tanah menjadi satu membentuk matriks yang lebih padat dan kuat. Bentuk semen *portland* biasanya tersedia dalam bentuk bubuk halus dan berwarna abu-abu atau putih, ini adalah bentuk umum yang digunakan dan banyak tersedia di pasaran konstruksi. Menurut SNI 15-2049 (2004), semen *portland* merupakan semen hidrolis yang mengandung suatu tambahan udara dalam jumlah tertentu yang menyebabkan udara terkandung didalam mortar didalam batasan yang dispesifikasikan pada saat diukur dengan suatu metode.

Semen *portland* adalah salah satu jenis perekat hidrolik yang dihasilkan melalui proses penggilingan klinker. Klinker merupakan campuran utama yang terdiri dari kalsium silikat dan tambahan batu kapur seperti gipsum. Komponen-komponen tersebut berinteraksi dengan air membentuk senyawa baru yang

memiliki sifat perekat yang penting dalam melekatkan bahan bangunan. Semen *portland* terbentuk dari empat senyawa utama yaitu Trikalsium Silikat, Dikalsium Silikat, Trikalsium Aluminat, Tetrakalsium Aluminoforit. Pada stabilisasi tanah penggunaan semen sebagai bahan tambah bisa digunakan sebagai pengunci dalam stabilisasi tanah. Jadi pada penelitian ini menggunakan variasi semen *portland* sebesar 9%.

3.5 Pasir

Pasir merupakan salah satu material bahan dasar yang mudah dijumpai bahkan jumlahnya sangat banyak disekitar kita. Dalam stabilisasi tanah, pasir dapat digunakan sebagai bahan tambah, dimana Pasir memiliki sifat yang kering dan butirannya berukuran relatif besar yang dapat membantu meningkatkan drainase tanah dan kekuatan stabilitasnya. Pada saat stabilisasi dengan pasir dimana pasir dicampur dengan tanah, pasir dapat mengurangi kecenderungan tanah dalam mengembang atau menyusut serta bisa memperbaiki sifat plastisitasnya.

Selain itu bentuk dan tekstur khusus pasir bisa meningkatkan ikatan antar partikel tanah, sehingga memperkuat struktur tanah secara keseluruhan. Penggunaan pasir sebagai bahan tambahan stabilisasi tanah dapat meningkatkan kualitas tanah dan daya dukung beban. Untuk pasir yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan variasi penambahan pasir sebesar 11%, 13%, dan 15%.

3.6 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah mencampurkan tanah dengan menambahkan bahan tambah khusus, dengan tujuan untuk memperbaiki sifat teknis tanah, atau suatu usaha untuk memperbaiki atau merubah sifat teknis tanah dengan tujuan untuk memenuhi syarat teknis tertentu (Hardiyatmo, 2002). Pada prinsipnya stabilisasi tanah melibatkan penataan ulang partikel-partikel tanah sehingga menjadi lebih kompak dan saling menguatkan. Tanah cukup stabil untuk menahan beban yang direncanakan dan tidak akan terjadi penurunan melebihi penurunan yang diijinkan. Permukaan jalan sekurang-kurangnya harus dapat dilewati kendaraan proyek.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan mekanis dan kimiawi. Secara mekanis adalah metode perbaikan struktur yang menggunakan alat untuk memadatkan dan mengolah tanah. Sedangkan secara kimiawi adalah metode yang mengurangi sifat-sifat tanah yang tidak menguntungkan. Pada penelitian ini akan melakukan stabilisasi dengan bahan kimiawi yaitu dengan semen *portland* dan pasir.

3.7 Propertis Tanah

Sifat indeks tanah menggambarkan sifat dasar tanah, mencerminkan jenis dan kondisinya, dan memberikan indikator sifat mekanik seperti kekuatan, kapasitas perubahan volume, dan tingkat permeabilitas. Sifat-sifat ini dapat diukur dengan menggunakan seperangkat parameter yang dikenal sebagai indeks sifat fisik tanah. Parameter tersebut antara lain kadar air, berat volume, berat jenis, batas kandungan air optimal, batas plastis, batas cair, analisis ukuran butiran, dan lainnya.

3.7.1 Kadar Air

Menurut Hardiyatmo (2002), Kadar air (w) adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s), dinyatakan dalam persen. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui nilai kandungan kadar air tanah. Nilai kadar air tanah dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

w = Kadar air (%)

W_w = Berat air (gram)

W_s = Berat tanah kering (gram)

3.7.2 Berat Volume

Menurut Hardiyatmo (2002), berat volume (γ_b) adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V). Tujuan dari berat volume yaitu untuk mengetahui nilai berat pada suatu sampel

tanah terhadap volume tertentu. Nilai berat volume dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (3.3)$$

Keterangan:

γ_b = Berat volume tanah basah (gram/cm³)

W = Berat tanah total (gram)

V = Volume tanah total (cm³)

3.7.3 Berat Jenis

Menurut Hardiyatmo (2002), berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) tanah (G_s) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s), dengan berat volume air (γ_w) pada temperature 4°C. Pengujian berat jenis tanah dilakukan untuk mendapatkan nilai berat jenis dari tanah berbutir halus. Berat jenis tanah dapat dicari dengan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.4)$$

Keterangan:

G_s = Berat jenis

γ_s = Berat volume butiran padat (gram/cm³)

γ_w = Berat volume air (gram/cm³)

G_s tidak berdimensi. Secara tipikal, berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Berat jenis $G_s = 2,67$ biasanya digunakan untuk tanah-tanah tidak kohesi atau tanah granuler, sedang untuk tanah-tanah kohesif tidak mengandung bahan organik G_s berkisar diantara 2,68 sampai 2,72. Berikut merupakan nilai berat jenis dari berbagai macam klasifikasi tanah yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

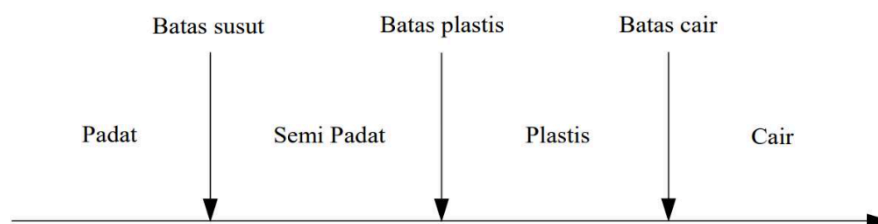
Tabel 3. 3 Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (G_s)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,65 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

3.7.4 Batas - Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Konsistensi tanah atau biasa dikenal sebagai batas Atterberg adalah ukuran seberapa mudah tanah berubah dari padat menjadi leleh atau cair. Ada tiga batas Atterberg yang umum digunakan yaitu batas plastis, batas cair, dan batas susut. Hardiyatmo (2002), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Berikut kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan pada Gambar 3.1 di bawah ini.

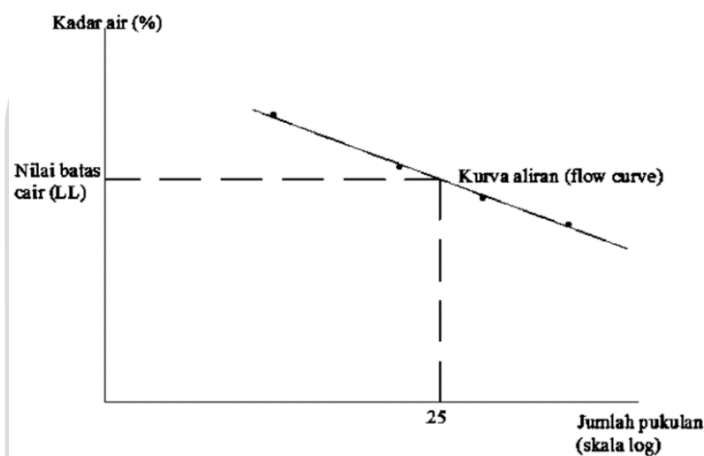
**Gambar 3. 1 Batas-Batas Atterberg**

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah titik dimana suatu tanah bertransisi dari keadaan plastis ke keadaan cair atau sebaliknya, yang menandai peralihan antara

kedua keadaan tersebut. Uji *Cassagrande* digunakan untuk menentukan batas cair dengan cara memukul cawan dengan shaker pada ketinggian 1 cm diatas permukaan tanah. Persentase air yang diperlukan untuk menutup celah 12,7 mm didasar cawan setelah 25 kali pukulan. Berikut merupakan grafik yang digunakan untuk menentukan batas cair tanah seperti Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3. 2 Kurva untuk Penentuan Batas Cair Tanah Lempung
(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Menurut Hardiyatmo (2002), batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. Batas plastis tanah dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$PL = \frac{W_p + W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

PL = Batas plastis tanah (%)

W_p = Berat tanah basah pada kondisi plastis (gram)

W_k = Berat tanah kering (gram)

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) adalah kadar air tanah pada batas antara daerah semi padat dan daerah padat. Dimana persentase kadar air tanah pada saat pengurangan air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah, volume tanah ditentukan dengan mencelupkan benda uji kering kedalam air raksa. Berikut adalah batas susut yang dapat ditentukan dengan Persamaan 3.6 berikut.

$$SL = \left\{ \frac{V_o}{W_o} - \frac{1}{G_s} \right\} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan:

SL = Batas susut tanah (%)

V_o = Berat tanah kering (gram)

W_o = Volume tanah kering (cm^3)

G_s = Berat jenis

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Dimana merupakan interval kadar air tanah yang masih bersifat plastis. Karena itu indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung, sedangkan jika tanah memiliki nilai PI rendah seperti lanau, maka pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Berikut merupakan indeks plastisitas dapat ditentukan pada Persamaan 3.7 berikut ini.

$$PI = LL - PL \quad (3.7)$$

Keterangan:

PI = Indeks plastisitas

LL = Batas cair (%)

PL = Batas plastis (%)

Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi tanah dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

3.8 Pengujian Analisis Butiran

Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 2002). Analisis butiran dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode pengujian yang umum biasanya digunakan, yaitu metode analisis saringan dan metode analisis hidrometer. Metode analisis saringan melibatkan penyaringan sampel tanah melalui serangkaian saringan dengan ukuran lubang berbeda. Sedangkan metode analisis hidrometer menentukan distribusi ukuran partikel tanah dengan mengukur laju turunya hidrometer dalam larutan tanah. Kedua metode ini memberikan informasi penting untuk memahami komposisi dan struktur fisik tanah.

3.8.1 Pengujian Analisis Saringan

Analisis saringan adalah metode menentukan distribusi ukuran butiran dalam sampel tanah. Cara kerjanya, sampel tanah disaring melalui serangkaian saringan dengan ukuran lubang berbeda-beda, dari yang terbesar hingga yang terkecil. Setelah proses penyaringan selesai, timbang butiran yang tersisa pada masing-masing ayakan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memahami distribusi ukuran butiran sampel tanah. Berikut susunan saringan beserta diameter lubang menurut standar Amerika yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut ini.

Tabel 3. 5 Satuan Unit Saringan dan Diameter

No. Saringan	Diameter Lubang (mm)	No. Saringan	Diameter Lubang (mm)
3	6,35	40	0,42
4	4,75	50	0,30
6	3,35	60	0,25
8	2,36	70	0,21
10	2,00	100	0,15
16	1,18	140	0,106
20	0,85	200	0,075
30	0,60	270	0,053

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

3.8.2 Pengujian Analisis Hidrometer

Menurut Hardiyatmo (2002), distribusi ukuran butir tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar, dapat ditentukan dengan cara sedimentasi. Metode ini didasarkan pada hukum Stokes, yang berkenaan dengan kecepatan mengendap butiran pada larutan suspensi. Kecepatan mengendap butiran dapat ditentukan dari Persamaan 3.8 berikut ini.

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\mu} D^2 \quad (3.8)$$

Keterangan:

v = Kecepatan, sama dengan jarak/waktu (L/t)

 γ_s = Berat volume butiran padat (gram/cm³) γ_w = Berat volume air (gram/cm³) μ = Kekentalan air absolut (gram.det/cm²)

D = Diameter butiran tanah (mm)

3.9 Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*)

Menurut Hardiyatmo (2002), uji pemadatan biasanya dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat volume serta untuk mengevaluasi persyaratan kepadatan tanah. Berbagai jenis tanah pada umumnya terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam Persamaan 3.9 berikut ini.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \quad (3.9)$$

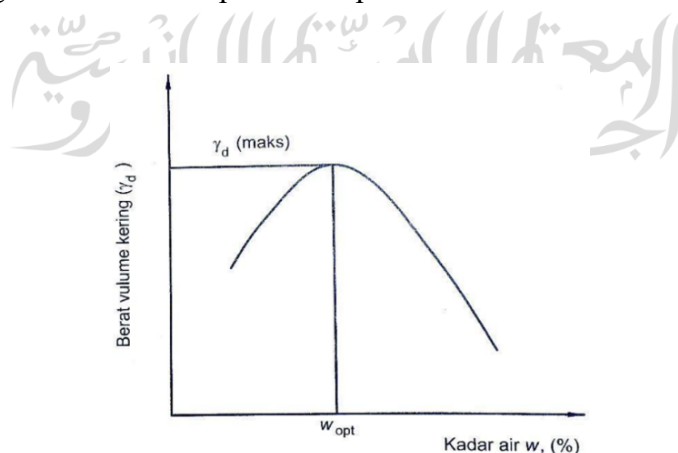
Keterangan:

γ_d = Berat volume tanah kering (gram/cm³)

γ_b = Berat volume tanah basah (gram/cm³)

w = Kadar air (%)

Pengujian *proctor standard* menentukan karakteristik kepadatan tanah. Hasil uji standar proktor ini digunakan untuk menentukan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/ OMC*) dengan membuat grafik yang menghubungkan berat volume kering dengan kadar air. Nilai berat volume kering (γ_d) berada pada ujung atas kurva. Garis vertikal yang ditarik dari puncak kurva memotong absis pada titik yang merupakan kadar air optimumnya. Berikut kurva hubungan berat volume kering dan kadar air dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3. 3 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering
(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum ($\gamma_{d_{max}}$).

3.10 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui nilai CBR tanah pada kadar air tertentu. CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan perbandingan beban penetrasi lapisan yang berupa tanah maupun lapisan perkerasan jalan terhadap bahan standar dengan nilai kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Tujuan dari pengujian CBR adalah untuk mengukur kekerasan lapisan permukaan jalan. Selain itu, pengujian CBR bertujuan untuk mengetahui nilai CBR campuran agregat atau campuran tanah yang dipadatkan pada kadar air tertentu di laboratorium.

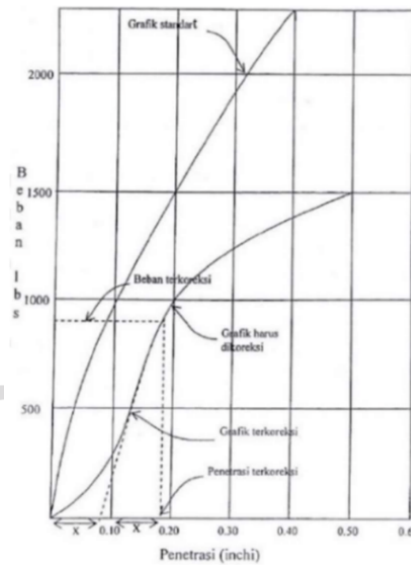
Pengujian CBR di laboratorium dibedakan menjadi dua jenis, yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked*). Untuk pengujian ini dilakukan dengan memberi pembebanan secara teratur hingga kecepatan penetrasi mendekati 0,05 inchi/menit. Pembacaan pembebanan diukur dari interval penetrasi 0,025 inchi hingga mencapai penetrasi 0,05 inchi. Nilai CBR yang dihitung pada kedalaman penetrasi 1 inchi dan 2 inchi.

Berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai CBR dapat dilihat pada Persamaan 3.10 dan 3.11 sebagai berikut ini.

$$CBR_{0,1"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,1" \text{ (lbs)}}{3000 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (3.10)$$

$$CBR_{0,2"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,2" \text{ (lbs)}}{4500 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (3.11)$$

Berikut grafik standar pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut ini.



Gambar 3. 4 Grafik Standar Pengujian CBR Laboratorium
(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Pengujian CBR menentukan ketebalan perkerasan jalan. Tanah dasar atau *subgrade*, yaitu tanah asli yang dipadatkan hingga 95% kepadatan maksimum, berfungsi menahan beban. Nilai CBR tinggi memungkinkan perkerasan lebih tipis, sedangkan nilai rendah memerlukan perkerasan lebih tebal. Pengujian CBR terdiri dari rendaman dan tanpa rendaman. Berikut merupakan Tabel 3.6 menunjukkan klasifikasi nilai CBR untuk *subgrade*.

Tabel 3. 6 Klasifikasi Nilai CBR untuk *Subgrade* Jalan

	Posisi Muka Air Tanah		Di bawah Standar Minimum	Sesuai Desain Standar	≥ 1200 mm di bawah Tanah Dasar
	Implementasi		Semua galian kecuali seperti yang ditunjukkan untuk kasus-3 dan timbunan tanpa drainase yang baik dari LAP* < 1000 mm diatas muka tanah asli		Galian di zona iklim 1 ** dan semua timbunan berdrainase baik ($m \geq 1$) dan LAP > 1000 mm di atas muka tanah asli
Jenis Tanah	PI	Kasus	1	2	3
Lempung	50 – 70		2	2	2,5
Lempung	40		2,5	3	3,5
Kelanauan	30		3	4	4
Lempung	20		4	4	5
Kepasiran	10		4	4	5
Lanau			1	1	2

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024)

3.11 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan

Perencanaan tebal perkerasan jalan bertujuan untuk menentukan ketebalan lapisan perkerasan yang mampu menahan beban lalu lintas dan kondisi lingkungan selama umur rencana. Ketebalan perkerasan ditentukan berdasarkan daya dukung tanah dasar (*subgrade*), yang umumnya digunakan nilai CBR (*California Bearing Ratio*), serta faktor lalu lintas dan material yang digunakan. Metode perhitungan tebal perkerasan mengacu pada standar manual desain perkerasan 2024, yang mempertimbangkan parameter seperti jenis perkerasan (lentur atau kaku), kelas jalan, ketahanan terhadap beban berulang, serta efek stabilisasi tanah dalam meningkatkan kekuatan struktural perkerasan. Perkerasan harus dirancang agar mampu mengurangi tegangan yang diteruskan ke tanah dasar sehingga mencegah deformasi berlebihan.

3.12 Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Pengembangan (*swelling*) merupakan nilai perbandingan antara perubahan tinggi benda uji selama dilakukan perendaman terhadap tinggi benda uji semula yang dinyatakan dalam persen. Benda uji yang akan dilakukan pengujian *swelling* harus dilakukan perendaman. Semakin lama benda uji dilakukan perendaman maka hasil yang didapatkan akan semakin besar. Berikut ini adalah perhitungan Pengembangan (*swelling*) yang dapat dilihat pada Persamaan 3.12 di bawah ini.

$$Sw = \frac{h_t - h_o}{h_o} \times 100\% \quad (3.12)$$

Keterangan:

Sw = Nilai pengembangan (%)

Δh = Perubahan tinggi sampel ($h_t - h_o$)

h_o = Tinggi awal sampel sebelum perendaman (mm)

h_t = Tinggi sampel setelah perendaman (mm)

Adapun klasifikasi pengembangan tanah dapat dilihat pada Tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3. 7 Klasifikasi Pengembangan

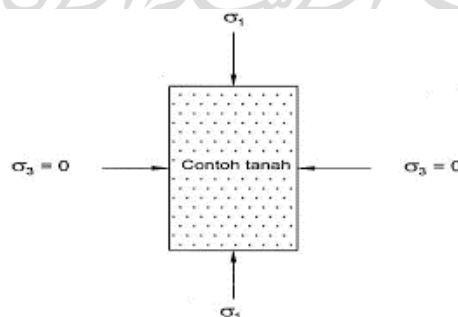
Potensi Pengembangan (%)	Klasifikasi Pengembangan
0 – 1,5	Rendah
1,5 – 5	Sedang
5 – 25	Tinggi
> 25	Sangat Tinggi

(Sumber: Das, 1995)

3.13 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas atau UCT (*Unconfined Compression Test*) adalah cara yang dilakukan di laboratorium untuk menentukan kekuatan geser tanah kohesif tanpa tekanan lateral. Uji kuat tekan bebas bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan bebas (q_u), kohesi (c), dan besaran sudut geser dalam (ϕ). Dalam hal ini, kuat tekan bebas merupakan besarnya beban persatuan luas pada saat benda uji patah atau pada saat regangan aksial mencapai 20% (pilih mana yang tercapai terlebih dahulu pada saat pengujian).

Pengujian kuat tekan bebas cocok untuk tanah lempung murni jenuh, dimana pada pembebanan cepat, air tidak dapat mengalir keluar dari benda uji. Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya tekanan axial (kg/cm^2) yang digunakan untuk mendorong silinder tanah hingga pecah, atau apabila tanah diperpendek sampai dengan 20%, maka tanah tersebut tidak pecah dan dianggap runtuh. Selama pengujian, tegangan vertikal diterapkan pada benda uji, sementara selnya sama dengan nol. Berikut ini adalah contoh skema uji tekan bebas yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.

**Gambar 3. 5 Skema Uji Tekan Bebas**

(Sumber: Hardiyatmo, 2017)

Menurut Hardiyatmo (2002), nilai kuat tekan bebas dapat dihitung melalui Persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$q_u = \frac{P}{A} \quad (3.13)$$

Keterangan:

q_u = Nilai kuat tekan bebas (kg/cm^2),

P = Beban (kg)

A = Luas tampang benda uji (cm^2)

Berikut merupakan menghitung kohesi tanah dapat dihitung dalam Persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$c = \frac{q_u}{2 \tan \alpha} \quad (3.14)$$

Keterangan:

c = Kohesi tanah (kg/m^2)

q_u = Kuat tekan bebas

α = Sudut keruntuhan ($^\circ$)

Berikut merupakan perhitungan dalam mencari nilai sudut geser dalam tanah melalui Persamaan 3.15 sebagai berikut.

$$\varphi = 2 (\alpha - 45^\circ) \quad (3.15)$$

Keterangan:

φ = Sudut geser dalam tanah ($^\circ$)

α = Sudut pecah tanah ($^\circ$)

Berikut ini merupakan Tabel 3.8 yang merupakan hubungan nilai kuat tekan bebas dengan konsistensinya.

Tabel 3. 8 Hubungan Kuat Tekan Bebas dengan Konsistensinya

Konsistensi	q_u (kN/m ²)
Lempung keras	> 400
Lempung sangat kaku	200 – 400
Lempung kaku	100 – 200
Lempung sedang	50 – 100
Lempung lunak	25 – 50
Lempung sangat lunak	< 25

(Sumber: Hardiyatmo, 2017)



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencari jawaban atas rumusan masalah yang ada. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Hal ini dilakukan dengan pemeriksaan dan pengujian tanah di laboratorium dengan menggunakan data yang diperlukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tanah lempung apabila dicampur dengan bahan tambahan berupa semen *portland* dan pasir melalui beberapa analisis terhadap nilai CBR *soaked* dan *unsoaked*, nilai *swelling*, serta nilai kuat tekan bebas. Apakah campuran yang digunakan dapat memperbaiki kondisi tanah lebih baik atau tidak.

4.2 Lokasi Penelitian

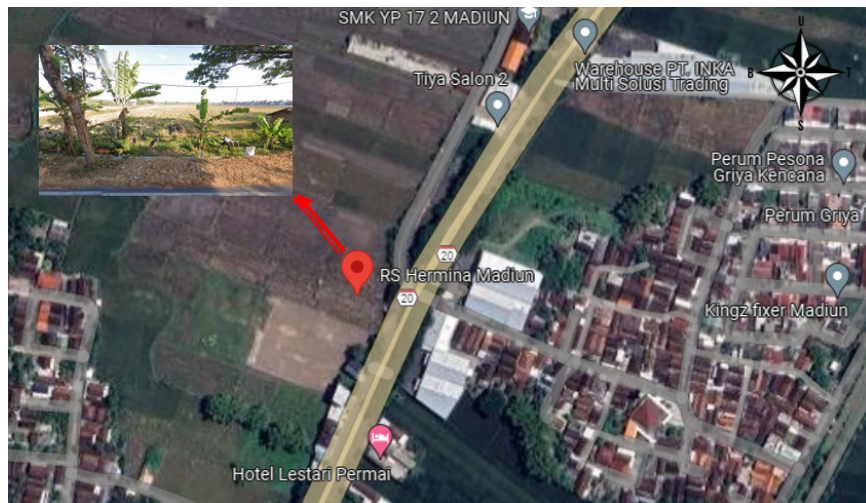
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia di jalan Kaliurang KM. 14,5 Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian dilakukan sesuai prosedur standar guna memastikan keakuratan data dalam analisis stabilisasi tanah dengan bahan tambah.

4.3 Bahan Penelitian

Adapun bahan penelitian yang dipakai untuk penelitian adalah berupa tanah lempung, semen *portland*, dan pasir yang antara lain sebagai berikut.

1. Tanah Lempung

Tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung yang pakai berasal dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur. Pengambilan tanah dilakukan pada kondisi tanah terganggu (*disturbed*) dan dimasukkan kedalam karung. Lokasi pengambilan sampel tanah asli ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Asli

2. *Semen Portland*

Pada penelitian ini digunakan semen *portland* sebagai bahan tambah stabilisasi tanah. Semen merupakan salah satu perekat bubuk yang paling umum digunakan. Dalam penelitian ini menggunakan semen *portland* yang didapatkan dari toko bangunan dengan variasi yang sudah ditentukan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Bahan tambah semen *portland* dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4. 2 Semen *Portland*

3. Pasir

Pasir adalah salah satu material yang sering digunakan untuk stabilisasi pada tanah. Pada penelitian ini digunakan pasir yang didapat dari toko bangunan di wilayah Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, yang umumnya berasal dari daerah sekitar Gunung Merapi dan dilakukan pencampuran dengan variasi yang telah ditentukan sampai didapatkan variasi yang cocok untuk meningkatkan daya dukung tanah asli. Digunakan berbagai variasi campuran untuk mendapatkan hasil yang ideal. Bahan tambah pasir dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Pasir

4.4 Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel

Rangkaian penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Sifat Fisik Tanah:
 - a. Pengujian Kadar Air
 - b. Pengujian Berat Volume Tanah
 - c. Pengujian Berat Jenis Tanah
 - d. Pengujian Batas Atterberg

- e. Pengujian Analisis Saringan
- f. Pengujian Analisis Hidrometer.

Pada penelitian ini menggunakan pencampuran pada variasi tanah asli (TA), semen *portland* (SP), dan pasir (P). Adapun masing-masing campuran variasi sebagai berikut.

1. Tanah Asli (TA);
2. Tanah Asli (TA) + Semen *Portland* (SP) 9% + Pasir (P) 11%, 13%, dan 15%.

Pengujian yang dilakukan terdiri dari pengujian sifat fisik dan mekanik tanah. Masing-masing sampel berjumlah dua agar hasil dari kedua sampel dapat dibandingkan. Jumlah sampel pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian

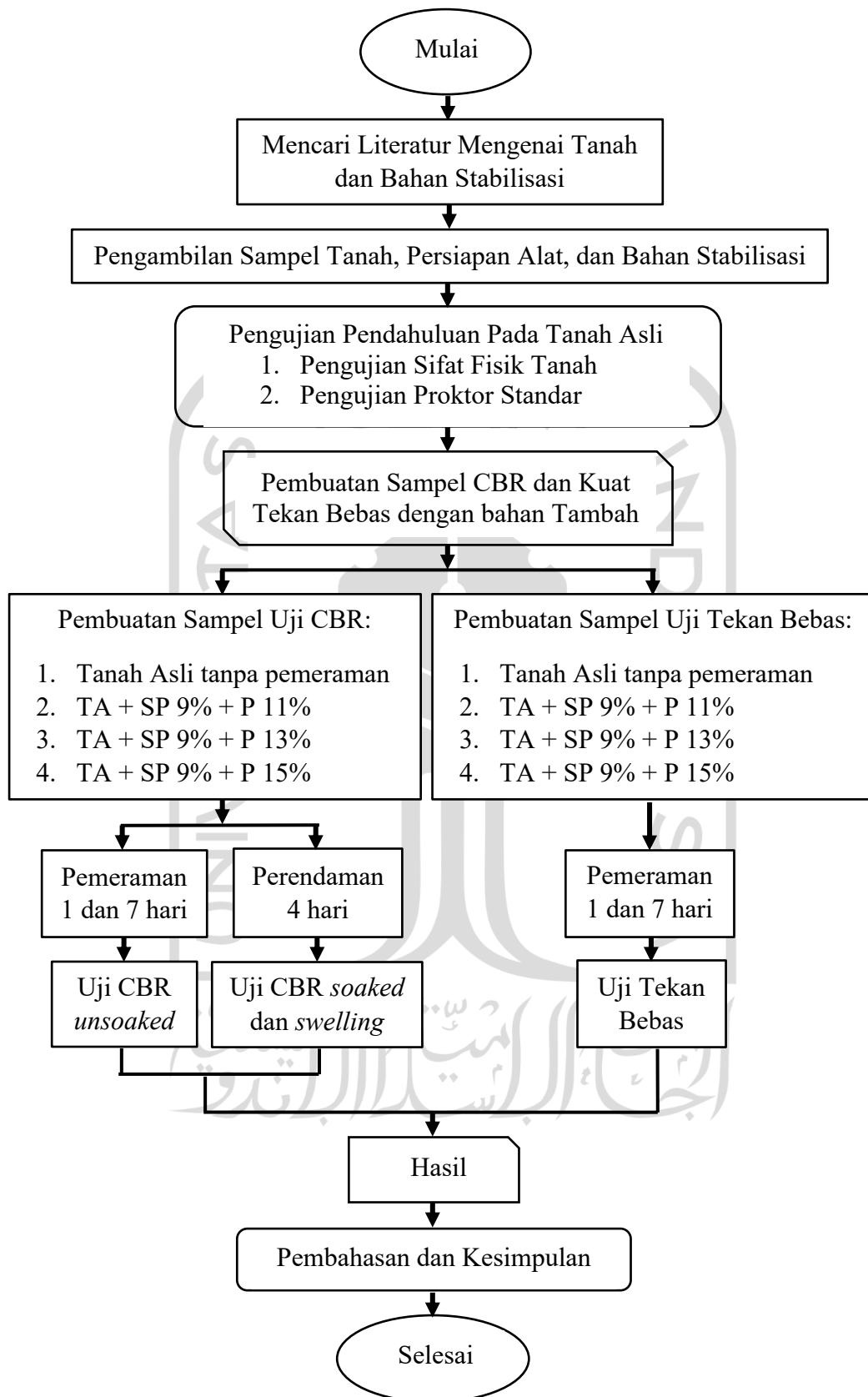
No.	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Satuan
1.	Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli		
	a. Kadar Air Tanah	2	Buah
	b. Berat Volume Tanah	2	Buah
	c. Berat Jenis Tanah	2	Buah
	d. Batas Cair Tanah	2	Buah
	e. Batas Plastis Tanah	2	Buah
	f. Batas Susut Tanah	2	Buah
	g. Analisis Saringan	2	Buah
	h. Analisis Hidrometer	2	Buah
2.	Pengujian Pemadatan Tanah (<i>Proctor Standard</i>)		
	a. Tanah Asli	2	Buah
	b. Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 11%	2	Buah
	c. Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 13%	2	Buah
	d. Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 15%	2	Buah
3.	Pengujian CBR <i>Unsoaked</i>		
	a. Tanah Asli	2	Buah
	b. Pemeraman 1 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 11%	2	Buah
	2) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 13%	2	Buah
	3) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 15%	2	Buah

Lanjutan Tabel 4. 1 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian

No.	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Satuan
	c. Pemeraman 7 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 11%	2	Buah
	2) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 13%	2	Buah
	3) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 15%	2	Buah
4.	Pengujian CBR <i>Soaked</i> dan <i>Swelling</i>		
	a. Perendaman 4 Hari		
	1) Tanah Asli	2	Buah
	2) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 11%	2	Buah
	3) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 13%	2	Buah
	4) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 15%	2	Buah
5	Pengujian Kuat Tekan Bebas		
	a. Tanah Asli	2	Buah
	b. Pemeraman 1 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 11%	2	Buah
	2) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 13%	2	Buah
	3) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 15%	2	Buah
	c. Pemeraman 7 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 11%	2	Buah
	2) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 13%	2	Buah
	3) Tanah Asli + Semen <i>Portland</i> 9% + Pasir 15%	2	Buah
	Total Sampel	60	Buah

2.5 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian merupakan sebuah representasi yang menguraikan langkah-langkah utama dalam proses penelitian. Bagan alir menjelaskan langkah-langkah mulai dari identifikasi masalah hingga penyajian hasil dalam bentuk diagram atau bagan, dan memudahkan dalam merencanakan dan mengatur langkah-langkah secara sistematis. Berikut merupakan bagan alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian (Flowchart)

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Bab ini menjelaskan hasil penelitian serta pembahasan dari pengujian yang telah dilakukan, meliputi pengujian sifat fisik dan mekanik pada tanah asli maupun tanah yang sudah diberi bahan tambah berupa semen *portland* dan pasir. Pengujian-pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5.1.1. Pengujian Propertis Tanah

1. Pengujian Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air (W_w) dalam tanah asal dengan berat tanah kering (W_s) setelah melalui proses pengeringan dalam oven. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah tanah asli yang dikumpulkan dari lapangan dalam kondisi terganggu. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah kandungan air dalam tanah tersebut. Pada pengujian ini digunakan 2 sampel sehingga dapat dibandingkan.

Pada sampel 1 diuji untuk mengetahui kadar air tanah. Berat cawan dan tanah basah (W_2) mula-mula adalah 63,82 gram, dan setelah dikeringkan dalam oven selama 24 jam, berat cawan berisi tanah kering (W_3) menjadi 55,73 gram. Artinya, berat tanah kering (W_s) adalah 42,96 gram. Proses pengeringan bertujuan dalam menghilangkan kelembapan sehingga menghasilkan berat air (W_w) sebesar 8,09 gram. Berdasarkan data tersebut, kadar air tanah dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.2, dan menghasilkan nilai kadar air (w) sampel 1 adalah 18,831%.

Sampel 2 diuji menggunakan prosedur serupa. Berat cawan dengan tanah basah (W_2) adalah 54,53 gram, dan berat cawan berisi tanah kering (W_3) setelah dikeringkan dalam oven selama 24 jam adalah 48,13 gram. Berat tanah kering (W_s) dihitung sebesar 35,16 gram, dan berat air (W_w) yang hilang akibat pengeringan mencapai 6,40 gram. Dari data tersebut ditentukan kadar air (w) sebesar 18,203%.

Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang telah dilakukan menunjukan bahwa kadar air sampel 1 sebesar 18,831% dan kadar air sampel 2 sebesar 18,203%. Sehingga dapat diketahui untuk rata-rata kadar air kedua sampel tanah yang diambil dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur adalah sebesar 18,517%.

2. Pengujian Berat Volume

Berat volume adalah rasio antara total tanah (termasuk air) dengan volume tanah yang didalamnya masa butiran tanah serta pori-pori yang mengandung udara dan air. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah tanah asli yang dikumpulkan dari lapangan dalam kondisi terganggu. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur berat volume tanah asli di lapangan. Pada pengujian ini digunakan 2 sampel.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan ring berdiameter 5,13 cm dan tinggi 2,1 cm sehingga menghasilkan volume ring sebesar $43,405 \text{ cm}^3$. Berat kosong ring (W1) adalah 39,44 gram, dan untuk sampel 1 diperoleh berat cincin dan tanah basah (W2) sebesar 93,68 gram. Sedangkan untuk sampel 2 sebesar 94,36 gram. Berat tanah basah (W3) dihitung dengan selisih berat ring tanah basah (W2) dan berat ring kosong (W1), diperoleh berat tanah basah masing-masing sebesar 54,24 gram untuk sampel 1 dan 54,92 gram untuk sampel 2.

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume yang telah dilakukan menunjukan bahwa berat volume tanah sampel 1 sebesar $1,250 \text{ gram/cm}^3$ dan berat volume sampel 2 sebesar $1,265 \text{ gram/cm}^3$. Sehingga dapat diketahui rata-rata berat volume kedua sampel tanah yang diambil dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur adalah sebesar $1,257 \text{ gram/cm}^3$.

3. Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah rasio antara berat volume tanah dengan berat volume air yang sama pada suhu tertentu. Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan antara berat partikel tanah kering dengan berat air suling dengan volume yang sama, biasanya pada suhu $27,5^\circ\text{C}$ dengan menggunakan piknometer. Sampel tanah yang dipakai adalah yang lolos saringan nomor 200 dan digunakan 2 sampel uji untuk membandingkan hasilnya.

Untuk sampel 1 digunakan piknometer dengan berat (W_1) sebesar 41,37 gram. Berat piknometer dengan tanah kering (W_2) adalah 64,97 gram. Setelah sampel ditimbang, piknometer yang berisi tanah diisi air sampai tiga per empat penuh. Maka diperoleh piknometer dengan tanah terisi penuh air (W_3), beratnya 157,87 gram. Aduk campuran tanah dan air dengan hati-hati untuk menghilangkan udara yang terperangkap, lalu dinginkan dalam desikator. Berat piknometer yang diisi air penuh (W_4) adalah 141,57 gram, dan berat tanah kering (W_s) diperoleh 23,60 gram.

Untuk sampel 2 langkah pengujian sama seperti sampel 1. Berat piknometer (W_1) sebesar 37,50 gram, berat piknometer dengan tanah kering (W_2) sebesar 64,68 gram, dan setelah piknometer dengan tanah terisi penuh air (W_3) sebesar 153,63 gram. Berat piknometer dengan air penuh (W_4) sebesar 139,06 gram, jadi berat tanah kering (W_s) adalah 27,18 gram. Suhu air (T) untuk kedua sampel adalah 27°C dan berat volume tanah pada suhu $27,5^\circ\text{C}$ adalah $2,694 \text{ gram/cm}^3$.

Pengujian berat jenis tanah dilakukan dengan menghitung nilai A yaitu berat tanah kering dan piknometer ditambah dengan air, dan nilai I yaitu selisih berat piknometer dan tanah ditambah air penuh. Nilai A sampel 1 dan 2 masing-masing sebesar 165,17 gram dan 166,24 gram, sedangkan nilai I sampel 1 sebesar 7,30 gram, dan nilai I sampel 2 sebesar 12,61 gram. Berdasarkan perhitungan, berat jenis tanah pada suhu T dan $27,5^\circ\text{C}$ adalah 2,694 untuk kedua sampel. Kepadatan tanah rata-rata di Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur mempunyai nilai 2,694 yang menunjukkan jenis tanah lempung organik.

Berikut ini adalah rekapitulasi hasil dari pengujian sifat fisik tanah yang disajikan pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Uraian	Sampel			Satuan
	1	2	Rata-Rata	
Kadar Air	18,831	18,203	18,517	%
Berat Volume	1,250	1,265	1,257	gram/cm^3
Berat Jenis	3,233	2,156	2,694	

5.1.2. Pengujian Batas Atterberg

Pengujian batas konsisten (batas Atterberg) terdiri dari tiga bagian, yaitu batas cair, batas plastis, dan batas susut. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai indeks plastisitas tanah yang digunakan untuk menentukan kohesi dan jenis tanah.

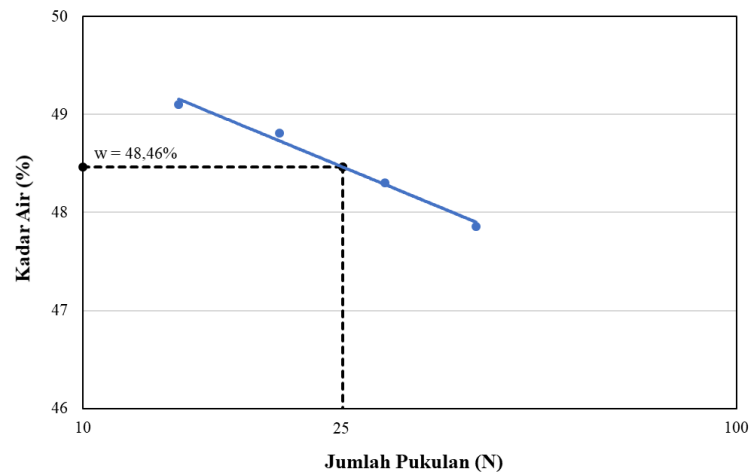
1. Pengujian Batas Cair

Batas cair adalah kadar air pada saat tanah bertransisi dari wujud cair ke plastis dan menandai berakhirnya daerah plastis. Pengujian ini adalah untuk menentukan batas cair tanah dengan menggunakan sampel tanah yang lolos saringan nomor 40. Nilai batas cair ditentukan dalam 25 pukulan dan dinyatakan dalam persen. Tujuan pengujian ini adalah untuk memahami tekstur dan jenis tanah, dengan 2 sampel diuji untuk perbandingan hasil.

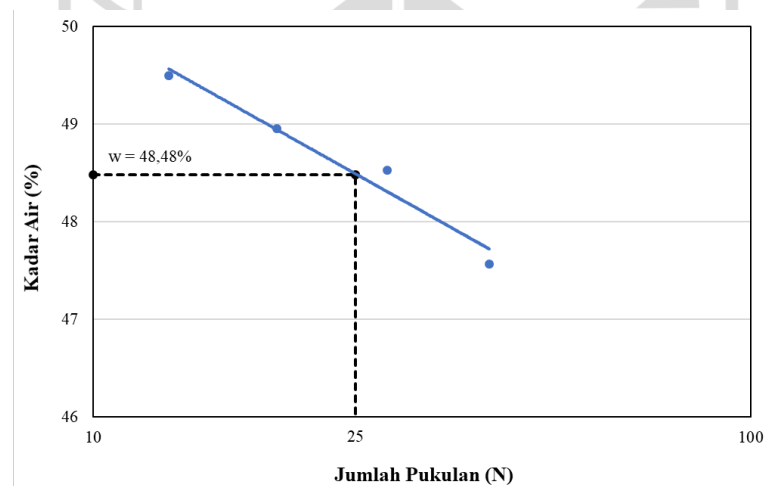
Pengujian batas cair tanah dilakukan dalam 4 percobaan dengan menggunakan 2 cawan pada setiap percobaan. Data yang diperoleh meliputi berat cawan kosong (W_1), berat cawan berisi tanah basah (W_2), dan berat cawan berisi tanah kering (W_3). Berat air (W_w), berat tanah kering (W_s), dan kadar air tanah (w) dihitung dari data setiap percobaan.

Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata kadar air sampel 1 adalah 49,10% untuk 14 pukulan pada percobaan pertama, 48,81% untuk 20 pukulan pada percobaan kedua, 48,30% untuk 29 pukulan pada percobaan ketiga, dan 47,86% untuk 40 pukulan pada percobaan keempat. Sedangkan untuk sampel 2 rata-rata kadar air sampel 1 adalah 49,49% untuk 13 pukulan pada percobaan pertama, 48,95% untuk 19 pukulan pada percobaan kedua, 48,53% untuk 28 pukulan pada percobaan ketiga, dan 47,57% untuk 40 pukulan pada percobaan keempat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak dilakukan pukulan, kadar air tanah semakin menurun, hal ini menunjukkan bahwa plastisitas tanah semakin menurun seiring dengan menurunnya kadar air. Berikut merupakan hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 5.1 dan 5.2 di bawah ini.



Gambar 5. 1 Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 1



Gambar 5. 2 Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 2

Berdasarkan grafik pengujian batas cair diatas, ditentukan nilai batas cair tanah asli. Berikut merupakan hasil dari pengujian batas cair dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Cair

Sampel	Satuan	Hasil
Tanah Asli Sampel 1	%	48,46
Tanah Asli Sampel 2	%	48,48
Rata - Rata	%	48,47

Berdasarkan hasil rekapitulasi sampel 1 dan sampel 2 maka didapatkan rata-rata dari pengujian batas cair untuk tanah asli yang diambil dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur adalah sebesar 48,47%.

2. Pengujian Batas Plastis

Batas Plastis adalah keadaan dimana kadar air berada diantara batas permukaan plastis dan permukaan semi padat, dan dapat juga disebut dengan batas bawah plastisitas tanah. Pada titik ini mulai menunjukkan plastisitas, yaitu kemampuan untuk membentuk tanpa retak atau pecah. Pengujian batas plastis bertujuan untuk menentukan kadar air pada kondisi ini.

Pengujian batas plastis tanah dilakukan sebanyak dua kali terhadap dua sampel. Pada sampel 1 kadar air cawan pertama sebesar 37,39%, kadar air cawan kedua sebesar 36,27%, dan rata-rata adalah sebesar 36,830%. Pada sampel 2 kadar air cawan pertama sebesar 35,86%, kadar air cawan kedua sebesar 36,54%, dan rata-rata adalah sebesar 36,201%. Secara keseluruhan rata-rata batas plastisitas tanah di Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur adalah mencapai 36,516%.

3. Pengujian Batas Susut

Batas susut merupakan kondisi kadar air tanah antara batas semi padat dan padat. Pengujian ini bertujuan menentukan kadar air saat mencapai batas susut. Hal ini terjadi ketika tanah berhenti menyusut meskipun kadar air tanah terus menurun. Pengujian ini dilakukan dua kali, dengan dua sampel pada setiap kali pengujian.

Pada pengujian batas susut diperoleh berat (W_1) cawan susut sebesar 43,31 gram dan 37,78 gram pada pengujian pertama, serta 44,97 gram dan 30,77 gram pada pengujian kedua. Berat cawan dengan tanah basah (W_2) diperoleh 67,93 gram dan 62,95 gram pada pengujian pertama, serta 70,22 gram dan 57,46 gram pada pengujian kedua. Berat cawan tanah kering (W_3) setelah dikeringkan adalah 59,08 gram dan 53,79 gram pada pengujian pertama, serta 61,13 gram dan 47,81 gram pada pengujian kedua. Berat tanah kering (W_o) adalah 15,77 gram dan 16,01 gram pada pengujian pertama, serta 16,16 gram dan 17,04 gram pada pengujian kedua. Kadar air (w) yang dihitung adalah 56,119% dan 57,214% pada pengujian pertama, serta 56,250% dan 56,631% pada pengujian kedua.

Pengujian batas susut menunjukkan bahwa volume tanah basah sama dengan volume cawan susut, jadi pada pengujian pertama didapat $17,082 \text{ cm}^3$ dan $17,262 \text{ cm}^3$, sedangkan pada pengujian kedua didapat $17,249 \text{ cm}^3$ dan $16,678 \text{ cm}^3$. Berat air raksa yang dikenakan pada tadar tanah kering (W4) adalah 196,41 gram dan 202,36 gram pada pengujian pertama, serta 225 gram dan 211,28 gram pada pengujian kedua. Berat air raksa (W6) setelah dikurangi berat gelas ukur adalah 135,98 gram dan 141,93 gram pada pengujian pertama, sedangkan 164,57 gram dan 150,85 gram pada pengujian kedua. Volume tanah kering (V_o) dihitung sebesar $1,16 \text{ cm}^3$ dan $1,18 \text{ cm}^3$ pada pengujian pertama, serta $1,19 \text{ cm}^3$ dan $1,25 \text{ cm}^3$ pada pengujian kedua yang digunakan menentukan batas susut (SL) tanah.

Berdasarkan hasil pengujian, batas susut tanah pada pengujian pertama sebesar 55,11% dan 56,21%, serta pengujian kedua sebesar 55,26% dan 55,73%, dengan rata-rata sebesar 55,66% pada pengujian pertama dan 55,49% pada pengujian kedua. Secara keseluruhan rata-rata nilai batas susut tanah untuk sampel yang diambil dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur adalah sebesar 55,58%.

4. Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas (PI) adalah kisaran kadar air dimana tanah masih dalam keadaan plastis dan dihitung dari selisih batas cair dan batas plastis tanah. Hubungan antara kedua batas ini penting karena nilai (PI) menunjukkan plastisitas tanah dan kemampuannya untuk berubah bentuk saat basah tanpa retak. Indeks plastisitas digunakan untuk mengevaluasi plastisitas tanah dan kemampuannya untuk berubah bentuk saat terendam dalam air. Hal ini menunjukkan seberapa jauh tanah dapat berubah bentuk tanpa retak.

Batas cair tanah diuji pada dua sampel dan diperoleh nilai antara 48,46% dan 48,48%, sedangkan batas plastisnya antara 36,830% dan 36,201%. Indeks plastisitas sampel pertama sebesar 11,63%, indeks plastisitas sampel kedua sebesar 12,28%, dan rata-rata sebesar 11,95%. Berdasarkan klasifikasinya, tanah yang berasal dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur memiliki indeks plastisitas 7-17, menunjukkan tanah lempung berlanau dengan plastisitas dan kohesi sedang.

Berikut rekapitulasi hasil dari pengujian batas Atterberg yang ditunjukkan pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Atterberg

Uraian	Sampel			Satuan
	1	2	Rata-Rata	
Batas Cair	48,46	48,48	48,47	%
Batas Plastis	36,830	36,201	36,516	%
Batas Susut	56,229	56,118	55,575	%
Indeks Plastisitas	11,63	12,28	11,95	%

5.1.3. Pengujian Analisis Saringan

1. Tanah Asli

Pengujian analisis saringan terdiri dari dua bagian yaitu analisis saringan yang bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel tanah yang tertahan pada saringan nomor 200 dan analisis hidrometer untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah halus yang lolos saringan nomor 200 didasarkan pada pengendapan dalam air.

Pengujian ini meliputi analisis butiran dan hidrometer untuk mengetahui persentase ukuran partikel yang tertahan pada nomor saringan 200 dan mengetahui gradasi agregat kasar dan halus. Pengujian ini menggunakan 2 sampel dengan berat sampel 1 sebesar 110 gram dan sampel 2 sebesar 60 gram. Pada sampel 1 seberat 110 gram disaring dengan menggunakan saringan nomor 200, kemudian tanah yang tertahan direndam dan diuji dengan hidrometer. Sementara sampel 2 seberat 60 gram langsung direndam tanpa dilakukan penyaringan terlebih dahulu dan diuji dengan hidrometer.

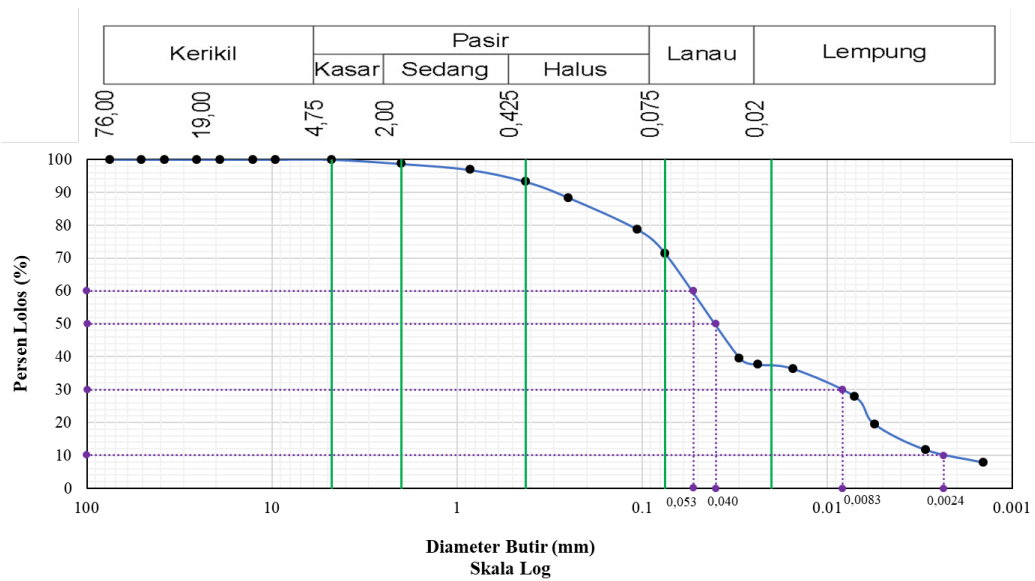
Pada pengujian analisis saringan dilakukan pada saringan No. 4, 10, 20, 40, 60, 140, dan 200. Berdasarkan hasil dari pengujian analisis saringan didapatkan bahwa pada sampel 1 yaitu jumlah berat tanah yang lolos saringan no. 200 sebanyak 110 gram dan persen tanah lolos saringan sebesar 71,391%. Sedangkan pada sampel 2 yaitu jumlah berat tanah yang lolos saringan no. 200 sebanyak 60 gram dan persen tanah lolos saringan sebesar 71,667 %.

Sedangkan pengujian analisis hidrometer adalah untuk mengukur sebaran dan ukuran butiran tanah yang lolos saringan no. 200 atau diameter kurang dari 0,075 mm. Proses ini dilakukan untuk memahami sifat-sifat tanah berdasarkan ukuran partikel halus yang tidak dapat dianalisis menggunakan metode penyaringan biasa. Hasil pengujian analisis hidrometer pada sampel 1 menunjukkan persentase lolos saringan semakin menurun seiring berjalannya waktu. Pada menit pertama persentase lolos saringan sebanyak 39,590% dengan diameter partikel sebanyak 0,030 mm. setelah 2 menit, nilai persentasenya menurun menjadi 37,642% dan diameter partikel menjadi 0,024 mm. setelah 5 menit, persentase lolos saringan menjadi 36,344% dan diameter 0,015 mm. Dalam waktu 30 menit, persentasenya turun menjadi 27,907% dan diameter 0,007 mm. setelah 60 menit, persentase lolos saringan menjadi 19,470% dan diameter 0,006 mm. Setelah 250 menit, persentase lolos saringan menjadi 11,682% dan diameter 0,003 mm, namun pada 1140 menit terakhir, persentase lolos saringan berkurang menjadi 7,788% dengan diameter 0,001 mm. Berikut ini adalah hasil pengujian analisis hidrometer sampel 1 yang ditunjukkan pada Tabel 5.4 di bawah ini.

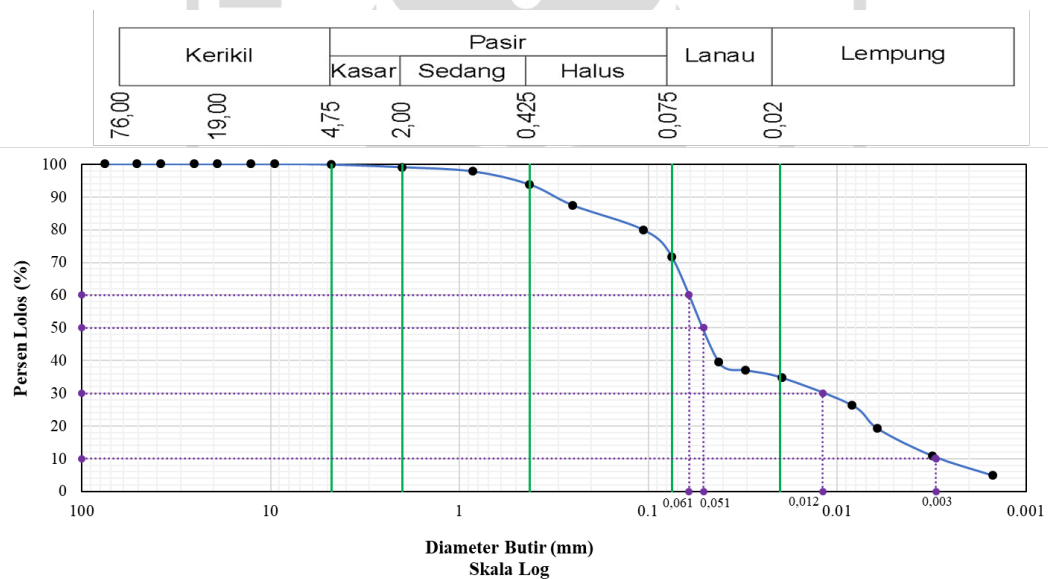
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Sampel 1

Waktu (t)	Suhu (T)	Ra	Rc	Persen Lolos	R	L (cm)	L/t	k	Diameter
1	25	60	61	39.590	62	5.5	5.5	0.013	0.030
2	25	57	58	37.642	59	7	3.5	0.013	0.024
5	25	55	56	36.344	57	7.3	1.46	0.013	0.015
30	25	42	43	27.907	44	9.4	0.313	0.013	0.007
60	25	29	30	19.470	31	11.5	0.192	0.013	0.006
250	25	17	18	11.682	19	13.5	0.054	0.013	0.003
1140	25	11	12	7.788	13	14.5	0.013	0.013	0.001

Berdasarkan hasil uji analisis saringan dan hidrometer untuk sampel 1 dan sampel 2 menunjukkan distribusi ukuran partikel tanah seperti terlihat dalam grafik pada Gambar 5.3 dan 5.4 di bawah ini.



Gambar 5. 3 Grafik Analisis Saringan Butiran Tanah Sampel 1



Gambar 5. 4 Grafik Analisis Saringan Butiran Tanah Sampel 2

Berdasarkan Gambar 5.3 dan 5.4 di atas menunjukkan hasil pengelompokan berdasarkan ukuran butiran dari pengujian saringan tanah dan hidrometer sebenarnya. Berikut merupakan persentase rincian ditunjukkan pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Persentase Fraksi Butiran Tanah

Kriteria Tanah	Satuan	Hasil		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Tanah Lolos Saringan No. 200	%	71,391	71,667	71,529
Pasir	%	28,609	28,333	28,471
Lanau	%	35,046	37,028	36,037
Lempung	%	36,344	34,639	35,492
D10	%	0,0024	0,0030	0,0027
D30	mm	0,008	0,012	0,010
D60	mm	0,053	0,061	0,057
$C_u = D_{60}/D_{10}$	-	22,553	20,333	21,443
$C_c = D_{30}^2/(D_{10} \times D_{60})$	-	0,553	0,774	0,663
D50	mm	0,040	0,051	0,046

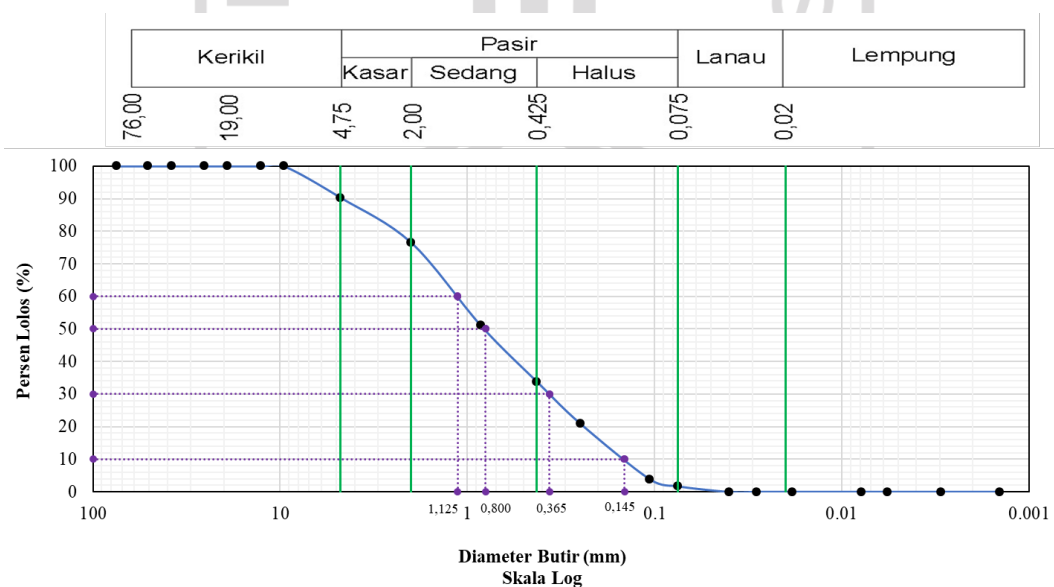
2. Pasir

Analisis saringan butiran pada pasir merupakan metode laboratorium yang digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel pasir dalam sampel tanah yang distabilisasi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan serangkaian saringan berukuran standar untuk memisahkan partikel pasir berdasarkan diameter butirannya, sehingga dapat diketahui komposisi gradasinya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengklasifikasikan pasir sesuai dengan standar klasifikasi tanah berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), serta menilai kesesuaiannya dalam meningkatkan kepadatan, kekuatan, dan daya dukung tanah. Pasir dengan gradasi yang baik dapat mempengaruhi karakteristik tanah dan meningkatkan efektivitas stabilisasi. Dengan mengetahui distribusi ukuran butiran pasir, pencampuran dengan bahan stabilisasi seperti semen *portland* dapat disesuaikan untuk meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi potensi pemuaian dan penyusutan, serta meningkatkan ketahanan terhadap beban dan lingkungan. Dalam penelitian ini, analisis saringan dilakukan untuk mengetahui distribusi agregat pasir yang digunakan sebagai bahan tambah stabilisasi. Hasil pengujian analisis saringan pasir dapat ditunjukkan pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	Persentase Tanah Tertahan (%)	Persentase Tanah Lolos (%)
4	4,75	11,58	108,42	9,650	90,350
10	2	16,53	91,89	13,775	76,575
20	0,85	30,51	61,38	25,425	51,150
40	0,425	20,79	40,59	17,325	33,825
60	0,25	15,34	25,25	12,783	21,042
140	0,106	20,60	4,65	17,167	3,875
200	0,075	2,57	2,08	2,142	1,733
Pan		2,08	0	1,733	0
TOTAL		120		100	
Berat Tanah Mula-Mula				120	gr
Persentase Lolos Saringan No.200				1,733	%

Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan diatas, maka persentase jenis agregat berdasarkan ukuran butirannya dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 5.5 di bawah ini.

**Gambar 5. 5 Grafik Analisis Saringan Butiran Pasir**

Berdasarkan Gambar 5.5 di atas, menunjukkan persentase distribusi ukuran partikel dalam analisis saringan pasir. Hasil perhitungan persentase dari pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Persentase Fraksi Butiran Pasir

Keterangan	Sampel	Satuan
Tanah Lolos Saringan No. 200	1,733	%
Pasir	98,267	%
Lanau	1,719	%
Lempung	0,014	%
D10	0,145	mm
D30	0,365	mm
D60	1,125	mm
Cu	7,759	
Cc	0,817	
D50	0,800	mm

5.1.4. Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*)

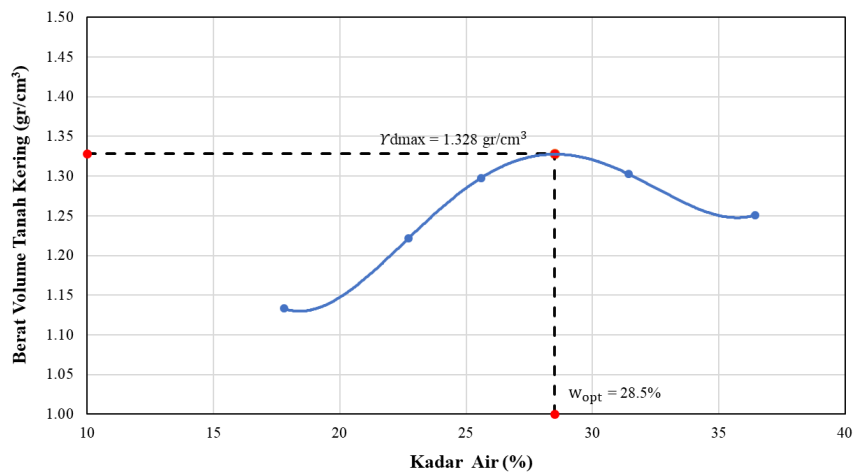
Pengujian proktor standar bertujuan menentukan kepadatan maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimal (w_{opt}) dengan memadatkan tiga lapisan tanah, masing-masing 75 pukulan. Sampel tanah seberat 2000 gram dengan kadar air awal 11,787% diuji dengan menambahkan air sedikit demi sedikit dari 100-500 ml untuk mencari kadar air optimal yang akan menghasilkan kepadatan tanah maksimum sebelum kelebihan air mengurangi kepadatan.

Pada sampel 1, penambahan air meningkatkan berat dan volume tanah basah. Dengan 100 ml air, berat tanah basah sebesar 1220 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,335 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 17,780%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,133 \text{ gr/cm}^3$. Setelah ditambahkan 200 ml air, berat tanah basah sebesar 1370 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,499 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 22,708%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,221 \text{ gr/cm}^3$. Setelah ditambahkan 300 ml air, berat tanah basah sebesar 1490 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,630 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 25,594%, dan berat

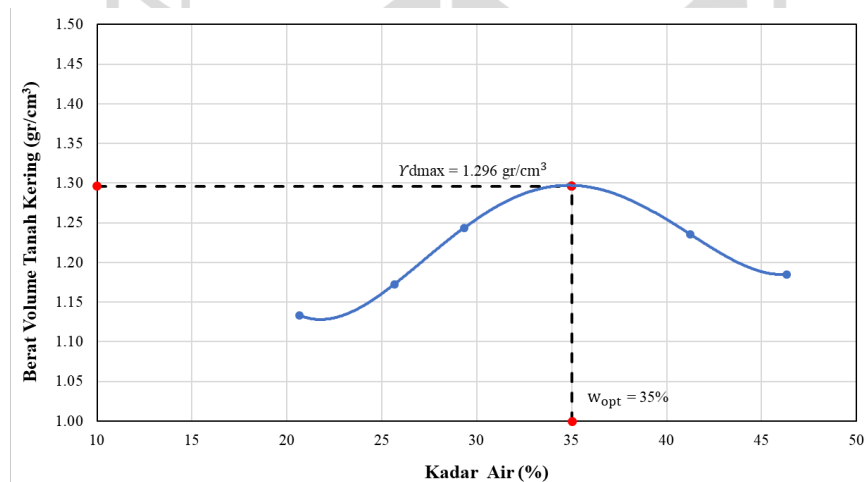
volume tanah kering sebesar $1,298 \text{ gr/cm}^3$. Setelah ditambahkan 400 ml air, berat tanah basah sebesar 1560 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,707 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 36,436%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,251 \text{ gr/cm}^3$. Pada penambahan 500 ml air, berat tanah basah sebesar 1565 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,712 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 31,419%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,303 \text{ gr/cm}^3$.

Pada sampel 2, penambahan air meningkatkan berat tanah basah dan berat volume tanah basah. Dengan 100 ml air, berat tanah basah sebesar 1250 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,367 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 20,645%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,133 \text{ gr/cm}^3$. Setelah ditambahkan 200 ml air, berat tanah basah sebesar 1347 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,474 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 25,665%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,173 \text{ gr/cm}^3$. Setelah ditambahkan 300 ml air, berat tanah basah sebesar 1470 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,608 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 29,323%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,244 \text{ gr/cm}^3$. Setelah ditambahkan 400 ml air, berat tanah basah sebesar 1585 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,734 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 46,328%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,185 \text{ gr/cm}^3$. Pada penambahan 500 ml air, berat tanah basah sebesar 1595 gram, berat volume tanah basah sebesar $1,745 \text{ gr/cm}^3$, kadar air rata-rata sebesar 41,249%, dan berat volume tanah kering sebesar $1,235 \text{ gr/cm}^3$.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat volume dan kadar air tanah basah meningkat seiring dengan penambahan air, sedangkan volume tanah kering mengalami kenaikan hingga mencapai titik optimum sebelum menurun akibat kelebihan air. Penambahan air dalam jumlah tertentu menyebabkan partikel tanah lebih mudah bergerak dan saling mengisi ruang kosong, sehingga meningkatkan kepadatan tanah. Namun, setelah melewati kadar air optimal, air berlebih mulai bertindak sebagai pelumas yang mengurangi gesekan antar partikel tanah, menyebabkan penurunan kepadatan tanah kering. Berikut hasil pengujian kepadatan tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 di bawah ini.



Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1



Gambar 5. 7 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

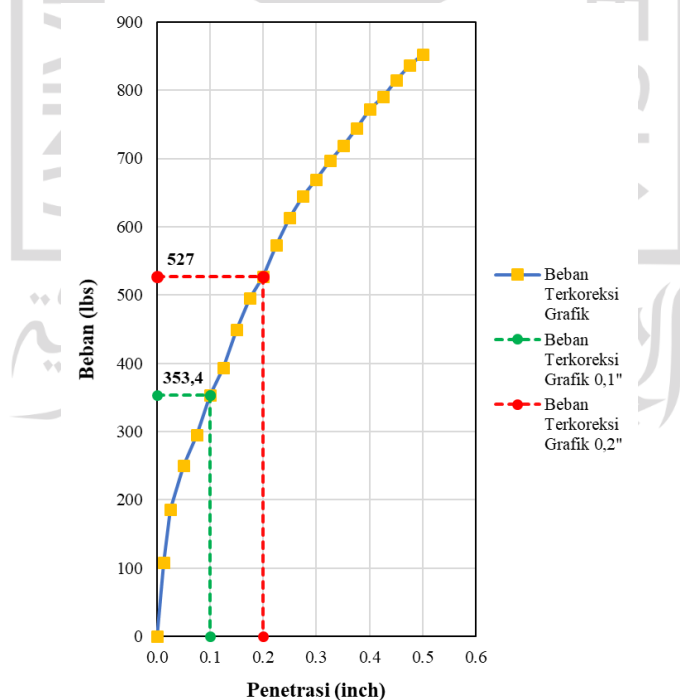
Dari hasil pengujian diperoleh kadar air optimum dan kepadatan maksimum sampel 1 sebesar 28,5% dengan kepadatan $1,328 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan kadar air optimum sampel 2 sebesar 35% dengan kepadatan $1,296 \text{ gr/cm}^3$. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara berat volume tanah kering dengan kadar air, sehingga diperoleh nilai berat volume tanah kering maksimum dan kadar air optimum, sebagaimana sudah direkapitulasi hasil pengujian pemadatan tanah pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Keterangan	Satuan	Sampel		Rata-Rata
		1	2	
Berat Volume Tanah Kering Maks, γ_d maks (MDD)	gr/cm ³	1,328	1,296	1,312
Kadar Air Optimum, w_{opt} (OMC)	%	28,5	35	35

5.1.5. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas daya dukung tanah dalam dua kondisi, yaitu kondisi tidak terendam (*unsoaked*) dan kondisi terendam (*soaked*). Dalam kondisi tidak terendam (*unsoaked*) dilakukan pemeraman selama 1 dan 7 hari, sedangkan untuk kondisi terendam (*soaked*) dilakukan selama 4 hari. Bahan tambah yang digunakan untuk pengujian ini berupa semen *portland* dan pasir. Berikut merupakan grafik hasil dari pengujian CBR *unsoaked* pada tanah asli sampel 1 yang diambil dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur yang dapat dilihat pada Gambar 5.8 di bawah ini.

**Gambar 5. 8 Grafik Pengujian CBR *Unsoaked* Tanah Asli Sampel 1**

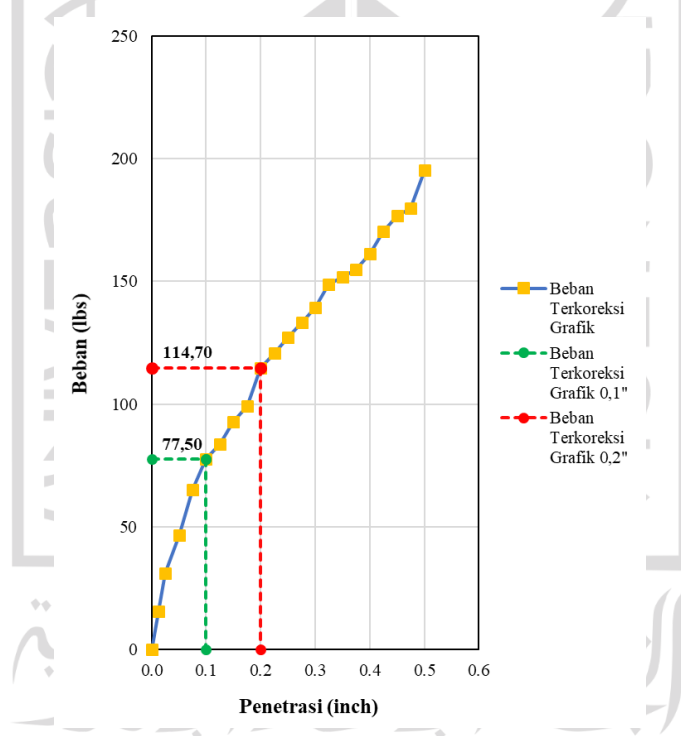
Berdasarkan grafik diatas, maka dapat dihitung nilai CBR 0,1” dan CBR 0,2” tanah asli *unsoaked* sampel 1 dengan menggunakan Persamaan 3.10 dan 3.11.

$$CBR_{0,1} = \frac{353,4}{3000} \times 100 = 11,780\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{527}{4500} \times 100 = 11,711\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dipakai nilai CBR 0,1” sebesar 11,780% karena nilai CBR 0,1” yang lebih besar dari nilai CBR 0,2”.

Berikut grafik hasil dari pengujian CBR *soaked* pada tanah asli sampel 1 yang diambil dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 di bawah ini.



Gambar 5. 9 Grafik Pengujian CBR *soaked* Tanah Asli Sampel 1

Berdasarkan grafik diatas, maka dapat dihitung nilai CBR 0,1” dan CBR 0,2” tanah asli *soaked* sampel 1 dengan menggunakan Persamaan 3.10 dan 3.11.

$$CBR_{0,1} = \frac{77,5}{3000} \times 100 = 2,583\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{114,7}{4500} \times 100 = 2,549\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dipakai nilai CBR 0,1” sebesar 2,583% karena nilai CBR 0,1” yang lebih besar dari nilai CBR 0,2”.

Pengujian CBR dilanjutkan dengan variasi pasir 11%, 13%, dan 15% dan semen *portland* 9% pada setiap variasi campuran. Pengujian mencakup dua kondisi, yaitu tanpa perendaman (*unsoaked*) selama 1 dan 7 hari, serta dengan perendaman (*soaked*) selama 4 hari, tujuannya untuk mengetahui pengaruh bahan tambah terhadap daya dukung tanah. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai CBR untuk setiap variasi penambahan dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR

Variasi Sampel	Sampel	0,1”	0,2”	Nilai CBR	Rerata CBR
CBR <i>Unsoaked</i> (0 Hari Pemeraman)					
Tanah Asli	1	11,780	11,711	11,780	11,160
	2	10,540	10,333	10,540	
CBR <i>Unsoaked</i> (1 Hari Pemeraman)					
TA + SP9% + P11%	1	36,787	35,960	36,787	37,045
	2	37,303	35,133	37,303	
TA + SP9% + P13%	1	42,160	38,509	42,160	43,710
	2	45,260	37,820	45,260	
TA + SP9% + P15%	1	49,497	41,333	49,497	49,600
	2	49,703	44,227	49,703	
CBR <i>Unsoaked</i> (7 Hari Pemeraman)					
TA + SP9% + P11%	1	38,750	31,689	38,750	38,388
	2	38,027	34,444	38,027	
TA + SP9% + P13%	1	54,767	49,944	54,767	54,612
	2	54,457	51,322	54,457	
TA + SP9% + P15%	1	59,107	53,044	59,107	59,727
	2	60,347	48,911	60,347	
CBR <i>Soaked</i> (4 Hari Perendaman)					
Tanah Asli	1	2,583	2,549	2,583	2,558
	2	2,533	2,480	2,533	
TA + SP9% + P11%	1	18,393	18,049	18,393	18,600
	2	18,807	18,256	18,807	
TA + SP9% + P13%	1	20,667	20,529	20,667	20,770
	2	20,873	20,667	20,873	
TA + SP9% + P15%	1	21,500	21,356	21,500	21,703
	2	21,907	21,769	21,907	

5.1.6. Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan persentase perubahan tinggi benda uji baik pada tanah asli maupun dengan campuran tanah asli dengan semen *portland* dan pasir dengan variasi penambahan 11%, 13%, dan 15% pada pasir, serta pada semen *portland* sebesar 9%. Selama proses perendaman dibandingkan dengan tinggi awalnya. Prosedur pengujiannya adalah dengan membiarkan sampel uji direndam selama 4 hari. Berikut merupakan hasil pengujian pengembangan (*swelling*) dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Uraian	Sampel 1		Sampel 2		Rata-Rata	Satuan
Tanah Asli	h_0	11,83	h_0	11,81	1,311	%
	h_t	11,98	h_t	11,97		
	Δh	0,15	Δh	0,16		
	<i>swelling</i>	1,268	<i>swelling</i>	1,355		
TA+SP9%+P11%	h_0	11,85	h_0	11,91	2,609	%
	h_t	12,15	h_t	12,23		
	Δh	0,3	Δh	0,32		
	<i>swelling</i>	2,532	<i>swelling</i>	2,687		
TA+SP9%+P13%	h_0	11,93	h_0	11,86	3,657	%
	h_t	12,38	h_t	12,28		
	Δh	0,45	Δh	0,42		
	<i>swelling</i>	3,772	<i>swelling</i>	3,541		
TA+SP9%+P15%	h_0	11,83	h_0	11,79	4,107	%
	h_t	12,32	h_t	12,27		
	Δh	0,49	Δh	0,48		
	<i>swelling</i>	4,142	<i>swelling</i>	4,071		

Berdasarkan Tabel 5.10 diatas, maka didapatkan nilai pengembangan dalam persentase yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.12 berikut ini. Nilai pengembangan tanah asli sampel 1,

$$Sw = \frac{h_t - h_0}{h_0} \times 100\%$$

$$= \frac{0,15}{11,83} \times 100\%$$

$$= 1,268\%$$

Berdasarkan Tabel 5.10 dapat diketahui bahwa pengembangan yang terjadi pada tanah asli adalah sebesar 1,268%, dan nilai pengembangan yang terjadi pada tanah tersebut termasuk dalam klasifikasi pengembangan rendah. Kemudian setelah dilakukan penambahan bahan campur seperti semen *portland* dan pasir terjadi perubahan.

5.1.7. Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas bertujuan untuk mengukur nilai kuat tekan bebas (q_u), gaya kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Dalam penelitian ini dilakukan pada tanah asli dan tanah yang distabilkan dengan campuran semen *portland* sebesar 9% dan pasir sebesar 11%, 13%, dan 15% dari berat sampel. Pengujian pada tanah asli tanpa pemeraman, sementara sampel dengan bahan tambah diperam selama 1 dan 7 hari untuk melihat pengaruh stabilisasi terhadap sifat tanah.

1. Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Berikut hasil perhitungan pengujian kuat tekan bebas tanah asli sampel 1

$$\text{Kalibrasi Ring, LRC} = 0,506 \text{ kg/div}$$

$$\text{Luas } A_o = 10,839 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tinggi } L_o = 7,60 \text{ cm}$$

$$\text{Total deformation } \Delta L = \frac{360}{1000}$$

$$= 0,36 \text{ mm}$$

$$\text{Pembacaan load dial} = 50,5$$

$$\text{Total load, P} = \text{Pembacaan dial} \times \text{LRC}$$

$$= 50,5 \times 0,506$$

$$= 25,553 \text{ kg}$$

$$\text{Regangan, } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

$$= \frac{0,36}{7,60} \times 100\%$$

$$= 4,737\%$$

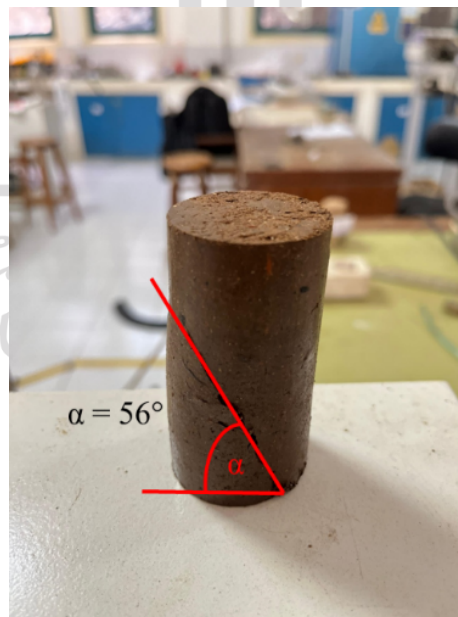
$$\begin{aligned}
 \text{Luas Terkoreksi, } A &= \frac{A_0}{1 - \varepsilon} \\
 &= \frac{10,839}{\frac{1 - 4,737}{100}} \\
 &= 11,378 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan, } \sigma &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{25,553}{11,378} \\
 &= 2,246 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Ketika pembacaan beban dial 360 terbaca dial beban 50,5 untuk beban 25,553 kg. Agar mendapatkan nilai tegangan,

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan, } q_u = \sigma &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{25,553}{11,378} \\
 &= 2,246 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Ketika sampel mencapai batasnya, sampel pecah atau retak membentuk sudut. Hasil pengukuran menunjukkan sudut patah $\alpha = 56^\circ$ seperti terlihat pada Gambar 5.10 di bawah ini.



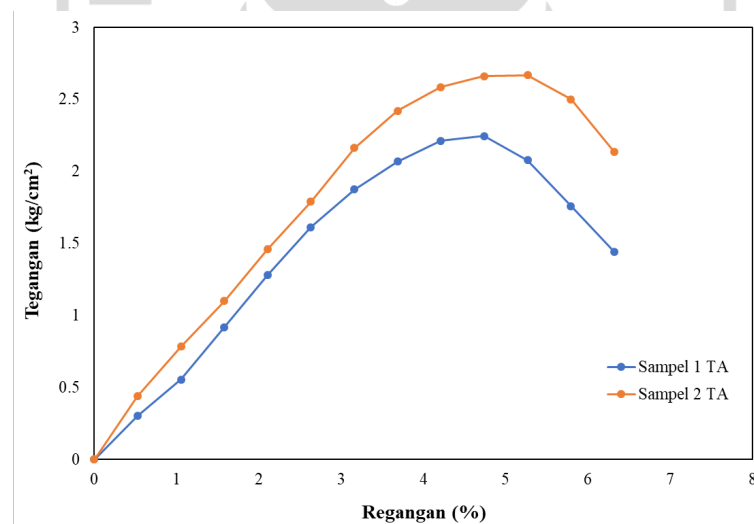
Gambar 5. 10 Sudut Keruntuhan (α) Tanah Asli Sampel 1

Kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dihitung dari beban maksimum dan sudut keruntuhan yang ditentukan. Contoh perhitungan ditunjukkan berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kohesi, } c &= \frac{q_u}{2 \times \tan \alpha} \\ &= \frac{2,246}{2 \times \tan 56} \\ &= 0,757 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sudut geser dalam, } \phi &= 2 \times (\alpha - 45^\circ) \\ &= 2 \times (56^\circ - 45^\circ) \\ &= 22^\circ\end{aligned}$$

Hasil perhitungan kuat tekan bebas tanah sampel 1 dan 2 menghasilkan nilai regangan (ϵ) dan tegangan (σ) yang digunakan untuk membuat grafik kuat tekan bebas pada Gambar 5.11 di bawah ini.



Gambar 5. 11 Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Tanah Asli

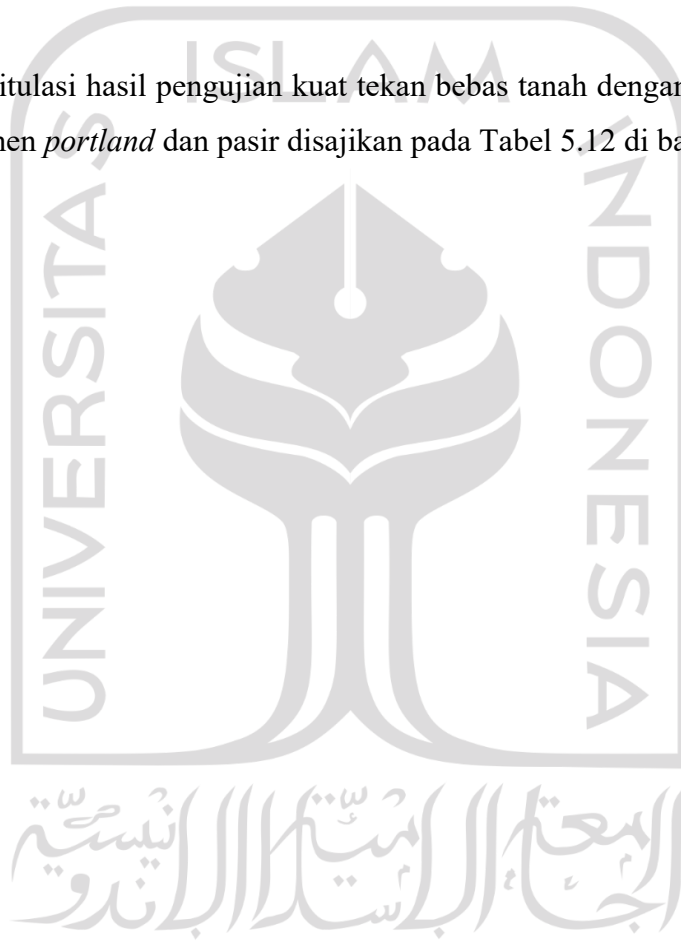
Hasil pengujian kuat tekan bebas tanah asli dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur menunjukkan nilai kuat tekan bebas (q_u) sebesar 2,457 kg/cm², kohesi (c) sebesar 0,846 kg/cm², dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 21°. Rekapitulasi hasil dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Pengujian Kuat Tekan Bebas	α (°)	q_u (kg/cm ²)	Kohesi, c (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam, ϕ (°)
Sampel 1	56	2,246	0,757	22
Sampel 2	55	2,668	0,934	20
Rata-Rata	55,5	2,457	0,846	21

2. Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan Bahan Tambah Semen *Portland* dan Pasir

Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan bebas tanah dengan menggunakan campuran semen *portland* dan pasir disajikan pada Tabel 5.12 di bawah ini.



Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Dengan Bahan Tambah

Variasi	Sampel	Pemeraman 1 Hari			Pemeraman 7 Hari		
		q _u	Kohesi, c	Sudut Geser Dalam, ϕ	q _u	Kohesi, c	Sudut Geser Dalam, ϕ
		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)
TA + SP9% + P11%	1	3,350	1,047	26	4,554	1,262	32
	2	3,362	1,010	28	4,648	1,342	30
	Rata-Rata	3,356	1,028	27	4,601	1,302	31
TA + SP9% + P13%	1	3,795	1,140	28	4,853	1,345	32
	2	3,751	1,127	28	4,912	1,306	34
	Rata-Rata	3,773	1,134	28	4,883	1,326	33
TA + SP9% + P15%	1	4,082	1,131	32	5,535	1,291	40
	2	3,996	1,154	30	5,636	1,374	38
	Rata-Rata	4,039	1,142	31	5,586	1,333	39

5.2 Pembahasan

Pada penelitian akhir ini, peneliti menggunakan sampel tanah asli yang diambil dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur. Penelitian ini fokus pada analisis sifat dan karakteristik tanah asli serta tanah yang distabilkan dengan bahan tambah berupa semen *portland* dan pasir yang didapat daripada penelitian tugas akhir yang dilakukan didasarkan pada data-data yang diperoleh berdasarkan dari pengujian yang telah dilaksanakan di laboratorium.

5.2.1 Klasifikasi Tanah

Berikut rekapitulasi data pada Tabel 5.13 yang mencakup berbagai parameter untuk mengklasifikasikan tanah. Hasil klasifikasi ini memberikan gambaran mengenai jenis tanah dan sifat fisiknya yang penting untuk menentukan metode stabilisasi yang tepat.

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Parameter	Nilai	Satuan
Propertis Tanah		
Kadar Air	18,517	%
Berat Volume	1,257	gr/cm ³
Berat Jenis	2,694	
Batas-Batas Konsistensi		
Batas Cair	48,47	%
Batas Plastis	36,516	%
Batas Susut	55,575	%
Indeks Plastisitas	11,95	%
Analisis Saringan		
Lolos #200	71,529	%
Pasir	28,471	%
Lanau	36,037	%
Lempung	35,492	%
Pemadatan Tanah		
MDD	1,312	gr/cm ³
OMC	35	%

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah, maka tanah dapat diklasifikasikan menggunakan metode AASHTO dan USCS. Untuk data yang digunakan dalam klasifikasi AASHTO dan USCS adalah tanah lolos saringan No. 200 sebesar 71,529%, batas cair (LL) sebesar 48,47%, batas plastis (PL) sebesar 36,516%, batas susut (SL) sebesar 55,575%, dan indeks plastisitas (PI) sebesar 11,95%. Berikut klasifikasi tanah yang mengacu pada metode USCS dan AASHTO sebagai berikut.

1. Klasifikasi Menurut USCS (*Unified Soil Classification System*)

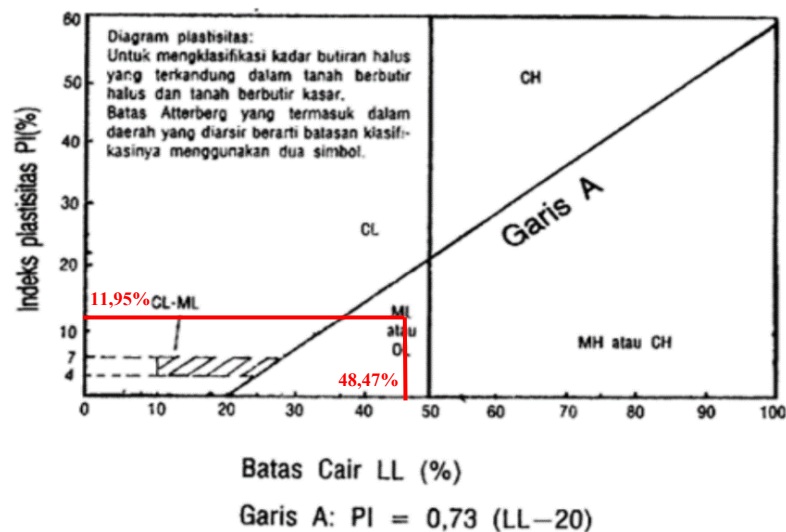
Berdasarkan metode USCS, tanah tersebut diklasifikasikan memakai batas cair sebesar 48,47% dan batas plastis sebesar 36,516%, menghasilkan indeks plastisitas sebesar 11,95%. Hasil analisis saringan menunjukkan 71,529% lolos saringan No. 200. Karakteristik tanah asli dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 3.1 dari USCS. Berikut proses klasifikasi tanah menurut sistem USCS dengan metode berikut.

a. Divisi Utama

Berdasarkan hasil analisis saringan, untuk hasil analisis saringan rata-rata adalah sebesar 71,529% tanah lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dan termasuk kedalam divisi utama tanah berbutir halus (>50%). Begitu pula dengan tanah lanau dan lempung yang mempunyai nilai batas cair sebesar 48,47% (<50%). Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah terdiri lebih dari 50% tanah berbutir halus yang lolos saringan no. 200 dan batas cairnya 50% atau kurang.

b. Jenis Kelompok

Berdasarkan hasil pengujian batas Atterberg yang telah dilakukan sebelumnya diperoleh batas cair sebesar 48,47%, batas plastis sebesar 36,52%, dan indeks plastisitas sebesar 11,95%. Berdasarkan ketiga parameter ini, tanah asli dapat diberi nilai batas cair dan indeks plastisitas pada grafik USCS untuk menentukan klasifikasi tanah. Berikut merupakan grafik karakteristik tanah dari metode klasifikasi USCS yang dapat dilihat pada Gambar 5.12 sebagai berikut.



Gambar 5. 12 Grafik Karakteristik Tanah Asli Metode USCS

Sampel tanah asli dikategorikan sebagai kelompok ML (lanau dengan plastisitas rendah) dengan nilai dari batas cair tersebut sebesar 48,47% dan nilai indeks plastisitasnya sebesar 11,95%. Berikut grafik karakteristik tanah dari metode klasifikasi USCS yang dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5. 14 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Metode USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>lean clays</i>)
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>fat clays</i>)
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan kadar organik tinggi		P1	Gambut (<i>peat</i>) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Berdasarkan klasifikasi metode USCS dapat disimpulkan bahwa sampel tanah asli yang berasal dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur termasuk golongan ML (lanau tak organik dengan plastisitas rendah, dapat mengandung pasir sangat halus atau serbuk batuan berlanau).

2. Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Klasifikasi tanah menurut metode AASHTO dilakukan dengan menganalisis sifat fisik tanah dan karakteristik pada tanah asli, seperti persentase tanah yang lolos hitungan saringan no. 200, batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas. Berikut merupakan langkah Klasifikasi tanah menurut metode AASHTO dilakukan sebagai berikut.

a. Klasifikasi Umum

Berdasarkan hasil analisis saringan, didapatkan persentase tanah lolos saringan no. 200 (0,075 mm) sebesar 71,529% (>35%), sehingga masuk kedalam kelompok klasifikasi umum tanah, tanah lanau-lempung.

b. Klasifikasi Kelompok

Hasil pengujian analisis saringan menunjukkan bahwa sebanyak 71,529% tanah lolos saringan No. 200 (0,075 mm) atau >35%. Berdasarkan pengujian batas-batas konsisten maka didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 48,47% dan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 11,95%.

c. Nilai Indeks Kelompok (*Group Indeks, GI*)

Nilai indeks kelompok dihitung menggunakan Persamaan 3.1 berdasarkan persentase lolos saringan no. 200, batas cair, dan indeks plastisitas.

$$\begin{aligned}
 GI &= (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \\
 &= (71,529 - 35) [0,2 + 0,005(48,47 - 40)] + 0,01 (71,529 - 15) (11,95 - 10) \\
 &= 9,955\% \\
 &= 10\% \text{ (Dibulatkan)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai indeks kelompok (GI) sebesar 10%, maka sampel tanah memenuhi persyaratan klasifikasi kelompok A-5 sesuai

AASHTO, dan dengan lolos saringan No. 200 minimal 36%, batas cair (LL) minimal 40%, indeks plastisitas (PI) minimal 10%, dan indeks kelompok (GI) maksimal 12%, sehingga sampel tanah tersebut telah memenuhi persyaratan klasifikasi AASHTO.

d. Tipe Material Pokok Pada Umumnya

Berdasarkan hasil klasifikasi kelompok A-5, tanah tersebut tergolong dalam kategori tanah berlanau.

e. Penilaian Umum Sebagai Tanah Dasar

Dari hasil yang diperoleh, disimpulkan bahwa tanah di Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur, termasuk dalam kategori A-5, karakteristik tanah lanau dengan kriteria umum sebagai tanah dasar jenis sedang sampai buruk. Hasil klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO ditunjukkan pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5. 15 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah-Tanah Lanau-Lempung (>35% lolos saringan No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A -7 A-7-5/A-7-6
Klasifikasi Kelompok				
0,075 mm (No. 200)	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas Cair (LL)	40 min	41 min	40 min	41 min
Indeks Plastisitas (PI)	10 min	10 min	11 min	11 min
Indeks Kelompok (GI)	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sedang sampai buruk			

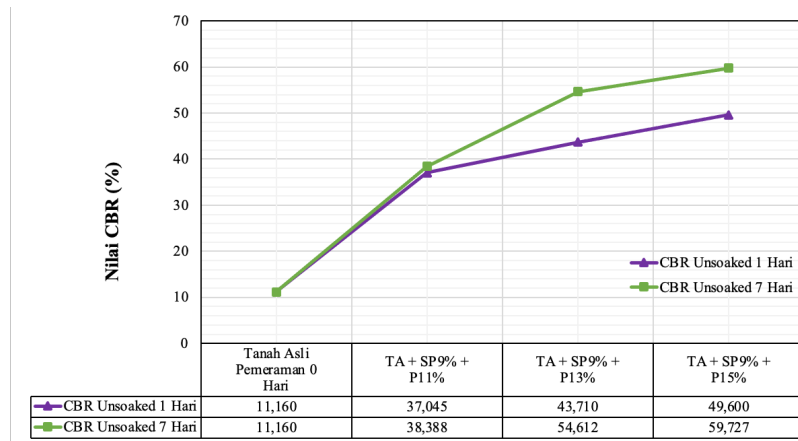
5.2.2 Pengaruh Penambahan Bahan Campur terhadap Nilai CBR

Berikut merupakan pengaruh penambahan bahan campur terhadap nilai CBR dan Pengembangan (*swelling*) yang dapat dilihat sebagai berikut.

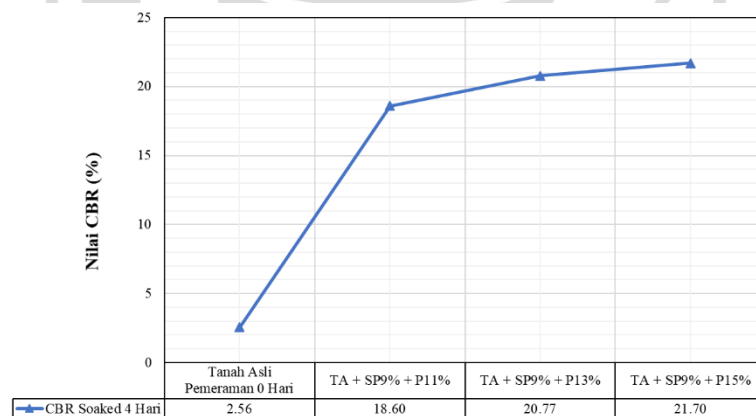
1. Pengaruh Semen *Portland* dan Pasir terhadap Nilai CBR

Pengujian CBR tanpa perendaman (*unsoaked*) selama 1 dan 7 hari, serta melalui perendaman (*soaked*) selama 4 hari. Hasil pengujian CBR *unsoaked*

dan *soaked* ditunjukkan pada Tabel 5.9 sebelumnya. Berikut grafik perbandingan nilai CBR *unsoaked* dan *soaked* berdasarkan variasi semen *portland* dan pasir ditunjukkan pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Nilai CBR (*Unsoaked*) Terhadap Variasi dan Waktu Pemeraman



Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Nilai CBR (*Soaked*) Terhadap Variasi dan Waktu Pemeraman

Berdasarkan Gambar 5.13, pengujian CBR *unsoaked* mengalami kenaikan nilai seiring bertambahnya campuran pasir dan waktu pemeraman. Nilai awal tanah asli dengan 0 hari pemeraman sebesar 11,160% dan meningkat setelah diberi campuran semen *portland* dan pasir. Nilai tertinggi sebesar 59,727% setelah 7 hari pemeraman dengan campuran 9% semen *portland*

dan 15% pasir. Sementara itu, pada Gambar 5.14, pengujian CBR *soaked* mengalami kenaikan juga, kenaikan nilai seiring bertambahnya campuran pasir dan waktu pemeraman. Nilai awal tanah asli dengan 4 hari perendaman sebesar 2,558% dan meningkat setelah diberi campuran semen *portland* dan pasir. Nilai tertinggi sebesar 21,703% setelah 4 hari perendaman dengan campuran 9% semen *portland* dan 15% pasir. Durasi pemeraman mempengaruhi kepadatan tanah dan mencegah tanah menyerap air berlebih dengan mengurangi rongga udara. Semen *portland* dan pasir berfungsi sebagai bahan stabilisasi dan bila dicampur dengan air akan mengikat tanah dan meningkatkan daya dukung tanah.

2. Persentase Kenaikan Nilai CBR

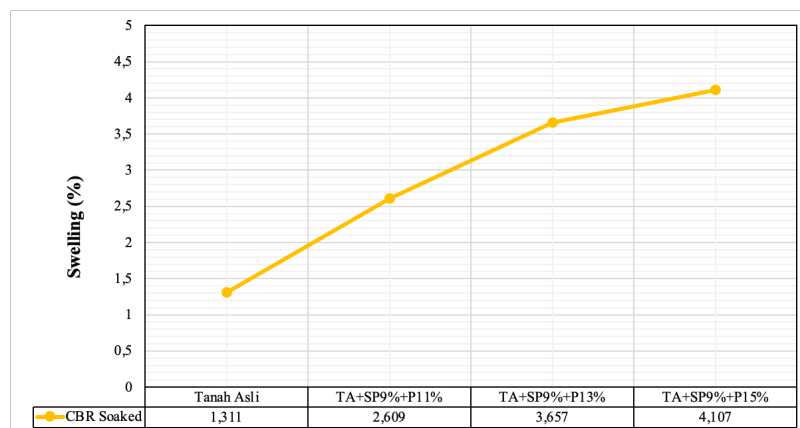
Peningkatan nilai CBR tanah asli yang dicampur dengan 9% semen *portland* dan 11, 13%, dan 15% pasir pada kondisi pemeraman (*unsoaked*) dan perendaman (*soaked*). Pada kondisi *unsoaked*, campuran 9% semen *portland* dan 15% pasir meningkat sebesar 435,19% setelah 7 hari pemeraman, Sedangkan pada keadaan *soaked*, dengan campuran yang sama meningkatkan nilai CBR hingga 94,47% setelah 4 hari perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan campuran dan waktu pemeraman lebih lama dapat meningkatkan daya dukung tanah. Sebaliknya, tanah asli tanpa campuran apapun mengalami penurunan CBR hingga 77,08% setelah 4 hari perendaman. Berikut rekapitulasi nilai kenaikan CBR (%) kondisi tanah asli dan campuran pada berbagai kondisi *unsoaked* dan *soaked* yang dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Nilai Peningkatan CBR (%) pada Tanah Asli dan Campuran dalam Kondisi *Unsoaked* dan *Soaked*

Sampel	CBR <i>Unsoaked</i> (%)		CBR <i>Soaked</i> (%)
	1 Hari	7 Hari	4 Hari
Tanah Asli	-	-	77,08
TA + SP9% + P11%	231,94	243,98	66,67
TA + SP9% + P13%	291,67	389,35	86,11
TA + SP9% + P15%	344,44	435,19	94,47

5.2.3 Pengaruh Penambahan Bahan Campur terhadap Nilai Pengembangan (*Swelling*)

Nilai Pengembangan didapat dari pengujian perendaman CBR setelah tanah direndam selama 4 hari dengan pemasangan dial pembacaan. Hasil pengujian dan grafik perbandingan nilai *swelling* dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Nilai *Swelling* Terhadap Variasi Campuran

Berdasarkan Gambar 5.15, nilai *swelling* tanah asli meningkat dari 1,311% setelah ditambah campuran semen *portland* 9% dan pasir dengan variasi 11%, 13%, dan 15% dalam kondisi perendaman selama 4 hari. Nilai *swelling* tertinggi diperoleh pada campuran semen *portland* 9% dan pasir 15% dengan nilai 4,107%, disusul dengan campuran semen *portland* 9% dan pasir 13% dengan nilai 3,657%, selain itu dengan semen *portland* 9% dan pasir 11% diperoleh nilai 2,609%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kadar pasir pada campuran meningkatkan nilai *swelling*. Peningkatan nilai *swelling* dapat menyebabkan perubahan volume tanah, mengurangi daya dukung, serta berisiko merusak struktur dan perkerasan.

5.2.4 Perencanaan Tebal Perkerasan Berdasarkan Manual Desain Perkerasan 2024

Jalan Ring Road Barat di Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur merupakan salah satu jalur utama yang menghubungkan berbagai kawasan di Madiun, berfungsi sebagai jalan arteri sekunder. Jalan ini memiliki peran penting

dalam mendukung mobilitas masyarakat serta distribusi barang di kawasan madiun sekitarnya. Kecepatan rata-rata kendaraan di jalur ini berkisar 40-60 km/jam, bergantung pada kondisi lalu lintas.

Perencanaan desain perkerasan Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Raya 2024 oleh Bina Marga, yang menerapkan prinsip Desain Tebal Perkerasan AASHTO 1993. Pendekatan ini dirancang dengan menggunakan bagan desain sebagai panduan utama untuk menentukan ketebalan perkerasan, terutama untuk jalan dengan nilai *Equivalent Standard Axle* (ESA) sedang. Berikut langkah-langkah perencanaan metode desain perkerasan jalan.

1. Menentukan Umur Rencana Jalan

Umur rencana jalan ditentukan oleh jenis permukaan dan komponen jalan. Keputusan ini akan disesuaikan dengan sifat material dan kemampuan jalan untuk memastikan ketahanan selama masa pakai yang direncanakan. Berikut Tabel 5.17 untuk rincian desain umur rencana yang digunakan sebagai acuan.

Tabel 5. 17 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Lapis Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk lokasi yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan , <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	
	Lapis Fondasi Berpengikat Semen, <i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	10

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Catatan :

- (1) Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted*

- lifecycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah. Nilai Bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari sumber resmi; dan
- (2) Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

Berdasarkan Tabel 5.17, jenis perkerasan yang dipilih adalah jenis perkerasan lentur dengan elemen perkerasan yang terdiri dari lapisan aspal dan lapisan berbutir, dimana perkerasan tersebut memiliki umur desain selama 20 tahun dan sesuai dengan pedoman yang memastikan kinerja optimal selama umur layanannya.

2. Menentukan Beban Lalu Lintas Desain

Beban lalu lintas yang direncanakan dihitung berdasarkan volume lalu lintas harian rata-rata serta laju pertumbuhan lalu lintas dan digunakan untuk menentukan nilai ekuivalen lintas sumbu standar (ESA). Hasil perhitungan beban lalu lintas ditunjukkan pada gambar 5.16 di bawah ini.

Deskripsi Jalan	LHR Dua Arah (kend/hari)	Kendaraan Berat (% dari Lalu Lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pengali Pertumbuhan Kumulatif Lalu Lintas	Beban Lalu Lintas Desain (Aktual) (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	50	5	20	1	22	25.000
Jalan kecil dua arah	100	5	20	1	22	45.000
Jalan lokal	500	10	20	1	22	500.000

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Gambar 5. 16 Hasil Pemilihan Beban lalu Lintas

Berdasarkan Gambar 5.16 diatas, Jalan yang berasal dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur, Tergolong jalan lokal dengan dua arah lajur dan LHR 500 kendaraan/hari, dimana 10% merupakan kendaraan berat. Umur layanan yang didesain adalah 20 tahun dengan beban lalu lintas (ESA4) sebesar 500.000, yang sesuai dengan kondisi lalu lintas dilokasi tersebut.

3. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan jalan didasarkan pada volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi pada jalan. Perencana harus mempertimbangkan tidak hanya efektivitas biaya selama umur rencana, tetapi juga aspek praktis dan kendala teknis selama pelaksanaannya. Pemilihan struktur perkerasan yang tepat sangat penting untuk memastikan keberlanjutan dan ketahanan jalan dalam jangka panjang. Berikut merupakan hasil pemilihan struktur perkerasan jalan yang dapat dilihat pada Gambar 5.17 di bawah ini.

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA5 (juta) dalam 20 tahun				
		0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10 - 30	>30
AC modifikasi	3, 3A, 3B	-	-	-	-	2
AC dengan CTB					2	-
AC Modifikasi dengan CTB					-	2
AC dengan lapis fondasi agregat	3, 3A, 3B	-	1, 2	1, 2	2	-
HRS tipis di atas lapis fondasi agregat	4	2	2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan lapis fondasi agregat	5	3	3	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi <i>Soil Cement</i>	6	2	2	-	-	-
AC/HRS dengan lapis fondasi agregat dan perbaikan tanah dasar (dengan stabilisasi semen)	7	2	2			
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	8	-	-	-	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	8A	-	-	1, 2	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat dan jalan kerikil)	9	1	-	-	-	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Gambar 5. 17 Hasil Pemilihan Struktur Perkerasan

Catatan:

Tingkat kesulitan:

- 1 – kontraktor kecil – medium;
- 2 – kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai; dan
- 3 – membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu/Burda.

Berdasarkan Gambar 5.17, diketahui bahwa struktur perkerasan untuk jalan dari lokasi Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa

Timur merupakan tipe bagan desain 3, 3A, 3B. Struktur tipe ini menggunakan lapisan *Asphaltic Concrete* (AC) dengan lapis fondasi agregat.

4. Menentukan Segmen Tanah Dasar dengan Daya Dukung yang Seragam

Dalam menentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam, dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui nilai CBR tanah asli. Jika nilai CBR terlalu rendah, perbaikan tanah dapat berupa bahan timbunan pilihan atau melalui pencampuran dengan bahan tambah. Dalam perencanaan ini stabilisasi digunakan semen *portland* dan pasir, maka nilai daya dukung material (CBR) dipilih nilai terkecil dari ketiga nilai berikut:

- Berdasarkan uji CBR laboratorium rendaman 4 hari, nilai stabilisasi tanah dengan campuran semen *portland* 9% dan pasir 11% diperoleh sebesar 18,6%.
- Berdasarkan nilai CBR tanah asli : $4 \times 11,16\% = 44,64\%$
- $CBR_{\text{stabilisasi}} = CBR_{\text{asli}} \times 2^{(\text{tebal lapisan stabilisasi}/150)}$
 $CBR_{\text{stabilisasi}} = 11,16 \times 2^{(200/150)} = 28,06\%$

Berdasarkan analisis diatas, maka digunakan nilai terkecil dari ketiga nilai diatas, yaitu sebesar 18,6%.

5. Menentukan Struktur Fondasi Perkerasan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, maka didapatkan desain struktur fondasi perkerasan untuk lokasi Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur yang dapat dilihat pada Gambar 5.18 di bawah ini.

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF(1) 1	FFF(1) 2	FFF(1) 3	FFF(1) 4	FFF(1) 5	FFF(1) 6	FFF(1) 7	FFF(1) 8	FFF(1) 9
	Untuk beban rencana < 3 juta ESA5 menggunakan Aspal Pen			Untuk beban rencana ≥ 30 juta ESA5 direkomendasikan menggunakan Aspal PG70 ⁽¹⁾					
Beban rencana 20 tahun (10 ⁶ ESA5)	< 2	> 2 - 5	> 5 - 10	> 10 - 15	> 15 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 150	> 150 - 200
Tebal Perkerasan (mm)									
AC WC	60 ⁽²⁾	40	40	40	40	40	40	50	40
AC BC	-	65	75	75	60	60	75	80	60
	-	80	80	-	-	-	-	-	-
AC Base ⁽³⁾	-	-	-	100	80	85	100	100	80
	-	-	-	-	80	100	100	100	80
	-	-	-	-	-	-	-	-	90
Lapis Fondasi Agregat Kelas A ⁽⁴⁾	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Lapis Fondasi Agregat Kelas B	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen ⁽⁵⁾	-	-	200	200	200	200	200	200	200

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Gambar 5. 18 Hasil Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Agregat

Berdasarkan Gambar 5.18 diatas, yaitu menggunakan struktur perkerasan tipe FFF3, untuk beban rencana antara 5-10 juta ESA5 menggunakan aspal penetrasi 60-70, struktur perkerasan lapisan permukaan terdiri dari AC WC setebal 40 mm, AC BC setebal 75 mm dan 80 mm. Selain itu lapisan fondasi agregat kelas A dengan ketebalan 200 mm dan lapisan fondasi agregat kelas B setebal 150 mm.

Berdasarkan hasil analisis segmen tanah dasar digunakan nilai CBR sebesar 18,6%, maka tebal lapisan timbunan untuk tanah pada lokasi Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur masuk kedalam subgrade $10 \leq \text{CBR} < 30$ yaitu timbunan pilihan berbutir kasar atau LFA kelas C atau stabilisasi semen dengan tebal 150 mm. Berikut Tabel 5.18 hasil desain tebal lapis timbunan pilihan berbutir kasar sebagai berikut.

Tabel 5. 18 Hasil Tebal Lapis Timbunan Berbutir Kasar

	Keterangan	Tebal (mm)
Subgrade $6 < \text{CBR} < 10$	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	200
Subgrade $10 \leq \text{CBR} < 30$	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	150
Subgrade $\text{CBR} \geq 30$	Timbunan Pilihan Berbutir Kasar atau LFA Kelas C atau Stabilisasi Semen	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

6. Menentukan Tebal *Subgrade* Jalan

Ketebalan lapisan *subgrade* jalan ditentukan berdasarkan hasil pengujian CBR di laboratorium setelah perendaman selama 4 hari, nilai CBR tanah yang distabilisasi dengan campuran 9% semen *portland* dan 11% pasir sebesar 18,6%. Nilai ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan ketebalan lapisan tanah dasar (*subgrade*) jalan. Dengan mempertimbangkan nilai CBR yang diperoleh, ketebalan *subgrade* dapat dihitung menggunakan metode desain perkerasan jalan 2024 dari Bina Marga.

Berdasarkan hasil analisis segmen tanah dasar, diperoleh nilai CBR setempat yang digunakan sebesar 18,6%. Berikut merupakan tabel hubungan CBR

setempat dengan CBR perencanaan yang dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5. 19 Tabel Hubungan CBR Setempat dengan CBR Perencanaan

CBR Setempat (%)	CBR Perencanaan (%)
$2 \leq \text{CBR} < 3$	2
$3 \leq \text{CBR} < 4$	3
$4 \leq \text{CBR} < 6$	4
$6 \leq \text{CBR} < 8$	6
$8 \leq \text{CBR} < 12$	8
$12 \leq \text{CBR} < 20$	12
$\text{CBR} > 20$	20

Dari nilai CBR setempat yang telah diperoleh, diketahui bahwa nilai CBR berada pada rentang $12 \leq \text{CBR} < 20$. Oleh karena itu, nilai CBR yang direncanakan ditetapkan sebesar 12%.

Diketahui :

CBR Perencanaan = 12%

CBR_1 = nilai CBR tanah setelah distabilisasi = 18,6%

CBR_3 = nilai CBR tanah asli = 11,16%

$$\text{CBR}_2 = \frac{(\text{CBR}_1 + \text{CBR}_2)}{2}$$

$$= \frac{(18,6 + 11,16)}{2}$$

$$= 14,88\%$$

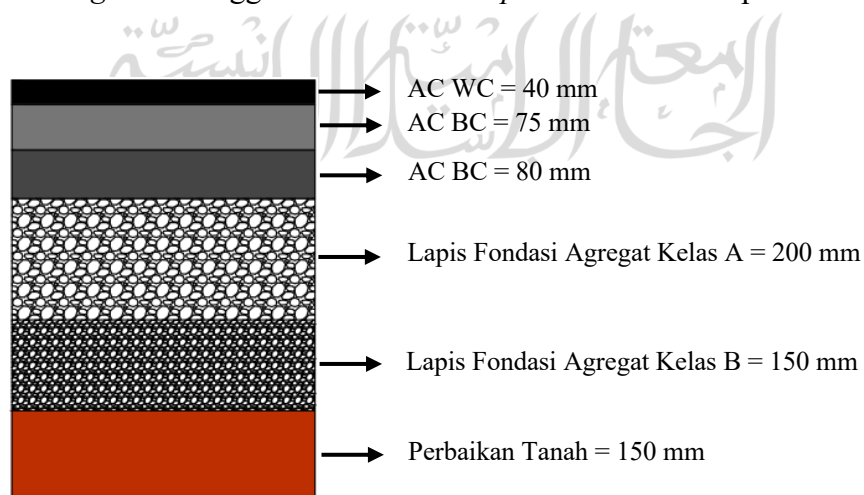
Dari data diatas, dilakukan perhitungan berdasarkan nilai CBR yang direncanakan untuk menentukan nilai z yang menunjukkan tebal lapisan tanah dasar (*subgrade*) setelah distabilisasi.

$$\sqrt[3]{\text{CBR perencanaan}} = \left[\frac{(z - 20) \text{CBR}_1^{\frac{1}{3}} + 20 \cdot \text{CBR}_2^{\frac{1}{3}} + (100 - z) \text{CBR}_3^{\frac{1}{3}}}{100} \right]$$

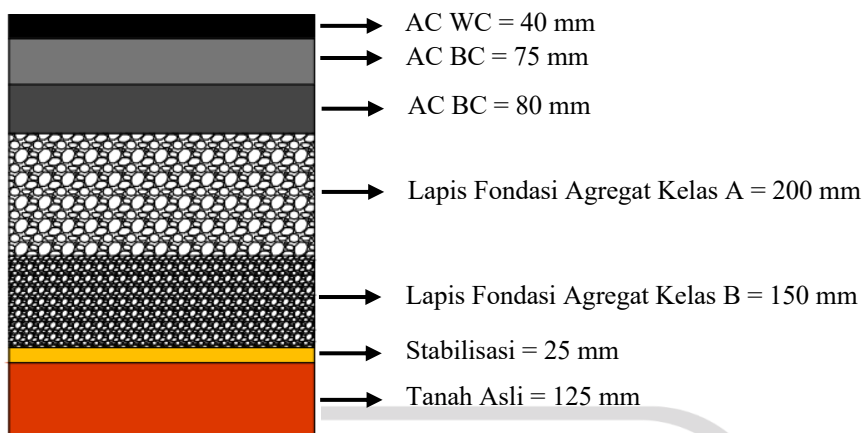
$$\sqrt[3]{12} = \left[\frac{(z - 20) 18,6^{\frac{1}{3}} + 20 \cdot 14,88^{\frac{1}{3}} + (100 - z) 11,16^{\frac{1}{3}}}{100} \right]$$

$$\begin{aligned}
2,29 &= \left[\frac{(z - 20) 18,6^{\frac{1}{3}} + 20 \cdot 14,88^{\frac{1}{3}} + (100 - z) 11,16^{\frac{1}{3}}}{100} \right] \\
229 &= \left[(z - 20) 18,6^{\frac{1}{3}} + 20 \cdot 14,88^{\frac{1}{3}} + (100 - z) 11,16^{\frac{1}{3}} \right] \\
229 &= [(z - 20) 2,65 + 20 \cdot 2,46 + (100 - z) 2,23] \\
229 &= 2,65z - 53 + 49,2 + 223 - 2,23z \\
229 &= 0,42z + 219,2 \\
0,42z &= 229 - 219,2 \\
0,42z &= 9,8 \\
z &= \frac{9,8}{0,42} \\
z &= 23,33 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil desain perkerasan pada lokasi Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur, setelah distabilisasi dengan penambahan 9% semen *portland* dan 11% pasir, perkerasan jalan masuk kedalam kategori FFF3. Struktur perkerasan terdiri dari AC WC tebal 40 mm, AC BC tebal 75 mm dan 80 mm, lapisan fondasi agregat kelas A dengan setebal 200 mm, serta lapis fondasi agregat kelas B setebal 150 mm. Setelah itu dilakukan perbaikan tanah dasar dengan timbunan material pilihan berbutir kasar atau stabilisasi tanah dengan ketebalan 25 mm. Berikut Gambar 5.19 menunjukkan desain perkerasan lentur untuk tanah asli, dan Gambar 5.20 menunjukkan desain perkerasan lentur dengan stabilisasi *subgrade* menggunakan 9% semen *portland* dan 11% pasir.



Gambar 5. 19 Desain Perkerasan Lentur Tanah Asli



Gambar 5. 20 Desain Perkerasan Lentur Setelah Distabilisasi Menggunakan 9% Semen *Portland* dan 11% Pasir

5.2.5 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan pada tanah asli dan tanah yang dicampur dengan bahan tambah berupa semen *portland* dan pasir setelah dilakukan pemeraman selama 1 dan 7 hari. Pengujian ini dilakukan pada tanah dengan kadar air optimum dengan menerapkan tegangan aksial secara bertahap hingga benda uji mengalami keruntuhan atau pecah.

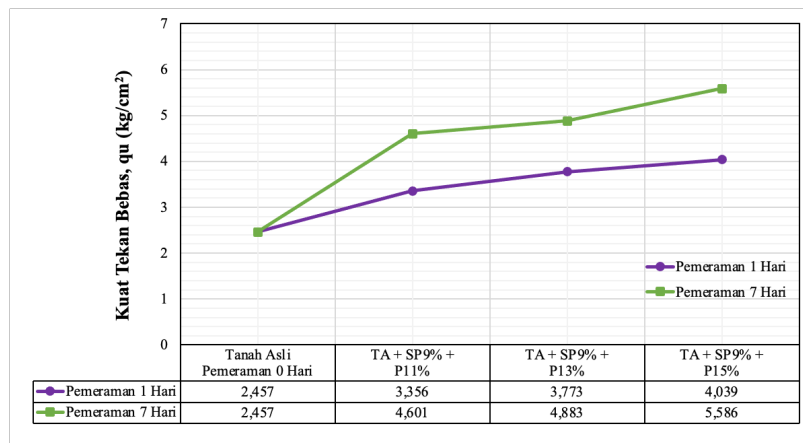
1. Analisis Kuat Tekan Bebas (q_u)

Berikut merupakan hasil dari perbandingan nilai kuat tekan bebas, baik tanah asli maupun yang sudah dicampur dengan pemeraman selama 1 dan 7 hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.20 di bawah ini.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u)

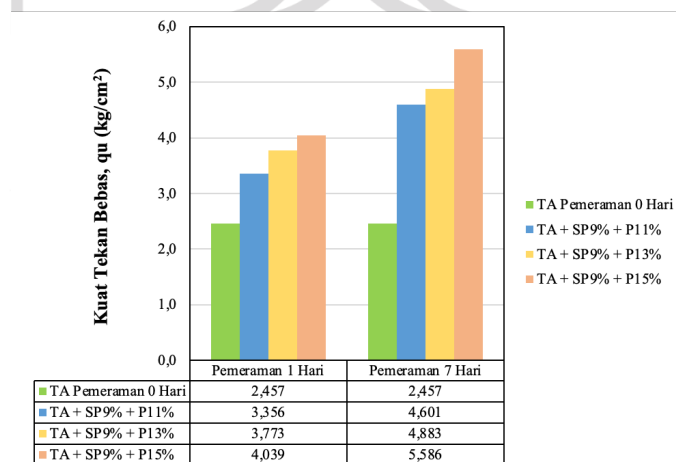
Keterangan	Nilai Kuat Tekan Bebas, q_u (kg/cm ²)	
	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari
Tanah Asli	2,457	
TA + SP9% + P11%	3,356	4,601
TA + SP9% + P13%	3,773	4,883
TA + SP9% + P15%	4,039	5,586

Berikut merupakan grafik dari Tabel 5.20 hasil pengujian kuat tekan bebas, grafik perbandingan nilai kuat tekan bebas (q_u) terhadap variasi campuran semen *portland* dan pasir yang disajikan pada Gambar 5.21 di bawah ini.



Gambar 5. 21 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) Terhadap Variasi Campuran

Dari Gambar 5.21 diatas, menunjukkan nilai kuat tekan bebas (q_u) meningkat seiring dengan bertambahnya campuran pasir dan waktu pemeramannya. Grafik perbandingan nilai (q_u) pada pemeraman 1 dan 7 hari dapat dilihat pada Gambar 5.22 di bawah ini.



Gambar 5. 22 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) Terhadap Waktu Pemeraman

Hasil pengujian kuat tekan bebas menunjukkan bahwa kuat tekan bebas (q_u) mengalami peningkatan setelah pencampuran tanah asli dengan semen *portland* dan pasir. Nilai q_u tanah asli adalah $2,457 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat tekan bebas (q_u) tertinggi sebesar $5,586 \text{ kg/cm}^2$ didapatkan dari campuran 9% semen *portland* dan 15% pasir dengan masa pemeraman 7 hari.

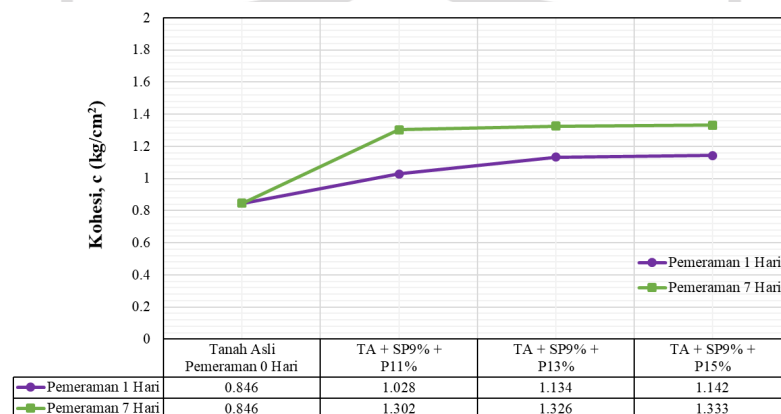
2. Kohesi (c)

Perbandingan nilai kohesi (c) tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan semen *portland* dan pasir dengan pemeraman selama 1 dan 7 hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 di bawah ini.

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Nilai Kohesi (c) Pengujian Kuat Tekan Bebas

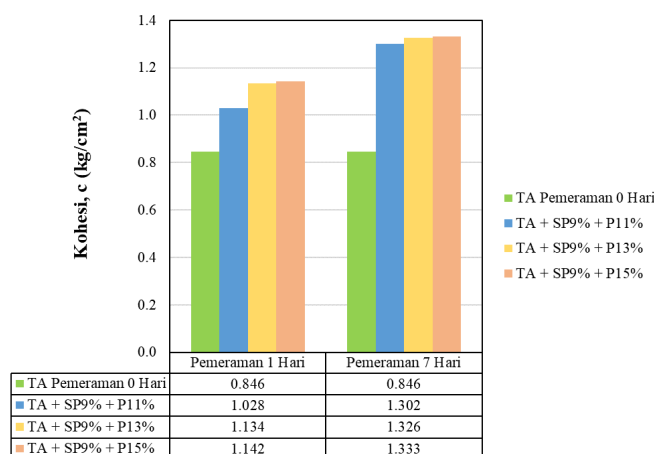
Keterangan	Nilai Kohesi, c (kg/cm^2)	
	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari
Tanah Asli	0,846	
TA + SP9% + P11%	1,028	1,302
TA + SP9% + P13%	1,134	1,326
TA + SP9% + P15%	1,142	1,333

Dari Tabel 5.21, hasil pengujian kuat tekan bebas menunjukkan grafik perubahan nilai kohesi (c) pada campuran semen *portland* dan pasir, yang dapat dilihat pada Gambar 5.23 di bawah ini.



Gambar 5. 23 Grafik Nilai Kohesi (c) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Campuran

Dari Gambar 5.23 diatas, menunjukkan peningkatan nilai kohesi (c) seiring bertambahnya campuran pasir dan lama pemeraman. Perbandingan nilai kohesi (c) setelah 1 dan 7 hari ditunjukkan pada Gambar 5.24 di bawah ini.



Gambar 5. 24 Grafik Nilai Kohesi (c) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Waktu Pemeraman

Berdasarkan hasil pengujian, penambahan semen *portland* dan pasir pada tanah asli menyebabkan nilai kohesi (c) meningkat. Peningkatan kohesi tanah asli dari 0,846 kg/cm² menjadi 1,333 kg/cm² setelah 7 hari pemeraman dengan campuran 9% semen *portland* dan 15% pasir.

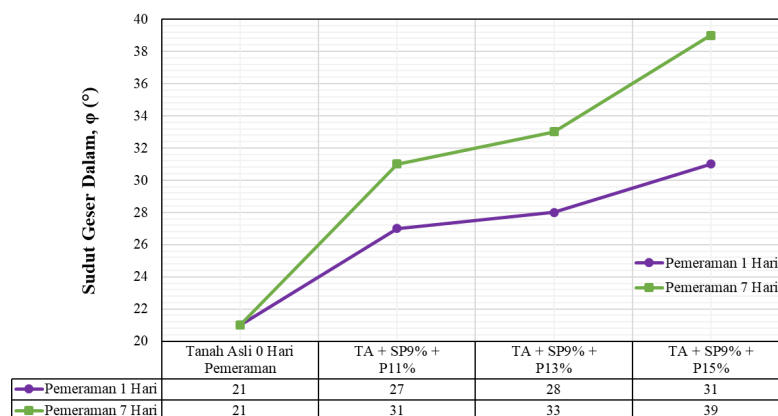
3. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Tabel 5.22 menunjukkan perbandingan sudut geser dalam (ϕ) tanah asli dan campuran semen *portland* dan pasir setelah pemeraman 1 dan 7 hari.

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Pengujian Kuat Tekan Bebas

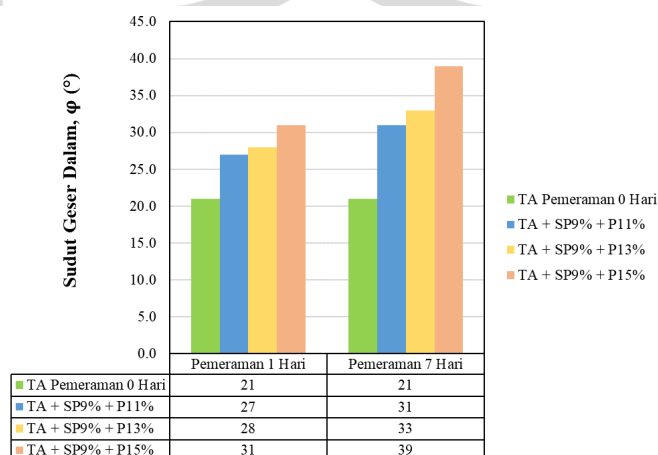
Keterangan	Nilai Sudut Geser Dalam, ϕ (°)	
	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari
Tanah Asli	21	
TA + SP9% + P11%	27	31
TA + SP9% + P13%	28	33
TA + SP9% + P15%	31	39

Berdasarkan hasil uji tekan bebas pada Tabel 5.22 diatas, didapatkan perbandingan sudut geser dalam (ϕ) berdasarkan variasi campuran semen *portland* dan pasir. Grafik tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.25 berikut.



Gambar 5. 25 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Campuran

Dari Gambar 5.25 di atas, terlihat bahwa sudut geser dalam (ϕ) semakin besar nilainya seiring dengan bertambahnya campuran pasir dan lama waktu pemeraman. Berikut grafik perbandingan sudut geser dalam (ϕ) setelah 1 dan 7 hari pemeraman ditunjukkan pada Gambar 5.26 di bawah ini.



Gambar 5. 26 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Pengujian Kuat Tekan Bebas Terhadap Waktu Pemeraman

Pengujian kuat tekan bebas menunjukkan bahwa sudut geser dalam (ϕ) meningkat setelah penambahan semen *portland* dan pasir. Sudut geser dalam pada asli adalah 21° meningkat sampai 39° pada campuran semen *portland* 9% dan pasir 15% dengan pemeraman selama 1 dan 7 hari.

Pengujian kuat tekan bebas menunjukkan peningkatan secara signifikan pada parameter tanah setelah setelah penambahan 9% semen *portland* dan 15% pasir dengan pemeraman 7 hari. Kuat tekan bebas (q_u) meningkat 127,35% dari $2,457 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $5,586 \text{ kg/cm}^2$, Nilai kohesi (c) meningkat 57,57% dari $0,846 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $1,333 \text{ kg/cm}^2$, dan Sudut geser dalam (ϕ) juga meningkat 85,71% dari 21° menjadi 39° . Rekapitulasi hasil peningkatan dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut ini.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Nilai Peningkatan Parameter Kuat Tekan Bebas Terhadap Tanah Asli

Kuat Tekan Bebas (q_u)			
Variasi	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari	Satuan
TA + SP9% + P11%	3,356	4,601	%
TA + SP9% + P13%	3,773	4,883	%
TA + SP9% + P15%	4,039	5,586	%
Kohesi (c)			
Variasi	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari	Satuan
TA + SP9% + P11%	1,028	1,302	%
TA + SP9% + P13%	1,134	1,326	%
TA + SP9% + P15%	1,142	1,333	%
Sudut Geser Dalam (ϕ)			
Variasi	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari	Satuan
TA + SP9% + P11%	27	31	%
TA + SP9% + P13%	28	33	%
TA + SP9% + P15%	31	39	%

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah asli yang berasal dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur. Dalam penelitian ini, semen *portland* dan pasir digunakan sebagai bahan tambah campuran untuk stabilisasi tanah. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Tanah asli dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur tergolong kedalam klasifikasi ML menurut metode USCS, yaitu lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung. Berdasarkan metode AASHTO, tanah ini diklasifikasikan sebagai kelompok A-5, menunjukkan tanah berlumpur kualitas sedang hingga buruk.
2. Berdasarkan hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) diperoleh hasil nilai CBR *unsoaked* tanah asli sebesar 11,160% untuk 0 hari pemeraman, sedangkan untuk CBR *soaked* tanah asli sebesar 2,558% untuk 4 hari perendaman.
3. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) pada tanah asli 0 hari pemeraman, diperoleh hasil nilai kuat tekan bebas (q_u) sebesar 2,457 kg/cm², kohesi (c) sebesar 0,846 kg/cm², dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 21°.
4. Penambahan semen *portland* 9% dan pasir variasi 11%, 13%, dan 15% meningkatkan nilai CBR tanah asli baik kondisi *soaked* maupun *unsoaked*. Nilai CBR *unsoaked* tanah asli sebesar 11,160% meningkat menjadi 49,600% dengan masa pemeraman 1 hari, dan sebesar 59,727% dengan masa pemeraman 7 hari dengan campuran pasir 15%, sedangkan nilai pada CBR *soaked* meningkat dari 2,558% menjadi 21,703%. Penambahan campuran dan waktu pemeraman lebih lama dapat meningkatkan daya dukung tanah.

5. Penambahan semen *portland* (9%) dan pasir (11%, 13%, dan 15%) pada tanah asli meningkatkan nilai kuat tekan bebas (q_u), kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ) seiring dengan bertambahnya kadar pasir dan lama waktu pemeraman. Pada pemeraman 1 hari, nilai kuat tekan bebas (q_u) meningkat dari 2,457 kg/cm² menjadi 4,039 kg/cm², kohesi (c) meningkat dari 0,846 kg/cm² menjadi 1,142 kg/cm², dan sudut geser dalam (ϕ) meningkat dari 21° menjadi 31°. Setelah 7 hari, nilai tersebut terus naik nilai kuat tekan bebas (q_u) menjadi 5,586 kg/cm², kohesi (c) sebesar 1,333 kg/cm², dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 39°.
6. Berdasarkan hasil desain perkerasan jalan lentur pada lokasi dari Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur setelah distabilisasi dengan penambahan 9% semen *portland* dan 11% pasir, masuk kategori FFF3 terdiri dari AC WC tebal 40 mm, AC BC tebal 75 mm dan 80 mm, lapisan fondasi agregat kelas A setebal 200 mm, lapis fondasi agregat kelas B setebal 150 mm. dan tebal perbaikan tanah dasar (stabilisasi) sebesar 25 mm.

6.2 Saran

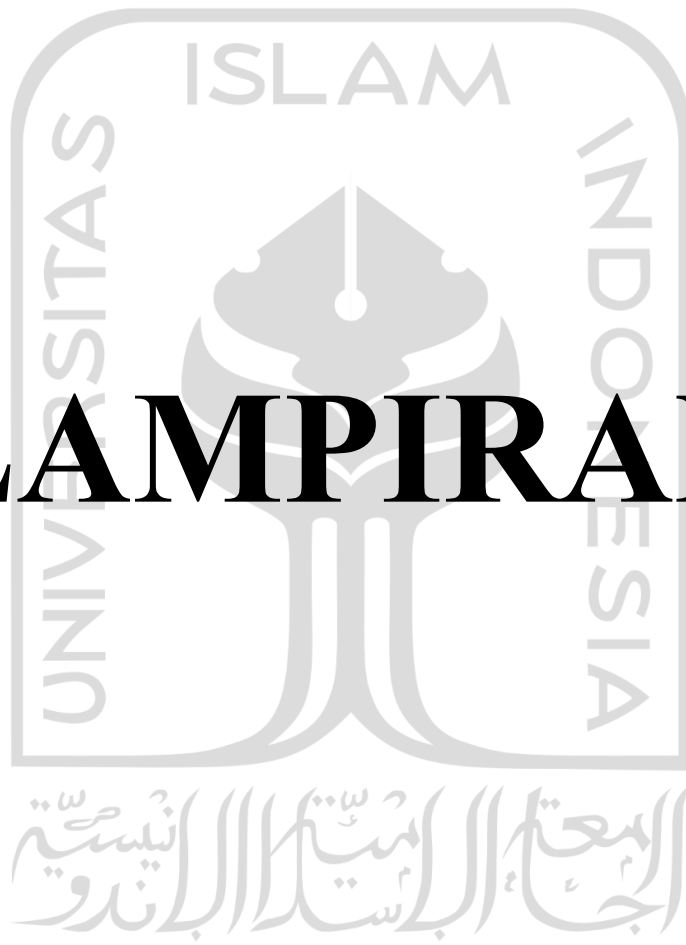
Berdasarkan hasil penelitian yang masih memiliki keterbatasan, diperlukan beberapa masukan untuk pengembangan penelitian stabilisasi di masa mendatang. Berikut adalah beberapa masukan yang dapat diberikan.

1. Penelitian di masa mendatang disarankan untuk menggunakan stabilisasi alternatif seperti kapur, abu terbang (*fly ash*), bubuk marmer, abu sekam padi dan material lokal lainnya untuk mengevaluasi efektivitasnya secara lebih luas.
2. Disarankan menambah variasi dalam komposisi campuran dan memperbanyak durasi pemeraman untuk menentukan potensi maksimal dari bahan stabilisasi yang dipakai.
3. Penelitian berikutnya dapat mencakup metode pengujian tambahan, seperti uji triaksial, uji konsolidasi, uji permeabilitas atau uji tarik untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai sifat-sifat tanah yang telah distabilisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (1974). “*Standart for Highway Material, National Press Building*”, Washington, D.C.
- Das, braja M. (1995). *Mekanika Tanah Rekayasa Geoteknis) Braja*. 291.
- Fardiyansah, Y. (2020). Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Daya Dukung Subgrade Jalan. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 9(2), 63–68.
- Fathonah, W. (2022). Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 140.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Mekanika Tanah I: Soal dan Penyelesaian*. Yogyakarta Gadjah Mada University Press, 2017.
- Jenderal, D., Marga, B., Direktorat, S., Bina, J., Direktur, P., Bina, J., Kepala, P., Kerja, S., & Bina, J. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan*.
- Rashid, A. S. A. (2013). Effect of Stabilized Laterite on California Bearing Ratio (CBR) and Unconfined Compressive Strength (UCS). *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 18 X(June 2016), 5655–5660.
- SNI 15-2049. (2004). *Semen Portland*.
- Tumurang. (2022). *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Semen dan Gypsum ditinjau dari Nilai CBR*.
- USCS (*Unifield Soil Classification System*), Soil Classification System used in Engineering and Geology.
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah I: Untuk Tanah Endapan dan Residu*. Badan Penerbitan Pekerjaan Umum.
- Yanika Putri, A. (2017). *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Pasir Vulkanik Merapi Dan Gypsum Untuk Subgrade Perkerasan Lentur Jalan*.

LAMPIRAN





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN KADAR AIR
ASTM D 2216-71**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 8 Agustus 2024
Sampel : Tanah Asli

KADAR AIR				
Keterangan		Sampel		Satuan
		1	2	
Berat Cawan	W1	12,77	12,97	gram
Berat Cawan + Tanah Basah	W2	63,82	54,53	gram
Berat Cawan + Tanah Kering	W3	55,73	48,13	gram
Berat Air	ww	8,09	6,40	gram
Berat Tanah Kering	ws	42,96	35,16	gram
Kadar Air		18,831	18,203	%
Kadar Air Rata - Rata	w	18,517		%

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN BERAT VOLUME
ASTM D 2216**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 18 November 2024
Sampel : Tanah Asli

BERAT VOLUME				
Keterangan		Sampel		Satuan
		1	2	
Diameter Ring	D	5,13	5,13	cm
Tinggi Ring	T	2,10	2,10	cm
Volume Ring	V	43,405	43,405	cm ³
Berat Ring	W1	39,44	39,44	gram
Berat Ring + Tanah Basah	W2	93,68	94,36	gram
Berat Tanah Basah	W3	54,24	54,92	gram
Berat Volume Tanah	Yb	1,250	1,265	gr/cm ³
Berat Volume Rata-Rata		1,257		gr/cm ³

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT JENIS
ASTM D 854-72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli

BERAT JENIS				
Keterangan		Sampel		Satuan
		1	2	
Berat Piknometer	W1	41,37	37,50	gram
Berat Piknometer + Tanah Kering	W2	64,97	64,68	gram
Berat Piknometer + Tanah + Air Penuh	W3	157,87	153,63	gram
Berat Piknometer + Air Penuh	W4	141,57	139,06	gram
Suhu Air	t	27	27	°C
Berat volume tanah pada suhu T	γ_w	0,997	0,997	gram/cm ³
Berat volume tanah pada suhu 27,5 C	γ_w	0,996	0,996	gram/cm ³
Berat tanah kering	Ws	23,60	27,18	gram
A		165,17	166,24	gram
I		7,30	12,61	gram
Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	3,233	2,155	
Berat jenis tanah pada suhu 27,5 C	Gs	3,233	2,156	
Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 C		2,694		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN
ASTM D 422-72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 13 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

ANALISIS SARINGAN SAMPEL 1

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	Persentase Tanah Tertahan (%)	Persentase Tanah Lolos (%)
4	4,75	0,03	109,97	0,027	99,973
10	2	1,42	108,55	1,291	98,682
20	0,85	2,02	106,53	1,836	96,845
40	0,425	4	102,53	3,636	93,209
60	0,25	5,31	97,22	4,827	88,382
140	0,106	10,65	86,57	9,682	78,700
200	0,075	8,04	78,53	7,309	71,391
Pan		78,53	0	71,391	0
Total		110		100	
Berat Tanah Mula-Mula				110	gr
Persentase Lolos Saringan No. 200				71,391	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN
ASTM D 422-72**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 13 Agustus 2024
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

ANALISIS SARINGAN SAMPEL 2

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	Persentase Tanah Tertahan (%)	Persentase Tanah Lolos (%)
4	4,75	0,08	59,92	0,133	99.867
10	2	0,49	59,43	817	99.050
20	0,85	0,76	58,67	1,267	97.783
40	0,425	2,4	56,27	4	93.783
60	0,25	3,84	52,43	6,4	87.383
140	0,106	4,5	47,93	7,5	79.883
200	0,075	4,93	43	8,217	71.667
Pan		43	0	71,667	0
Total		60		100	
Berat Tanah Mula-Mula				60	gr
Presentase Lolos Saringan 200				71,667	%

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS HIDROMETER
ASTM D 421-72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 13 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

ANALISIS HIDROMETER SAMPEL 1

Waktu (t)	Suhu (T)	Ra	Rc	Persen Lolos	R	L	L/t	k	Diameter
menit	°C					cm			mm
1	25	60	61	39,590	62	5,5	5,5	0,013	0.030
2	25	57	58	37,642	59	7	3,5	0,013	0.024
5	25	55	56	36,344	57	7,3	1,46	0,013	0.015
30	25	42	43	27,907	44	9,4	0,313	0,013	0.007
60	25	29	30	19,470	31	11,5	0,192	0,013	0.006
250	25	17	18	11,682	19	13,5	0,054	0,013	0.003
1140	25	11	12	7,788	13	14,5	0,013	0,013	0.001

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS HIDROMETER
ASTM D 421-72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 13 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

ANALISIS HIDROMETER SAMPEL 2

Waktu (t)	Suhu (T)	Ra	Rc	Persen Lolos	R	L	L/t	k	Diameter
menit	°C					cm			mm
1	25	32	33	39,417	34	11,1	11,1	0,013	0,042
2	25	30	31	37,028	32	11,4	5,7	0,013	0,030
5	25	28	29	34,639	30	11,7	2,34	0,013	0,019
30	25	21	22	26,278	23	12,9	0,430	0,013	0,008
60	25	15	16	19,111	17	13,8	0,230	0,013	0,006
250	25	8	9	10,750	10	15	0,060	0,013	0,003
1140	25	3	4	4,778	5	15,8	0,014	0,013	0,001

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

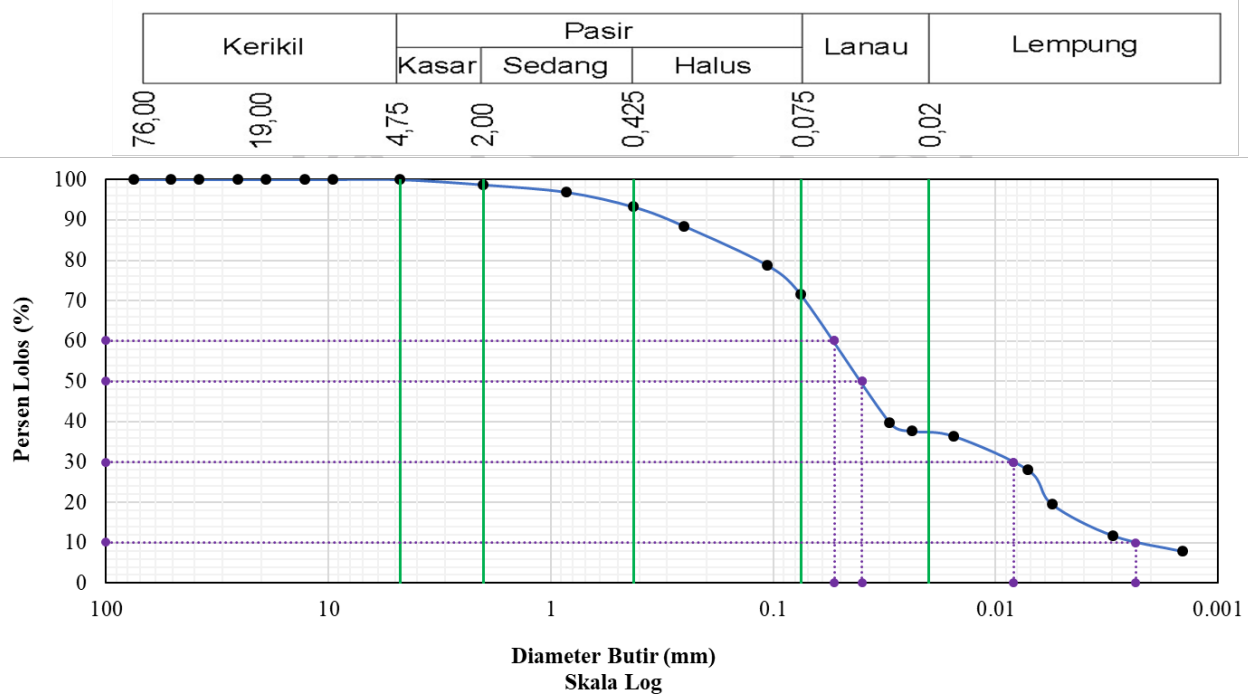
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

GRAFIK DISTRIBUSI BUTIRAN TANAH ASLI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 13 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

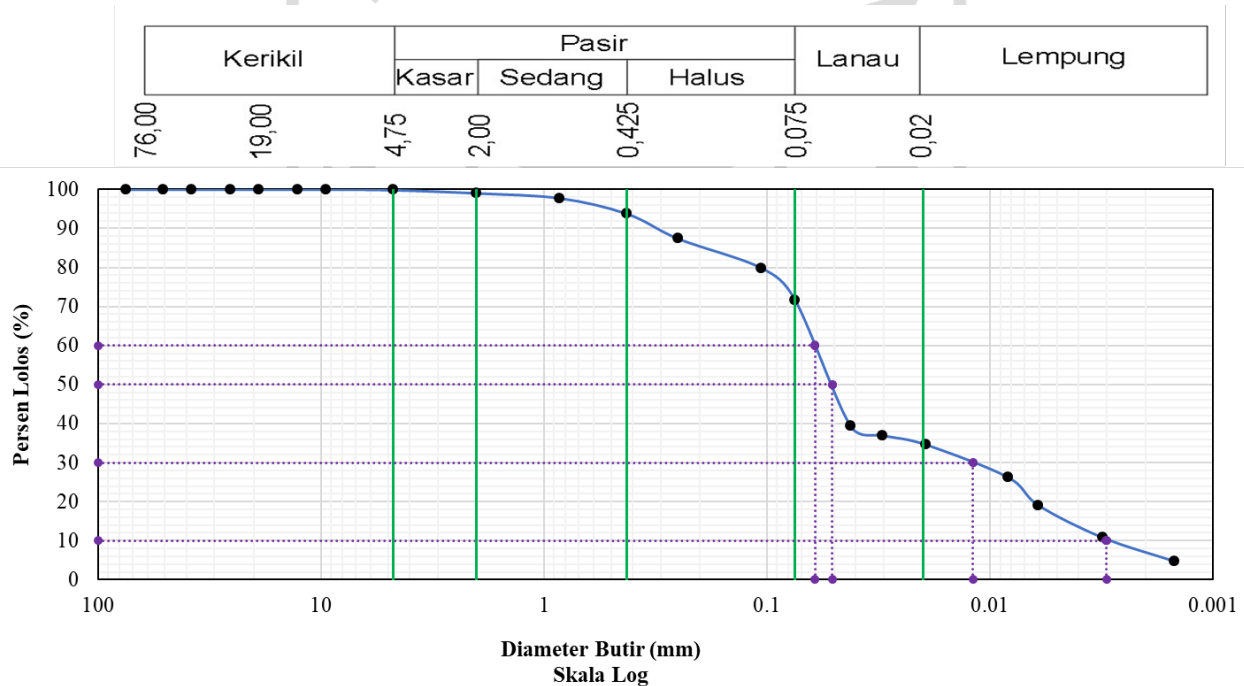
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

GRAFIK DISTRIBUSI BUTIRAN TANAH ASLI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 13 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2



Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

FRAKSI BUTIRAN TANAH ASLI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 13 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli

Kriteria Tanah	Satuan	Hasil		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Tanah Lolos Saringan No. 200	%	71,391	71,667	71,529
Pasir	%	28,609	28,333	28,471
Lanau	%	35,046	37,028	36,037
Lempung	%	36,344	34,639	35,492
D10	%	0,0024	0,0030	0,0027
D30	mm	0,008	0,012	0,010
D60	mm	0,053	0,061	0,057
$C_u = D_{60}/D_{10}$	-	22,553	20,333	21,443
$C_c = D_{30}^2/(D_{10} \times D_{60})$	-	0,553	0,774	0,663
D50	mm	0,040	0,051	0,046

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS SARINGAN
ASTM D 422-72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 Oktober 2024
 Sampel : Pasir

ANALISIS SARINGAN PASIR

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr) (gr)	Persentase Tanah Tertahan (%)	Persentase Lolos (%)
4	4,75	11,58	108,42	9,650	90,350
10	2	16,53	91,89	13,775	76,575
20	0,85	30,51	61,38	25,425	51,150
40	0,425	20,79	40,59	17,325	33,825
60	0,25	15,34	25,25	12,783	21,042
140	0,106	20,60	4,65	17,167	3,875
200	0,075	2,57	2,08	2,142	1,733
Pan		2,08	0	1,733	0
Total		120		100	
Berat Tanah Mula-Mula				120	gr
Presentase Lolos Saringan 200				1,733	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)

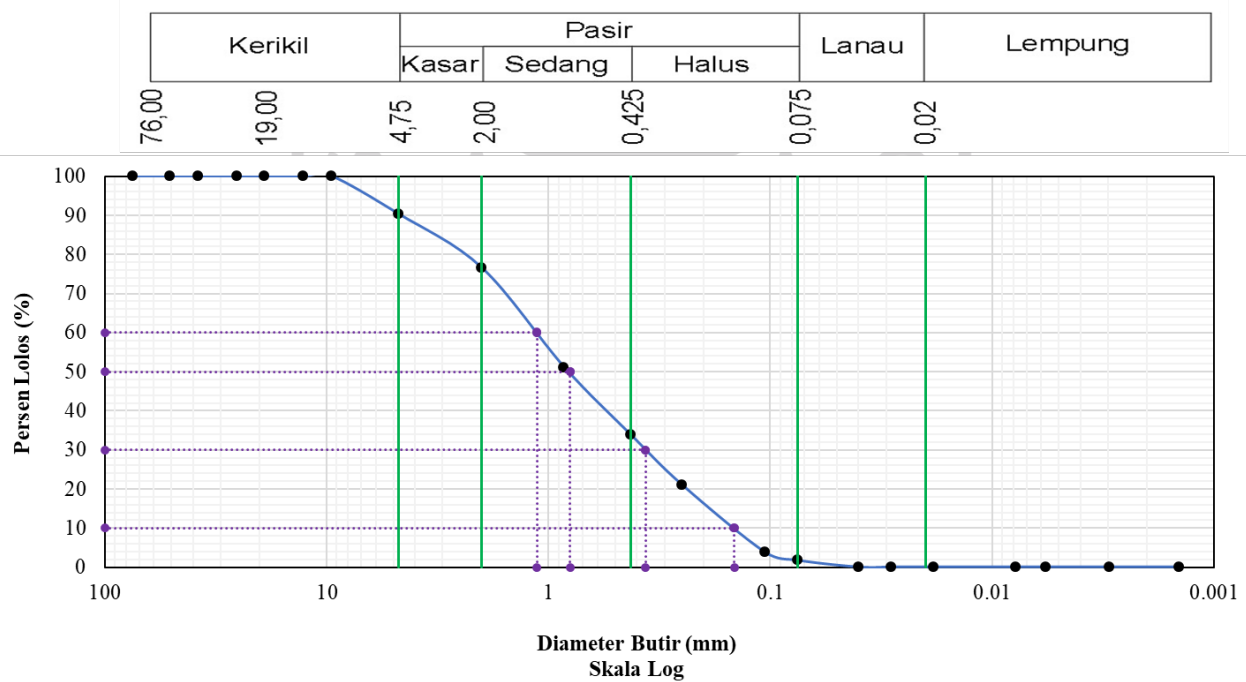


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

GRAFIK DISTRIBUSI BUTIRAN PASIR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 3 Oktober 2024
Sampel : Pasir



Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

FRAKSI BUTIRAN PASIR

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 Oktober 2024
 Sampel : Pasir

Uraian	Hasil	Satuan
Tanah Lolos Saringan No. 200	1,733	%
Pasir	98,267	%
Lanau	1,719	%
Lempung	0,014	%
D10	0,145	mm
D30	0,365	mm
D60	1,125	mm
$C_u = D_{60}/D_{10}$	7,759	-
$C_c = D_{30}^2/(D_{10} \times D_{60})$	0,817	-
D50	0,800	mm

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR
ASTM D 423-66

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

BATAS CAIR SAMPEL 1

Uraian	I		II		III		IV		Satuan
No. Cawan	1	2	1	2	1	2	1	2	
Berat Cawan, W1	13.39	12.71	13.05	12.74	12.6	12.67	12.85	13.1	gram
Berat Cawan + Tanah Basah, W2	40.22	40.51	53.47	46.51	58.52	61.05	48.65	43.44	gram
Berat Cawan + Tanah Kering, W3	31.39	31.35	39.60	35.97	42.99	45.92	36.83	33.82	gram
Berat Air, Ww	8.83	9.16	13.87	10.54	15.53	15.13	11.82	9.62	gram
Berat Tanah Kering, Ws	18,00	18.64	26.55	23.23	30.39	33.25	23.98	20.72	gram
Kadar Air, w	49.06	49.14	52.24	45.37	51.10	45.50	49.29	46.43	%
Kadar Air Rata-Rata, $W_{rata-rata}$	49.10		48.81		48.30		47.86		%
Jumlah Pukulan, N	14		20		29		40		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

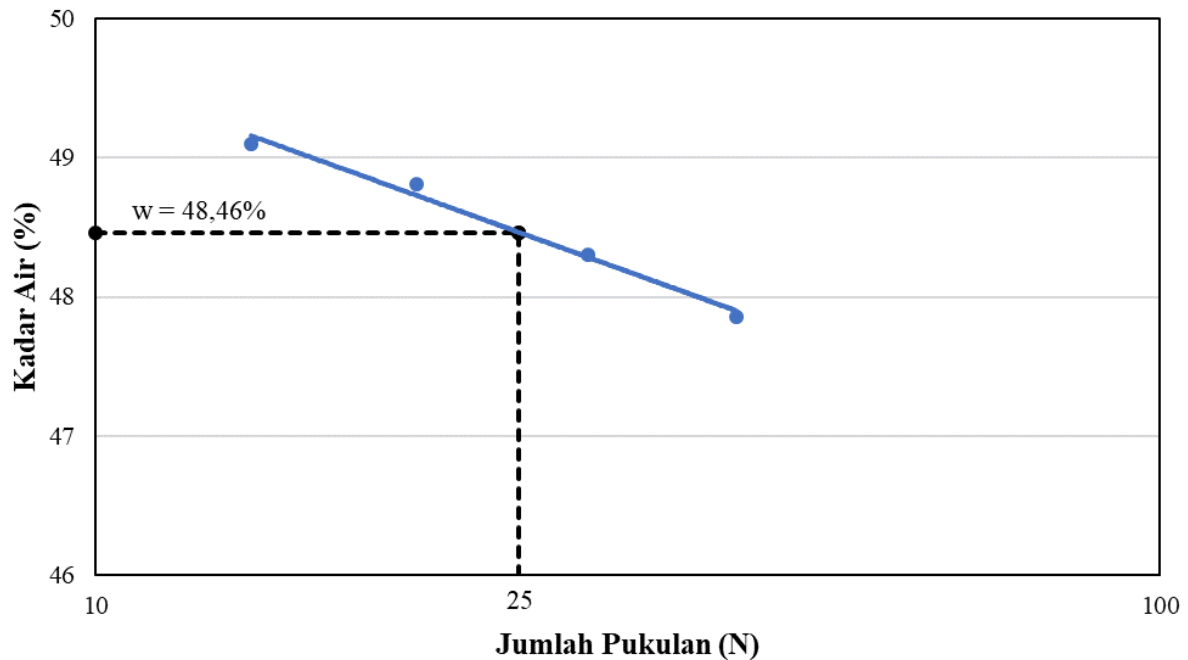
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

GRAFIK BATAS CAIR

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Batas Cair Tanah Asli Sampel 1 = 48,46%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR
ASTM D 423-66

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

BATAS CAIR SAMPEL 2

Uraian	I		II		III		IV		Satuan
No. Cawan	1	2	1	2	1	2	1	2	
Berat Cawan, W1	12.80	13.00	13.13	13.11	13.02	13.11	13.28	12.72	gram
Berat Cawan + Tanah Basah, W2	44.61	44.59	49.50	51.11	52.51	51.11	48.55	54.43	gram
Berat Cawan + Tanah Kering, W3	34.52	33.71	37.53	38.64	39.90	38.42	36.96	41.25	gram
Berat Air, Ww	10.09	10.88	11.97	12.47	12.61	12.69	11.59	13.18	gram
Berat Tanah Kering, Ws	21.72	20.71	24.40	25.53	26.88	25.31	23.68	28.53	gram
Kadar Air, w	46.45	52.54	49.06	48.84	46.91	50.14	48.94	46.20	%
Kadar Air Rata-Rata, $W_{rata-rata}$	49.49		48.95		48.53		47.57		%
Jumlah Pukulan, N	13		19		28		40		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

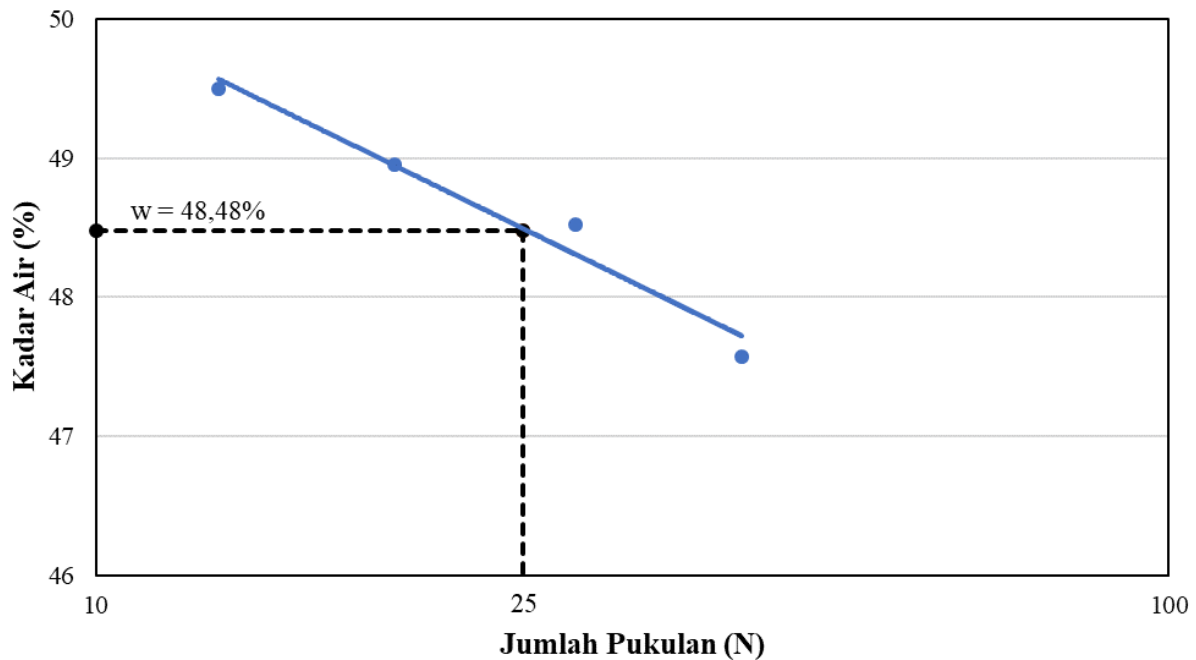
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

GRAFIK BATAS CAIR

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2



Batas Cair Tanah Asli Sampel 2 = 48,48%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS PLASTIS
ASTM D 424-74

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli

BATAS PLASTIS					
Uraian	Sampel 1		Sampel 2		Satuan
	1	2	1	2	
Berat Cawan, W1	13,06	12,95	13,26	13,24	gram
Berat Cawan + Tanah Basah, W2	20,74	19,75	19,89	20,90	gram
Berat Cawan + Tanah Kering, W3	18,65	17,94	18,14	18,85	gram
Berat Air, Ww	2,09	1,81	1,75	2,05	gram
Berat Tanah Kering, Ws	5,59	4,99	4,88	5,61	gram
Kadar Air, w	37,39	36,27	35,86	36,54	gram
Kadar Air per Sampel, w	36,830		36,201		%
Kadar Air Rata-Rata, W _{rata-rata}	36,516				%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS SUSUT
ASTM D 427-74

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli

BATAS SUSUT						
Uraian	Satuan	Sampel 1		Sampel 2		
		1	2	1	2	
Berat Cawan Susut, W1	gram	43,31	37,78	44,97	30,77	
Berat Cawan + Tanah Basah, W2	gram	67,93	62,95	70,22	57,46	
Berat Cawan Susut + Tanah Kering, W3	gram	59,08	53,79	61,13	47,81	
Berat Tanah Kering, W0	gram	15,77	16,01	16,16	17,04	
Kadar Air, w	%	56,12	57,21	56,25	56,63	
Diameter Ring, d	cm	4,21	4,16	4,18	4,16	
Tinggi Ring, t	cm	1,23	1,27	1,26	1,23	
Volume Ring, V	cm ³	17,08	17,26	17,25	16,68	
Berat Air Raksa yang Terdesak Tanah Kering + Gelas Ukur, W4	gr	196,41	202,36	225	211,28	
Berat Gelas Ukur, W5	gr	60,43	60,43	60,43	60,43	
Berat Air Raksa, W6	gr	135,98	141,93	164,57	150,85	
Berat Tanah Kering, W0	gr	15,77	16,01	16,16	17,04	
Volume Tanah Kering, Vo	cm ³	1,16	1,18	1,19	1,25	
Batas Susut Tanah, SL	%	55,11	56,21	55,26	55,73	
Batas Susut Tanah Rata-Rata, $SL_{rata-rata}$	%	55,58				

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 15 Agustus 2024
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

MOLD		
Diameter	10,06	cm
Tinggi	11,5	cm
Volume	914,079	cm ³
Berat	1835	gram

HAMMER		
Berat	2,5	kg
Lapis	3	Buah
Tumbukan	25	Kali
Tinggi Jatuh	30,5	cm

Keterangan	Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat Sampel Tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar Air Mula-Mula	11,787	11,787	11,787	11,787	11,787	%
Penambahan Air	100	200	300	400	500	ml
Berat Cetakan	1835	1835	1835	1835	1835	gram
Berat Cetakan + Tanah Basah	3055	3205	3325	3395	3400	gram
Berat Tanah Basah	1220	1370	1490	1560	1565	gram
Berat Volume Tanah Basah	1,335	1,499	1,630	1,707	1,712	gram/cm ³

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Keterangan	Satuan	I		II		III		IV		V	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gram	12,76	12,85	12,97	13,4	12,86	12,77	12,80	12,73	12,60	13,08
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	32,57	32,86	38,42	41,79	39,48	39,05	48,1	48,21	52,33	51,30
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	29,73	29,69	33,77	36,47	34,07	33,68	38,54	38,87	42,69	42,30
Berat Air	gram	2,84	3,17	4,65	5,32	5,41	5,37	9,56	9,34	9,64	9,00
Berat Tanah Kering	gram	16,97	16,84	20,80	23,07	21,21	20,91	25,74	26,14	30,09	29,22
Kadar Air Tanah	%	16,74	18,82	22,36	23,06	25,51	25,68	37,14	35,73	32,04	30,80
Kadar Air Rata-Rata	%	17,780		22,708		25,594		36,436		31,419	
Berat Volume Tanah Kering	gr/cm ³	1,133		1,221		1,298		1,251		1,303	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

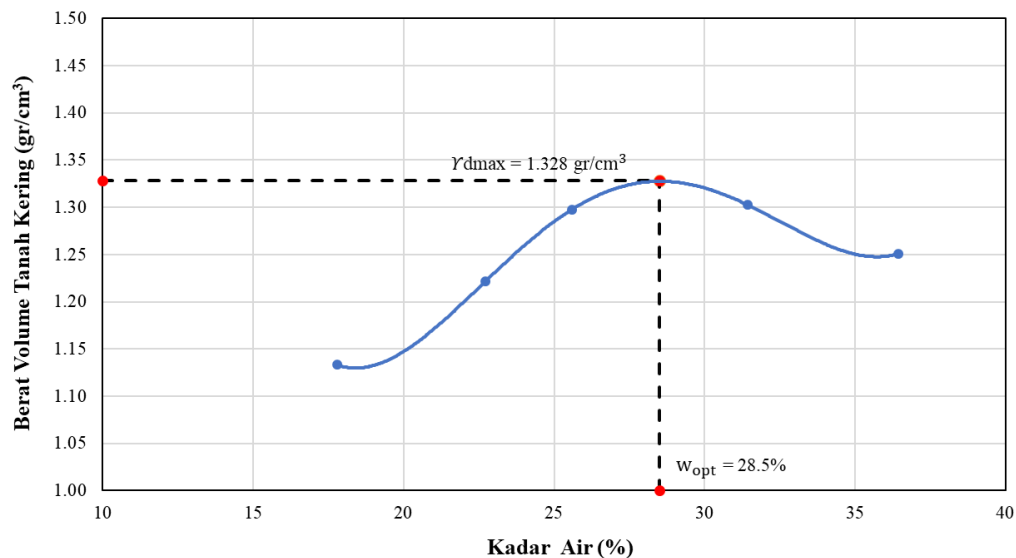
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Keterangan	Sampel 1	Satuan
Kadar Air Optimum, w_{opt} (OMC)	28,5	%
Berat Volume Tanah Kering Maksimum, γ_d maks (MDD)	1,328	gram/cm ³

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 15 Agustus 2024
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

MOLD		
Diameter	10,06	cm
Tinggi	11,5	cm
Volume	914,079	cm ³
Berat	1835	gram

HAMMER		
Berat	2,5	kg
Lapis	3	Buah
Tumbukan	25	Kali
Tinggi Jatuh	30,5	cm

Keterangan	Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat Sampel Tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar Air Mula-Mula	11,787	11,787	11,787	11,787	11,787	%
Penambahan Air	100	200	300	400	500	ml
Berat Cetakan	1835	1835	1835	1835	1835	gram
Berat Cetakan + Tanah Basah	3085	3182	3305	3420	3430	gram
Berat Tanah Basah	1250	1347	1470	1585	1595	gram
Berat Volume Tanah Basah	1,367	1,474	1,608	1,734	1,745	gram/cm ³

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Keterangan	Satuan	I		II		III		IV		V	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gram	13,07	12,95	12,79	12,91	12,91	12,64	12,76	12,89	12,83	12,60
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	32,04	31,09	34,09	33,87	35,46	34,49	36,18	38,38	40,98	43,32
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	28,80	27,98	29,78	29,55	30,50	29,39	29,11	29,95	32,86	34,24
Berat Air	gram	3,24	3,11	4,31	4,32	4,96	5,10	7,07	8,43	8,12	9,08
Berat Tanah Kering	gram	15,73	15,03	16,99	16,64	17,59	16,75	16,35	17,06	20,03	21,64
Kadar Air Tanah	%	20,60	20,69	25,37	25,96	28,20	30,45	43,24	49,41	40,54	41,96
Kadar Air Rata-Rata	%	20,645		25,665		29,323		46,328		41,249	
Berat Volume Tanah Kering	gr/cm ³	1,133		1,173		1,244		1,185		1,239	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

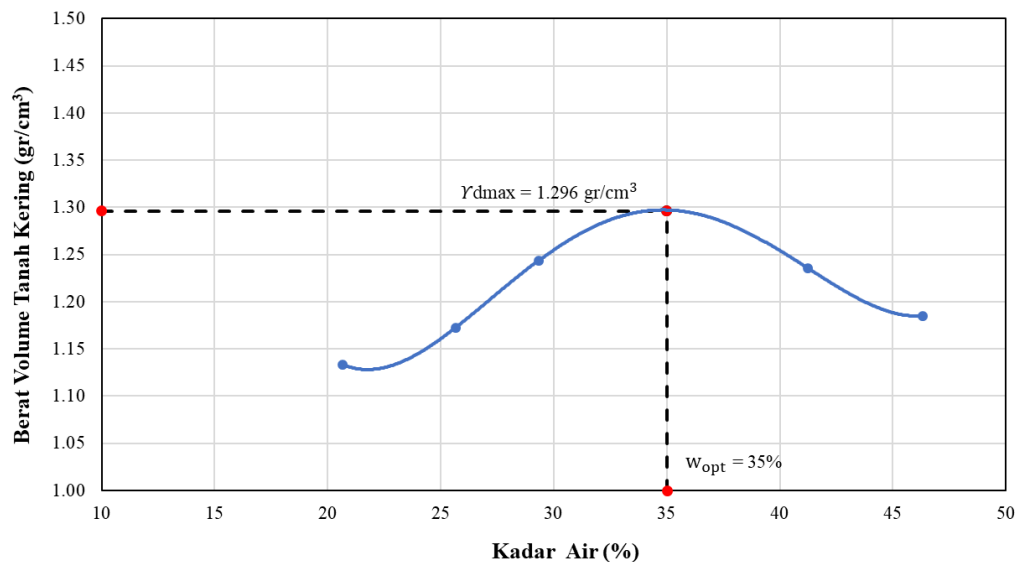
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Agustus 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2



Keterangan	Sampel 1	Satuan
Kadar Air Optimum, w_{opt} (OMC)	35	%
Berat Volume Tanah Kering Maksimum, γ_d maks (MDD)	1,296	gram/cm^3

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 8 Oktober 2024
Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11%

MOLD		
Diameter	10,18	cm
Tinggi	11,675	cm
Volume	950,260	cm ³
Berat	1835	gram

HAMMER		
Berat	2,5	kg
Lapis	3	Buah
Tumbukan	25	Kali
Tinggi Jatuh	30,5	cm

Keterangan	Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat Sampel Tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar Air Mula-Mula	14,368	14,368	14,368	14,368	14,368	%
Penambahan Air	100	200	300	400	500	ml
Berat Cetakan	1835	1835	1835	1835	1835	gram
Berat Cetakan + Tanah Basah	3150	3295	3420	3485	3505	gram
Berat Tanah Basah	1315	1460	1585	1650	1670	gram
Berat Volume Tanah Basah	1,384	1,536	1,668	1,736	1,757	gram/cm ³

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11%

Keterangan	Satuan	I		II		III		IV		V	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gram	5,61	5,66	5,71	5,59	5,72	5,52	5,63	5,64	5,68	5,66
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	20,18	20,6	20,72	20,67	20,73	20,86	20,61	20,74	20,8	20,83
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	17,85	18,51	18,02	17,92	17,68	17,71	17,32	17,24	16,92	16,95
Berat Air	gram	2,33	2,09	2,7	2,75	3,05	3,15	3,29	3,5	3,88	3,88
Berat Tanah Kering	gram	12,24	12,85	12,31	12,33	11,96	12,19	11,69	11,6	11,24	11,29
Kadar Air Tanah	%	19,04	16,26	21,93	22,30	25,50	25,84	28,14	30,17	34,52	34,36
Kadar Air Rata-Rata	%	17,650		22,118		25,671		29,158		34,443	
Berat Volume Tanah Kering	gr/cm ³	1,176		1,258		1,327		1,344		1,307	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

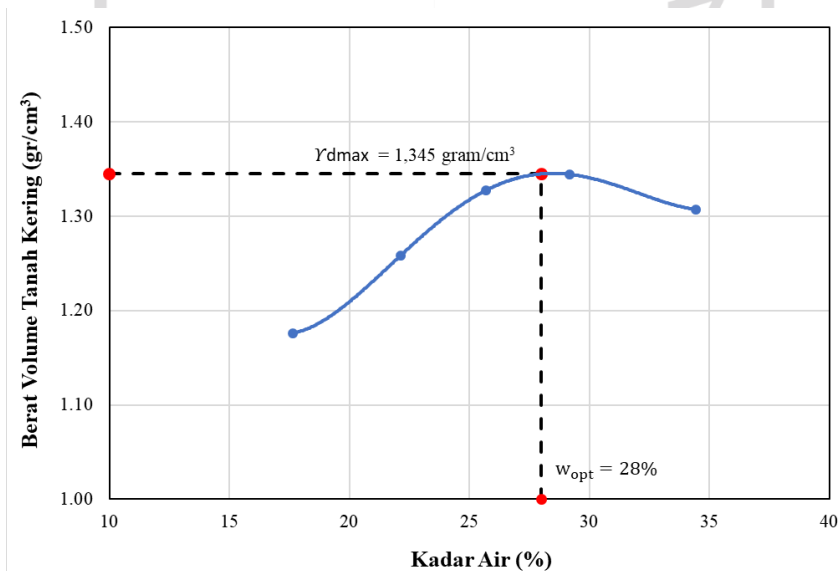
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11%



Keterangan	Sampel 1	Satuan
Kadar Air Optimum, w_{opt} (OMC)	28	%
Berat Volume Tanah Kering Maksimum, Y_d maks (MDD)	1,345	gram/cm^3

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13%

MOLD		
Diameter	10,18	cm
Tinggi	11,675	cm
Volume	950,260	cm ³
Berat	1835	gram

HAMMER		
Berat	2,5	kg
Lapis	3	Buah
Tumbukan	25	Kali
Tinggi Jatuh	30,5	cm

Keterangan	Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat Sampel Tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar Air Mula-Mula	14,323	14,323	14,323	14,323	14,323	%
Penambahan Air	100	200	300	400	500	ml
Berat Cetakan	1835	1835	1835	1835	1835	gram
Berat Cetakan + Tanah Basah	3205	3270	3450	3482	3495	gram
Berat Tanah Basah	1370	1435	1615	1647	1660	gram
Berat Volume Tanah Basah	1,442	1,510	1,700	1,733	1,747	gram/cm ³

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 8 Oktober 2024
Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13%

Keterangan	Satuan	I		II		III		IV		V	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gram	5,58	5,66	5,58	5,66	5,73	5,54	5,57	5,65	5,63	5,61
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	20,37	20,85	20,51	20,54	20,72	20,75	20,68	20,86	20,88	20,85
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	18,38	18,74	18,07	18,14	17,65	17,43	17,43	17,22	17,01	17,01
Berat Air	gram	1,99	2,11	2,44	2,40	3,07	3,32	3,25	3,64	3,87	3,84
Berat Tanah Kering	gram	12,80	13,08	12,49	12,48	11,92	11,89	11,86	11,57	11,38	11,40
Kadar Air Tanah	%	15,55	16,13	19,54	19,23	25,76	27,92	27,40	31,46	34,01	33,68
Kadar Air Rata-Rata	%	15,839		19,383		26,839		29,432		33,846	
Berat Volume Tanah Kering	gr/cm ³	1,245		1,265		1,340		1,339		1,305	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

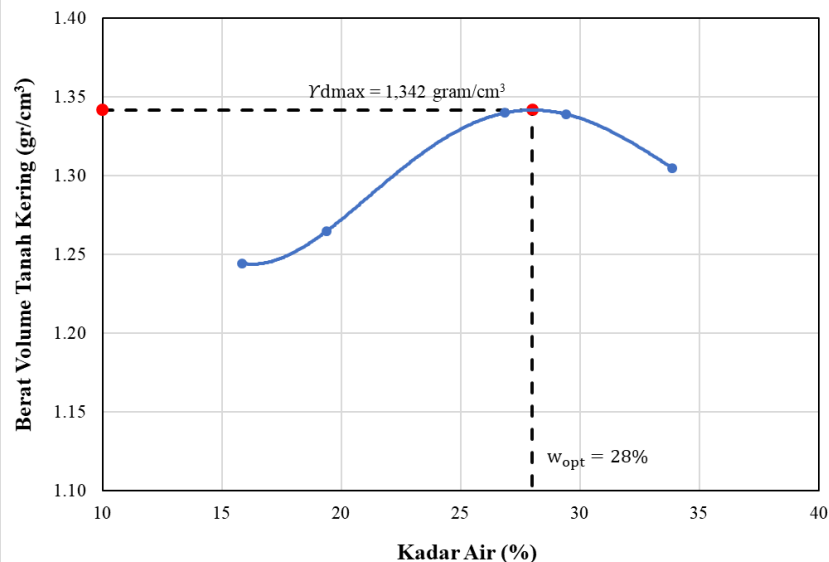
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13%



Keterangan	Sampel 1	Satuan
Kadar Air Optimum, w_{opt} (OMC)	28	%
Berat Volume Tanah Kering Maksimum, Y_d maks (MDD)	1,342	gram/cm^3

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15%

MOLD		
Diameter	10,18	cm
Tinggi	11,675	cm
Volume	950,260	cm ³
Berat	1835	gram

HAMMER		
Berat	2,5	kg
Lapis	3	Buah
Tumbukan	25	Kali
Tinggi Jatuh	30,5	cm

Keterangan	Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat Sampel Tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar Air Mula-Mula	14,245	14,245	14,245	14,245	14,245	%
Penambahan Air	100	200	300	400	500	ml
Berat Cetakan	1835	1835	1835	1835	1835	gram
Berat Cetakan + Tanah Basah	3212	3320	3465	3520	3505	gram
Berat Tanah Basah	1377	1485	1630	1685	1670	gram
Berat Volume Tanah Basah	1,449	1,563	1,715	1,773	1,757	gram/cm ³

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15%

Keterangan	Satuan	I		II		III		IV		V	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gram	5,66	5,62	5,72	5,59	5,72	5,52	5,63	5,64	5,64	5,66
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	20,72	20,82	20,70	20,75	20,80	20,87	20,79	20,84	20,86	20,84
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	18,51	18,78	18,09	18,10	17,74	17,74	17,30	17,34	17,06	17,18
Berat Air	gram	2,21	2,04	2,61	2,65	3,06	3,13	3,49	3,5	3,8	3,66
Berat Tanah Kering	gram	12,85	13,16	12,37	12,51	12,02	12,22	11,67	11,7	11,42	11,52
Kadar Air Tanah	%	17,20	15,50	21,10	21,18	25,46	25,61	29,91	29,91	33,27	31,77
Kadar Air Rata-Rata	%	16,350		21,141		25,536		29,910		32,523	
Berat Volume Tanah Kering	gr/cm ³	1,245		1,290		1,366		1,365		1,326	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

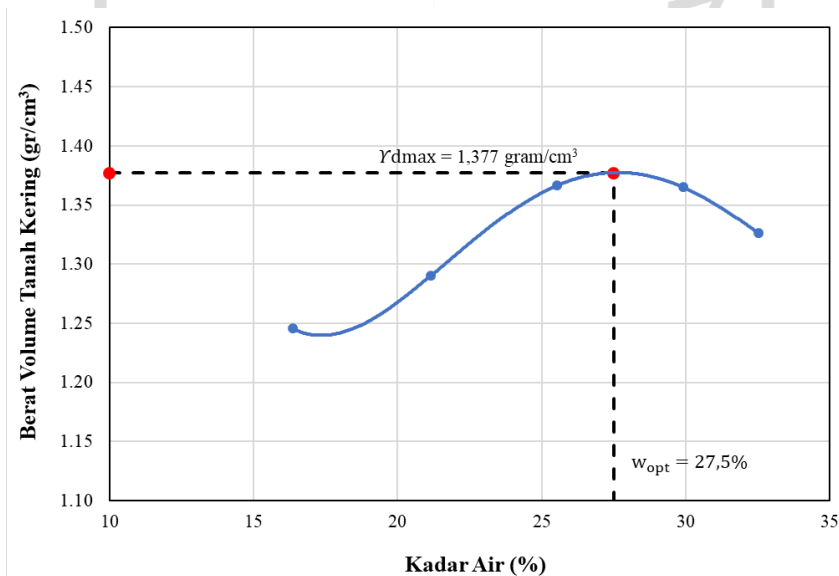
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (*PROCTOR STANDARD*)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15%



Keterangan	Sampel 1	Satuan
Kadar Air Optimum, w_{opt} (OMC)	27,5	%
Berat Volume Tanah Kering Maksimum, Y_d maks (MDD)	1,377	gram/cm ³

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 September 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	6905	gram
Berat Cetakan	3511	gram
Berat Tanah Basah	3394	gram
Diameter	15,32	cm
Tinggi	17,625	cm
Volume	3737,721	cm ³
Berat Volume Tanah	0,908	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,812	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air					
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah	
		1	2	1	2
Berat Cawan	gram	6,92	6,66	6,66	6,89
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	28,27	28,35	32,34	32,46
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	25,09	25,11	25,42	25,61
Berat Air	gram	3,18	3,24	6,92	6,85
Berat Tanah Kering	gram	25,09	25,11	25,42	25,61
Kadar Air	%	12,674	12,903	27,223	26,747
Kadar Air Rata-rata	%	19,9			

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



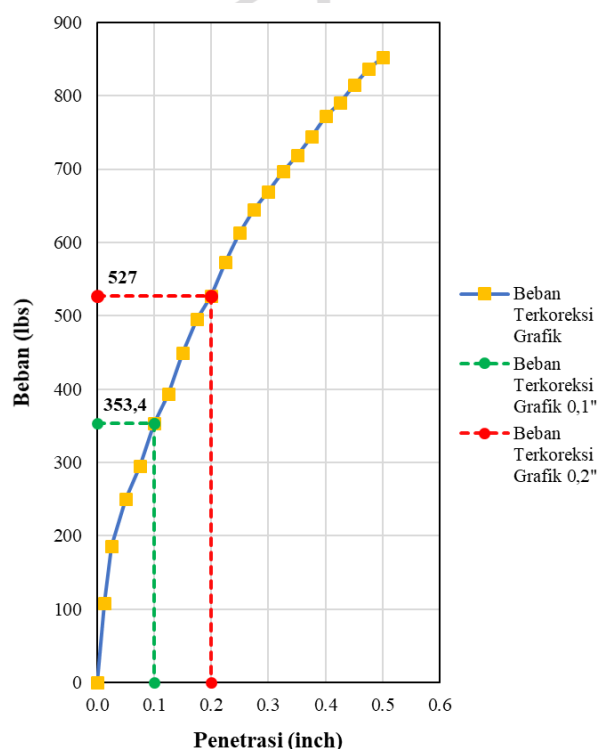
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 September 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	3.5	108.50
0.5	0.0250	0.64	6	186.00
1	0.0500	1.27	7.2	223.20
1.5	0.0750	1.91	8.5	263.50
2	0.1000	2.54	11.4	353.40
2.5	0.1250	3.18	12.7	393.70
3	0.1500	3.81	14.5	449.50
3.5	0.1750	4.45	16	496.00
4	0.2000	5.08	17	527.00
4.5	0.2250	5.72	18.5	573.50
5	0.2500	6.35	19.8	613.80
5.5	0.2750	6.99	20.8	644.80
6	0.3000	7.62	21.6	669.60
6.5	0.3250	8.26	22.5	697.50
7	0.3500	8.89	23.2	719.20
7.5	0.3750	9.53	24	744.00
8	0.4000	10.16	24.9	771.90
8.5	0.4250	10.80	25.5	790.50
9	0.4500	11.43	26.3	815.30
9.5	0.4750	12.07	27	837.00
10	0.5000	12.70	27.5	852.50



Nilai CBR		
0,1"	11.780	%
0,2"	11.711	%
CBR Design	11.780	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 September 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	6880	gram
Berat Cetakan	3511	gram
Berat Tanah Basah	3369	gram
Diameter	15,32	cm
Tinggi	17,625	cm
Volume	3737,721	cm ³
Berat Volume Tanah	0,901	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,806	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air					
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah	
		1	2	1	2
Berat Cawan	gram	6,97	6,64	6,86	5,87
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	28,89	28,32	32,43	32,61
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	25,66	25,02	25,67	25,60
Berat Air	gram	3,23	3,30	6,76	7,01
Berat Tanah Kering	gram	25,66	25,02	25,67	25,60
Kadar Air	%	12,588	13,189	26,334	27,383
Kadar Air Rata-rata	%	19,9			

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



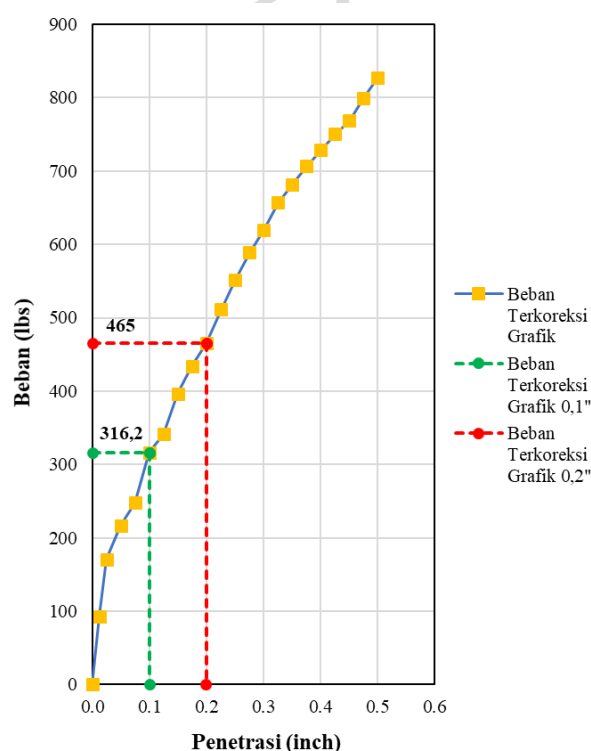
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 September 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	3	93.00
0.5	0.0250	0.64	5.5	170.50
1	0.0500	1.27	7	217.00
1.5	0.0750	1.91	8	248.00
2	0.1000	2.54	10.2	316.20
2.5	0.1250	3.18	11	341.00
3	0.1500	3.81	12.8	396.80
3.5	0.1750	4.45	14	434.00
4	0.2000	5.08	15	465.00
4.5	0.2250	5.72	16.5	511.50
5	0.2500	6.35	17.8	551.80
5.5	0.2750	6.99	19	589.00
6	0.3000	7.62	20	620.00
6.5	0.3250	8.26	21.2	657.20
7	0.3500	8.89	22	682.00
7.5	0.3750	9.53	22.8	706.80
8	0.4000	10.16	23.5	728.50
8.5	0.4250	10.80	24.2	750.20
9	0.4500	11.43	24.8	768.80
9.5	0.4750	12.07	25.8	799.80
10	0.5000	12.70	26.7	827.70



Nilai CBR		
0,1"	10.540	%
0,2"	10.333	%
CBR Design	10.540	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 1 hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7736	gram
Berat Cetakan	4200	gram
Berat Tanah Basah	3536	gram
Diameter	15,19	cm
Tinggi	17,84	cm
Volume	3796,972	cm ³
Berat Volume Tanah	0,931	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,814	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	13,03	12,65	13,01	12,66	12,71
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,52	35,88	35,89	35,84	35,62
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,37	31,61	31,88	31,77	31,56
Berat Air	gram	4,15	4,27	4,01	4,07	4,06
Berat Tanah Kering	gram	31,37	31,61	31,88	31,77	31,56
Kadar Air	%	13,229	13,508	12,578	12,811	12,864
Kadar Air Rata-rata	%	13,4		12,8		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



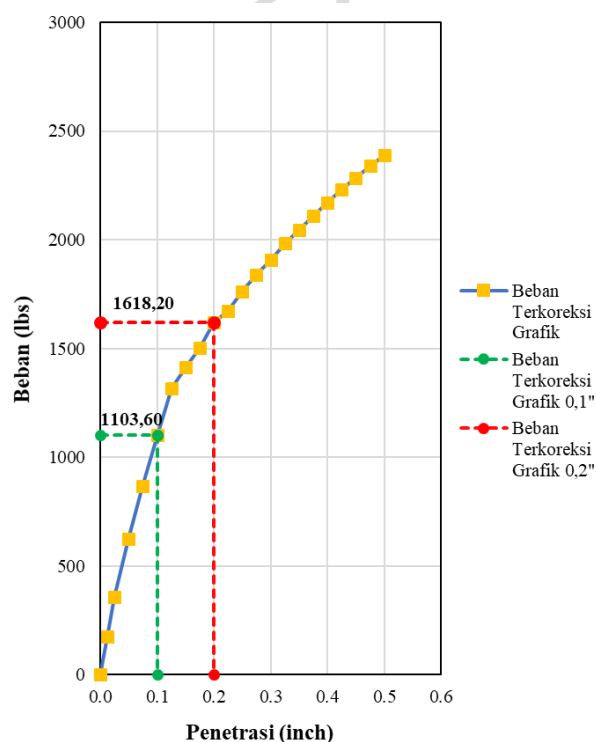
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	5.7	176.70
0.5	0.0250	0.64	11.5	356.50
1	0.0500	1.27	20.2	626.20
1.5	0.0750	1.91	28	868.00
2	0.1000	2.54	35.6	1103.60
2.5	0.1250	3.18	42.5	1317.50
3	0.1500	3.81	45.6	1413.60
3.5	0.1750	4.45	48.5	1503.50
4	0.2000	5.08	52.2	1618.20
4.5	0.2250	5.72	54	1674.00
5	0.2500	6.35	56.8	1760.80
5.5	0.2750	6.99	59.3	1838.30
6	0.3000	7.62	61.5	1906.50
6.5	0.3250	8.26	64	1984.00
7	0.3500	8.89	66	2046.00
7.5	0.3750	9.53	68	2108.00
8	0.4000	10.16	70	2170.00
8.5	0.4250	10.80	72	2232.00
9	0.4500	11.43	73.7	2284.70
9.5	0.4750	12.07	75.5	2340.50
10	0.5000	12.70	77	2387.00



Nilai CBR		
0,1"	36,787	%
0,2"	35,960	%
CBR Design	36,787	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7585	gram
Berat Cetakan	4060	gram
Berat Tanah Basah	3525	gram
Diameter	15,21	cm
Tinggi	17,81	cm
Volume	3789,195	cm ³
Berat Volume Tanah	0,930	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,813	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,71	12,89	12,81	12,71	12,88
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,51	35,66	35,68	35,62	35,77
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,29	31,37	31,67	31,49	31,79
Berat Air	gram	4,22	4,29	4,01	4,13	3,98
Berat Tanah Kering	gram	31,29	31,37	31,67	31,49	31,79
Kadar Air	%	13,487	13,675	12,662	13,115	12,520
Kadar Air Rata-rata	%	13,6		12,8		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



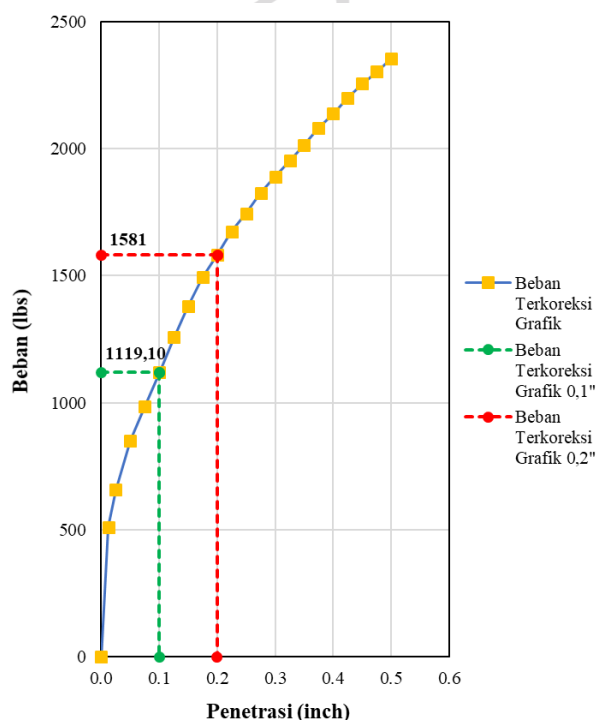
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	16.5	511.50
0.5	0.0250	0.64	21.2	657.20
1	0.0500	1.27	27.5	852.50
1.5	0.0750	1.91	31.8	985.80
2	0.1000	2.54	36.1	1119.10
2.5	0.1250	3.18	40.6	1258.60
3	0.1500	3.81	44.5	1379.50
3.5	0.1750	4.45	48.2	1494.20
4	0.2000	5.08	51	1581.00
4.5	0.2250	5.72	54	1674.00
5	0.2500	6.35	56.3	1745.30
5.5	0.2750	6.99	58.9	1825.90
6	0.3000	7.62	61	1891.00
6.5	0.3250	8.26	63	1953.00
7	0.3500	8.89	65	2015.00
7.5	0.3750	9.53	67.2	2083.20
8	0.4000	10.16	69	2139.00
8.5	0.4250	10.80	71	2201.00
9	0.4500	11.43	72.8	2256.80
9.5	0.4750	12.07	74.3	2303.30
10	0.5000	12.70	76	2356.00



Nilai CBR		
0,1"	37,303	%
0,2"	35,133	%
CBR Design	37,303	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7750	gram
Berat Cetakan	4255	gram
Berat Tanah Basah	3495	gram
Diameter	15,25	cm
Tinggi	17,83	cm
Volume	3807,697	cm ³
Berat Volume Tanah	0,918	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,803	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,71	12,81	13,02	12,97	12,94
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,59	35,68	35,71	35,70	35,63
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,48	31,29	31,79	31,64	31,64
Berat Air	gram	4,11	4,39	3,92	4,06	3,99
Berat Tanah Kering	gram	31,48	31,29	31,79	31,64	31,64
Kadar Air	%	13,056	14,030	12,331	12,832	12,611
Kadar Air Rata-rata	%	13,5		12,6		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



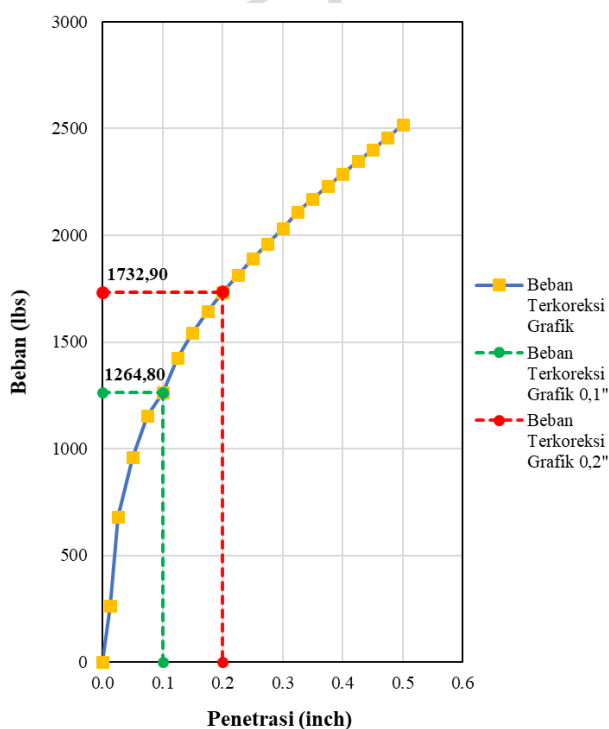
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	8.5	263.50
0.5	0.0250	0.64	22	682.00
1	0.0500	1.27	31	961.00
1.5	0.0750	1.91	37.2	1153.20
2	0.1000	2.54	40.8	1264.80
2.5	0.1250	3.18	46	1426.00
3	0.1500	3.81	49.7	1540.70
3.5	0.1750	4.45	53	1643.00
4	0.2000	5.08	55.9	1732.90
4.5	0.2250	5.72	58.5	1813.50
5	0.2500	6.35	61	1891.00
5.5	0.2750	6.99	63.2	1959.20
6	0.3000	7.62	65.5	2030.50
6.5	0.3250	8.26	68	2108.00
7	0.3500	8.89	70	2170.00
7.5	0.3750	9.53	72	2232.00
8	0.4000	10.16	73.8	2287.80
8.5	0.4250	10.80	75.7	2346.70
9	0.4500	11.43	77.5	2402.50
9.5	0.4750	12.07	79.3	2458.30
10	0.5000	12.70	81.2	2517.20



Nilai CBR		
0,1"	42,160	%
0,2"	38,509	%
CBR Design	42,160	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7665	gram
Berat Cetakan	4142	gram
Berat Tanah Basah	3523	gram
Diameter	15,20	cm
Tinggi	17,83	cm
Volume	3795,213	cm ³
Berat Volume Tanah	0,928	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,812	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	13,06	12,98	13,04	12,60	12,78
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,80	35,83	35,74	35,62	35,73
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,55	31,61	31,80	31,75	31,74
Berat Air	gram	4,25	4,22	3,94	3,87	3,99
Berat Tanah Kering	gram	31,55	31,61	31,80	31,75	31,74
Kadar Air	%	13,471	13,350	12,390	12,189	12,571
Kadar Air Rata-rata	%	13,4		12,4		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



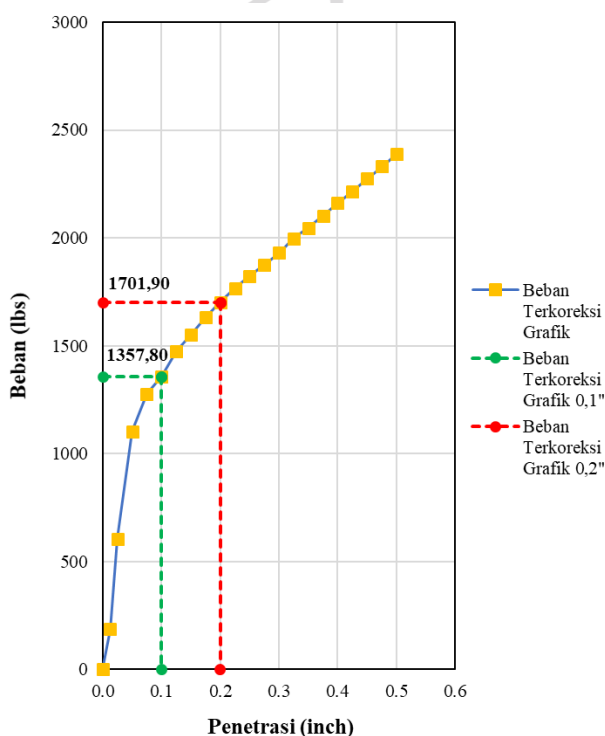
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	6	186.00
0.5	0.0250	0.64	19.5	604.50
1	0.0500	1.27	35.6	1103.60
1.5	0.0750	1.91	41.2	1277.20
2	0.1000	2.54	43.8	1357.80
2.5	0.1250	3.18	47.6	1475.60
3	0.1500	3.81	50	1550.00
3.5	0.1750	4.45	52.6	1630.60
4	0.2000	5.08	54.9	1701.90
4.5	0.2250	5.72	57	1767.00
5	0.2500	6.35	58.8	1822.80
5.5	0.2750	6.99	60.5	1875.50
6	0.3000	7.62	62.3	1931.30
6.5	0.3250	8.26	64.4	1996.40
7	0.3500	8.89	66	2046.00
7.5	0.3750	9.53	67.8	2101.80
8	0.4000	10.16	69.7	2160.70
8.5	0.4250	10.80	71.5	2216.50
9	0.4500	11.43	73.4	2275.40
9.5	0.4750	12.07	75.2	2331.20
10	0.5000	12.70	77	2387.00



Nilai CBR		
0,1"	45,260	%
0,2"	37,820	%
CBR Design	45,260	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7585	gram
Berat Cetakan	4164	gram
Berat Tanah Basah	3421	gram
Diameter	15,40	cm
Tinggi	17,84	cm
Volume	3849,464	cm ³
Berat Volume Tanah	0,889	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,778	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,73	13,10	12,94	13,04	12,62
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,69	35,68	35,74	35,59	35,52
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	32,03	32,07	32,24	31,90	31,90
Berat Air	gram	3,66	3,61	3,5	3,69	3,62
Berat Tanah Kering	gram	32,03	32,07	32,24	31,9	31,9
Kadar Air	%	11,427	11,257	10,856	11,567	11,348
Kadar Air Rata-rata	%	11,3		11,3		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



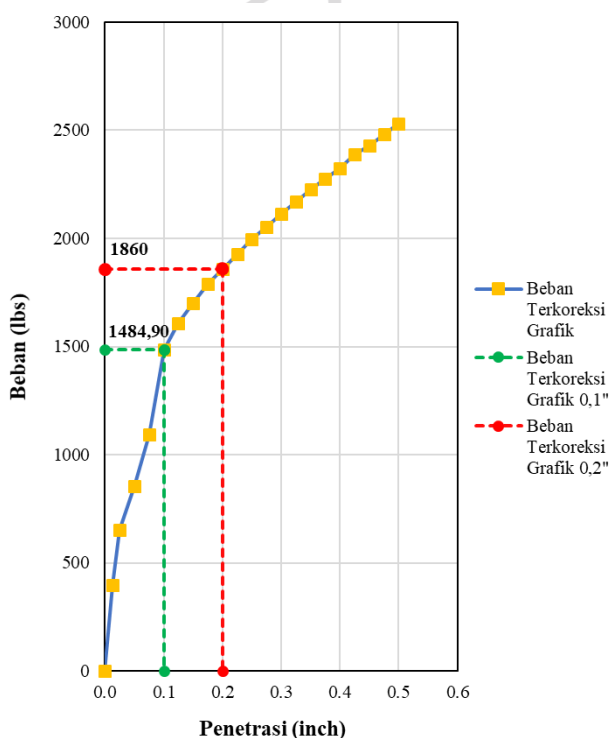
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	12.8	396.80
0.5	0.0250	0.64	21	651.00
1	0.0500	1.27	27.6	855.60
1.5	0.0750	1.91	35.3	1094.30
2	0.1000	2.54	47.9	1484.90
2.5	0.1250	3.18	51.8	1605.80
3	0.1500	3.81	54.8	1698.80
3.5	0.1750	4.45	57.7	1788.70
4	0.2000	5.08	60	1860.00
4.5	0.2250	5.72	62.2	1928.20
5	0.2500	6.35	64.4	1996.40
5.5	0.2750	6.99	66.2	2052.20
6	0.3000	7.62	68.2	2114.20
6.5	0.3250	8.26	70	2170.00
7	0.3500	8.89	71.8	2225.80
7.5	0.3750	9.53	73.4	2275.40
8	0.4000	10.16	75	2325.00
8.5	0.4250	10.80	77	2387.00
9	0.4500	11.43	78.4	2430.40
9.5	0.4750	12.07	80	2480.00
10	0.5000	12.70	81.6	2529.60



Nilai CBR		
0,1"	49,497	%
0,2"	41,333	%
CBR Design	49,497	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7720	gram
Berat Cetakan	4270	gram
Berat Tanah Basah	3450	gram
Diameter	15,22	cm
Tinggi	17,78	cm
Volume	3778,923	cm ³
Berat Volume Tanah	0,913	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,799	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,92	12,76	12,77	12,68	13,07
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,67	35,82	35,62	35,58	35,50
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,92	32,13	31,94	31,74	31,67
Berat Air	gram	3,75	3,69	3,68	3,84	3,83
Berat Tanah Kering	gram	31,92	32,13	31,94	31,74	31,67
Kadar Air	%	11,748	11,485	11,522	12,098	12,093
Kadar Air Rata-rata	%	11,6		11,9		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



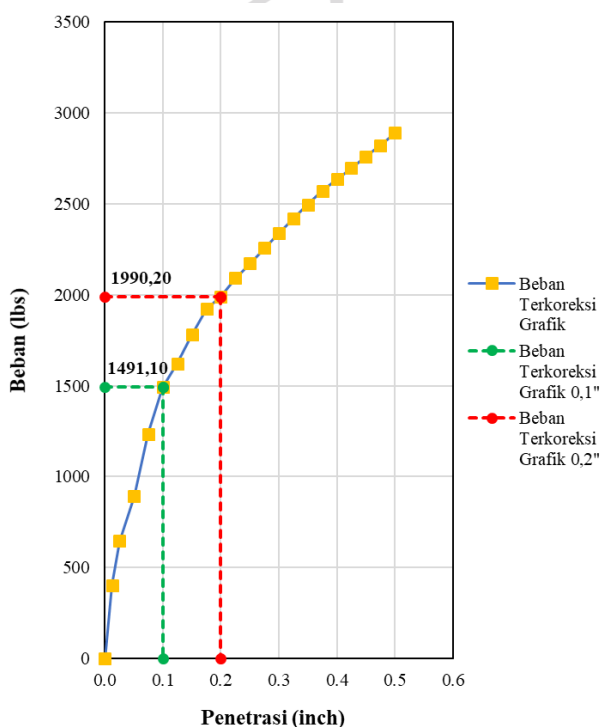
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 31 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	13	403.00
0.5	0.0250	0.64	20.9	647.90
1	0.0500	1.27	28.8	892.80
1.5	0.0750	1.91	39.8	1233.80
2	0.1000	2.54	48.1	1491.10
2.5	0.1250	3.18	52.3	1621.30
3	0.1500	3.81	57.4	1779.40
3.5	0.1750	4.45	62	1922.00
4	0.2000	5.08	64.2	1990.20
4.5	0.2250	5.72	67.5	2092.50
5	0.2500	6.35	70.1	2173.10
5.5	0.2750	6.99	72.8	2256.80
6	0.3000	7.62	75.4	2337.40
6.5	0.3250	8.26	78	2418.00
7	0.3500	8.89	80.5	2495.50
7.5	0.3750	9.53	82.9	2569.90
8	0.4000	10.16	85	2635.00
8.5	0.4250	10.80	87	2697.00
9	0.4500	11.43	89	2759.00
9.5	0.4750	12.07	91	2821.00
10	0.5000	12.70	93.2	2889.20



Nilai CBR		
0,1"	49,703	%
0,2"	44,227	%
CBR Design	49,703	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7140	gram
Berat Cetakan	3705	gram
Berat Tanah Basah	3435	gram
Diameter	15,33	cm
Tinggi	17,84	cm
Volume	3831,967	cm ³
Berat Volume Tanah	0,896	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,784	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	5,68	5,66	12,64	12,94	12,86
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,69	30,58	45,68	55,46	45,65
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	26,16	26,14	40,08	48,08	40,05
Berat Air	gram	4,53	4,44	5,60	7,38	5,60
Berat Tanah Kering	gram	26,16	26,14	40,08	48,08	40,05
Kadar Air	%	17,317	16,985	13,972	15,349	13,983
Kadar Air Rata-rata	%	17,2		14,4		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



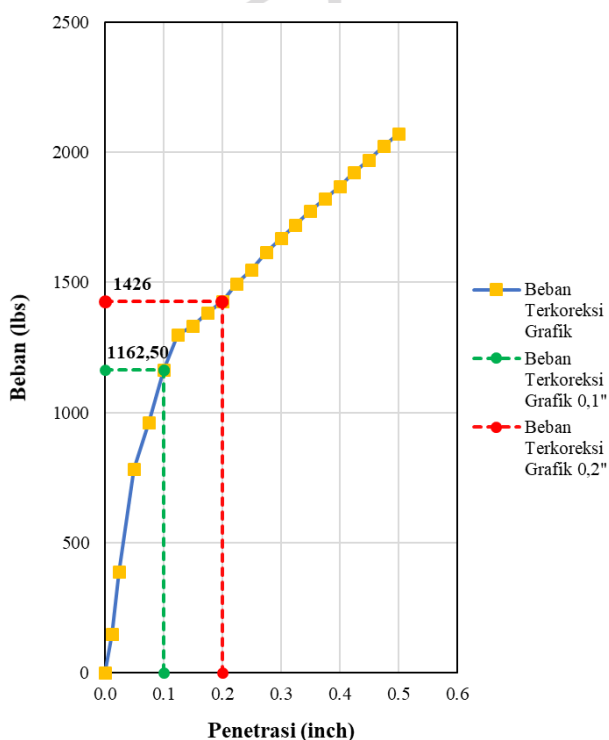
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	4.8	148.80
0.5	0.0250	0.64	12.5	387.50
1	0.0500	1.27	25.3	784.30
1.5	0.0750	1.91	31	961.00
2	0.1000	2.54	37.5	1162.50
2.5	0.1250	3.18	41.9	1298.90
3	0.1500	3.81	43	1333.00
3.5	0.1750	4.45	44.6	1382.60
4	0.2000	5.08	46	1426.00
4.5	0.2250	5.72	48.2	1494.20
5	0.2500	6.35	50	1550.00
5.5	0.2750	6.99	52.1	1615.10
6	0.3000	7.62	53.9	1670.90
6.5	0.3250	8.26	55.5	1720.50
7	0.3500	8.89	57.2	1773.20
7.5	0.3750	9.53	58.8	1822.80
8	0.4000	10.16	60.3	1869.30
8.5	0.4250	10.80	62	1922.00
9	0.4500	11.43	63.6	1971.60
9.5	0.4750	12.07	65.3	2024.30
10	0.5000	12.70	66.8	2070.80



Nilai CBR		
0,1''	38,750	%
0,2''	31,689	%
CBR Design	38,750	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7680	gram
Berat Cetakan	4185	gram
Berat Tanah Basah	3495	gram
Diameter	15,2	cm
Tinggi	17,8	cm
Volume	3782,452	cm ³
Berat Volume Tanah	0,924	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,808	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	6,83	5,75	12,98	12,97	12,65
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,65	30,31	45,34	45,52	45,55
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	26,29	25,79	39,89	39,99	40,23
Berat Air	gram	4,36	4,52	5,45	5,53	5,32
Berat Tanah Kering	gram	26,29	25,79	39,89	39,99	40,23
Kadar Air	%	16,584	17,526	13,663	13,828	13,224
Kadar Air Rata-rata	%	17,1		13,6		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



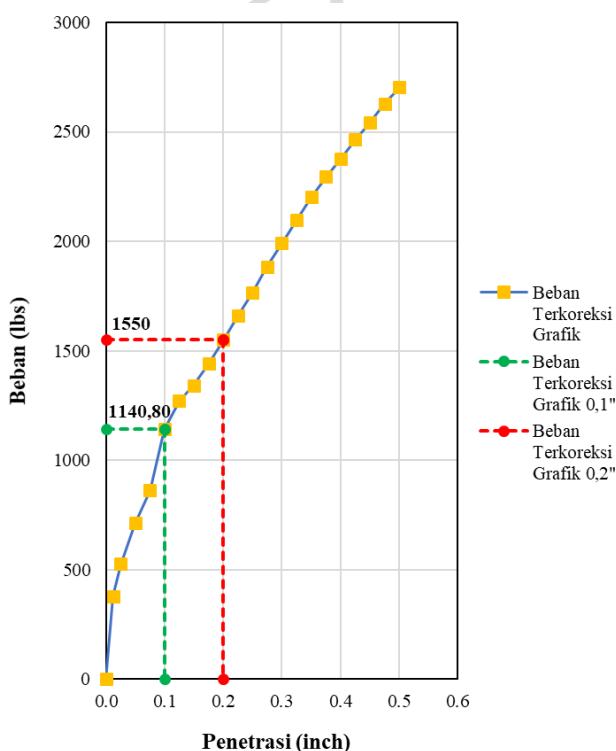
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	12.2	378.20
0.5	0.0250	0.64	17	527.00
1	0.0500	1.27	23	713.00
1.5	0.0750	1.91	27.8	861.80
2	0.1000	2.54	36.8	1140.80
2.5	0.1250	3.18	41	1271.00
3	0.1500	3.81	43.3	1342.30
3.5	0.1750	4.45	46.5	1441.50
4	0.2000	5.08	50	1550.00
4.5	0.2250	5.72	53.5	1658.50
5	0.2500	6.35	57	1767.00
5.5	0.2750	6.99	60.8	1884.80
6	0.3000	7.62	64.2	1990.20
6.5	0.3250	8.26	67.7	2098.70
7	0.3500	8.89	71	2201.00
7.5	0.3750	9.53	74	2294.00
8	0.4000	10.16	76.6	2374.60
8.5	0.4250	10.80	79.5	2464.50
9	0.4500	11.43	82	2542.00
9.5	0.4750	12.07	84.8	2628.80
10	0.5000	12.70	87.2	2703.20



Nilai CBR		
0,1"	38,027	%
0,2"	34,444	%
CBR Design	38,027	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
Tanggal : 8 November 2024
Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7800	gram
Berat Cetakan	4200	gram
Berat Tanah Basah	3600	gram
Diameter	15,19	cm
Tinggi	17,84	cm
Volume	3796,972	cm ³
Berat Volume Tanah	0,948	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,829	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	13,00	12,64	12,97	14,61	12,64
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,59	35,50	45,50	45,70	45,60
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,65	31,43	40,43	40,58	40,34
Berat Air	gram	3,94	4,07	5,07	5,12	5,26
Berat Tanah Kering	gram	31,65	31,43	40,43	40,58	40,34
Kadar Air	%	12,449	12,949	12,540	12,617	13,039
Kadar Air Rata-rata	%	12,7		12,7		

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



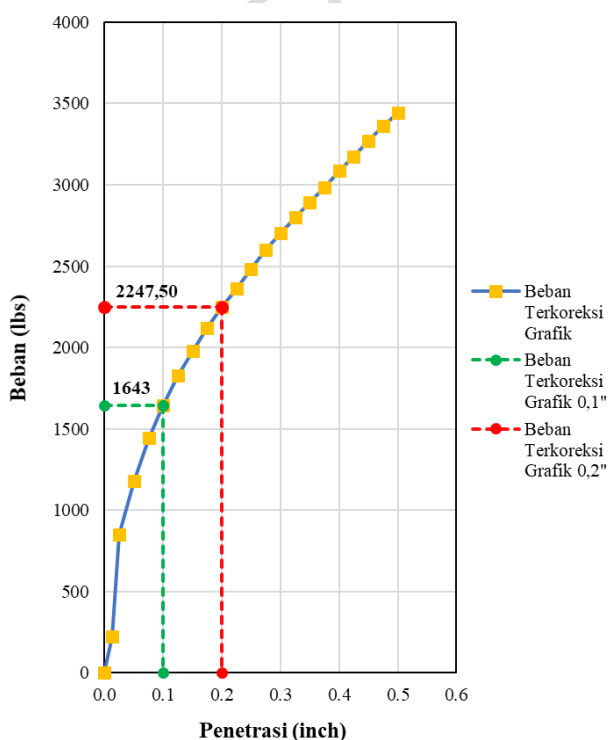
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	7.2	223.20
0.5	0.0250	0.64	27.5	852.50
1	0.0500	1.27	38	1178.00
1.5	0.0750	1.91	46.5	1441.50
2	0.1000	2.54	53	1643.00
2.5	0.1250	3.18	59	1829.00
3	0.1500	3.81	63.8	1977.80
3.5	0.1750	4.45	68.4	2120.40
4	0.2000	5.08	72.5	2247.50
4.5	0.2250	5.72	76.2	2362.20
5	0.2500	6.35	80.1	2483.10
5.5	0.2750	6.99	83.8	2597.80
6	0.3000	7.62	87.2	2703.20
6.5	0.3250	8.26	90.3	2799.30
7	0.3500	8.89	93.3	2892.30
7.5	0.3750	9.53	96.2	2982.20
8	0.4000	10.16	99.5	3084.50
8.5	0.4250	10.80	102.3	3171.30
9	0.4500	11.43	105.5	3270.50
9.5	0.4750	12.07	108.4	3360.40
10	0.5000	12.70	111	3441.00



Nilai CBR		
0,1"	54,767	%
0,2"	49,944	%
CBR Design	54,767	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7610	gram
Berat Cetakan	4060	gram
Berat Tanah Basah	3550	gram
Diameter	15,21	cm
Tinggi	17,82	cm
Volume	3793,451	cm ³
Berat Volume Tanah	0,936	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,819	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,70	12,82	13,07	12,97	12,60
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	34,42	35,61	45,44	45,82	45,48
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,16	31,58	40,61	40,78	40,26
Berat Air	gram	3,26	4,03	4,83	5,04	5,22
Berat Tanah Kering	gram	31,16	31,58	40,61	40,78	40,26
Kadar Air	%	10,462	12,761	11,894	12,359	12,966
Kadar Air Rata-rata	%	11,6		12,4		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



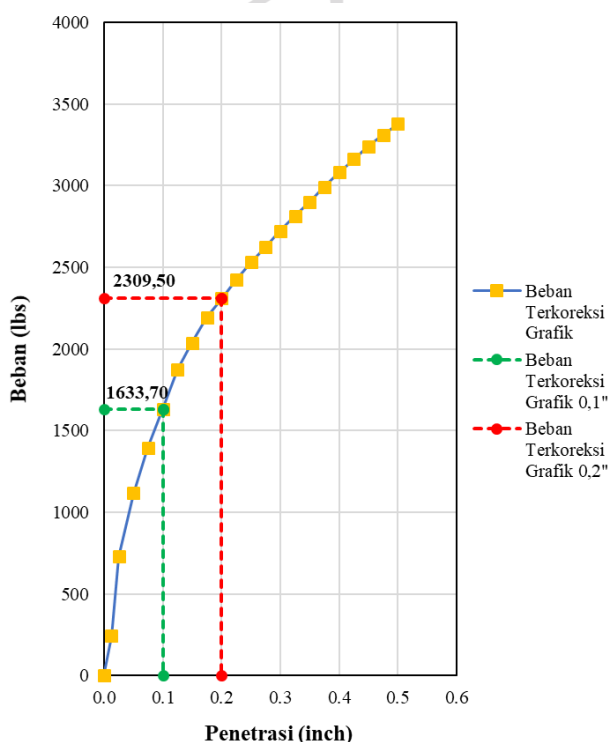
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	7.8	241.80
0.5	0.0250	0.64	23.5	728.50
1	0.0500	1.27	36	1116.00
1.5	0.0750	1.91	45	1395.00
2	0.1000	2.54	52.7	1633.70
2.5	0.1250	3.18	60.5	1875.50
3	0.1500	3.81	65.7	2036.70
3.5	0.1750	4.45	70.8	2194.80
4	0.2000	5.08	74.5	2309.50
4.5	0.2250	5.72	78.2	2424.20
5	0.2500	6.35	81.6	2529.60
5.5	0.2750	6.99	84.7	2625.70
6	0.3000	7.62	87.8	2721.80
6.5	0.3250	8.26	90.8	2814.80
7	0.3500	8.89	93.6	2901.60
7.5	0.3750	9.53	96.5	2991.50
8	0.4000	10.16	99.4	3081.40
8.5	0.4250	10.80	102	3162.00
9	0.4500	11.43	104.5	3239.50
9.5	0.4750	12.07	106.8	3310.80
10	0.5000	12.70	109	3379.00



Nilai CBR		
0,1"	54,457	%
0,2"	51,322	%
CBR Design	54,457	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7750	gram
Berat Cetakan	4255	gram
Berat Tanah Basah	3495	gram
Diameter	15,25	cm
Tinggi	17,83	cm
Volume	3807,697	cm ³
Berat Volume Tanah	0,918	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,803	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,71	12,88	12,77	12,94	12,85
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,42	35,58	45,73	45,62	45,51
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,52	31,79	40,89	40,89	40,61
Berat Air	gram	3,9	3,79	4,84	4,73	4,90
Berat Tanah Kering	gram	31,52	31,79	40,89	40,89	40,61
Kadar Air	%	12,373	11,922	11,837	11,568	12,066
Kadar Air Rata-rata	%	12,1		11,8		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



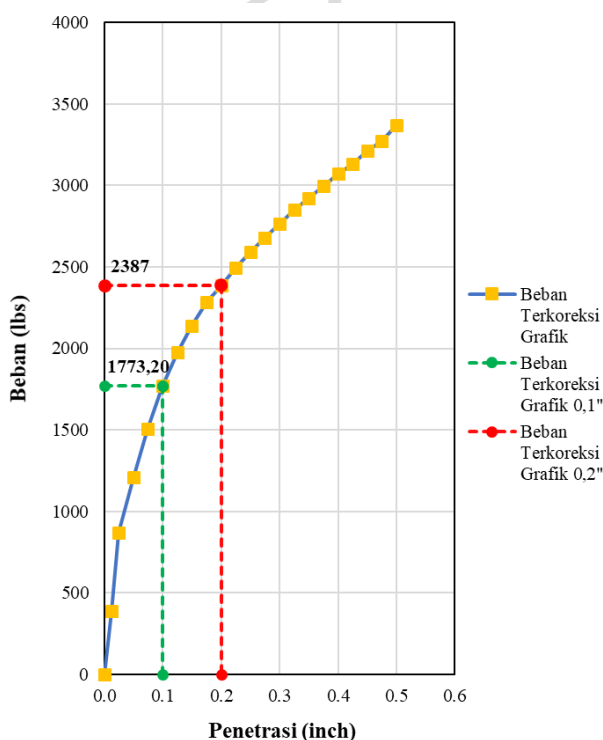
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	12.5	387.50
0.5	0.0250	0.64	28	868.00
1	0.0500	1.27	39	1209.00
1.5	0.0750	1.91	48.5	1503.50
2	0.1000	2.54	57.2	1773.20
2.5	0.1250	3.18	63.8	1977.80
3	0.1500	3.81	69	2139.00
3.5	0.1750	4.45	73.6	2281.60
4	0.2000	5.08	77	2387.00
4.5	0.2250	5.72	80.5	2495.50
5	0.2500	6.35	83.6	2591.60
5.5	0.2750	6.99	86.3	2675.30
6	0.3000	7.62	89.2	2765.20
6.5	0.3250	8.26	92	2852.00
7	0.3500	8.89	94.2	2920.20
7.5	0.3750	9.53	96.6	2994.60
8	0.4000	10.16	99	3069.00
8.5	0.4250	10.80	101	3131.00
9	0.4500	11.43	103.6	3211.60
9.5	0.4750	12.07	105.5	3270.50
10	0.5000	12.70	108.7	3369.70



Nilai CBR		
0,1"	59,107	%
0,2"	53,044	%
CBR Design	59,107	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7615	gram
Berat Cetakan	4142	gram
Berat Tanah Basah	3473	gram
Diameter	15,20	cm
Tinggi	17,83	cm
Volume	3795,213	cm ³
Berat Volume Tanah	0,915	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,801	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	13,03	12,98	13,04	12,93	13,00
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,68	35,76	45,76	45,68	45,61
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,75	31,92	40,88	40,75	40,72
Berat Air	gram	3,93	3,84	4,88	4,93	4,89
Berat Tanah Kering	gram	31,75	31,92	40,88	40,75	40,72
Kadar Air	%	12,378	12,030	11,937	12,098	12,009
Kadar Air Rata-rata	%	12,2		12		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



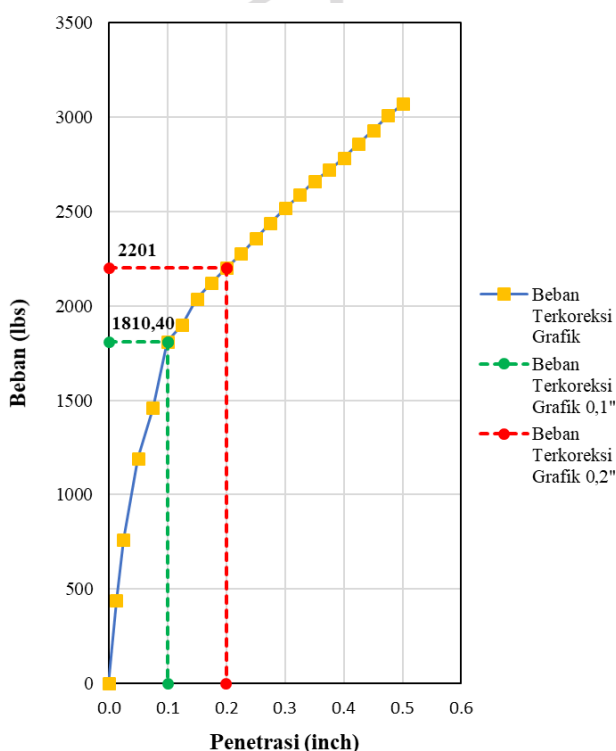
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 8 November 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	14.2	440.20
0.5	0.0250	0.64	24.6	762.60
1	0.0500	1.27	38.5	1193.50
1.5	0.0750	1.91	47.1	1460.10
2	0.1000	2.54	58.4	1810.40
2.5	0.1250	3.18	61.3	1900.30
3	0.1500	3.81	65.7	2036.70
3.5	0.1750	4.45	68.5	2123.50
4	0.2000	5.08	71	2201.00
4.5	0.2250	5.72	73.4	2275.40
5	0.2500	6.35	76	2356.00
5.5	0.2750	6.99	78.7	2439.70
6	0.3000	7.62	81.2	2517.20
6.5	0.3250	8.26	83.5	2588.50
7	0.3500	8.89	85.8	2659.80
7.5	0.3750	9.53	87.7	2718.70
8	0.4000	10.16	89.8	2783.80
8.5	0.4250	10.80	92.2	2858.20
9	0.4500	11.43	94.5	2929.50
9.5	0.4750	12.07	97	3007.00
10	0.5000	12.70	99	3069.00



Nilai CBR		
0,1"	60,347	%
0,2"	48,911	%
CBR Design	60,347	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	6745	gram
Berat Cetakan	3445	gram
Berat Tanah Basah	3300	gram
Diameter	15,32	cm
Tinggi	17,70	cm
Volume	3769,599	cm ³
Berat Volume Tanah	0,875	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,783	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,71	13,06	13,01	12,65	12,70
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,20	30,27	36,77	36,82	36,63
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	26,11	26,23	29,43	29,62	29,43
Berat Air	gram	4,09	4,04	7,34	7,20	7,20
Berat Tanah Kering	gram	26,11	26,23	29,43	29,62	29,43
Kadar Air	%	15,664	15,402	24,941	24,308	24,465
Kadar Air Rata-rata	%	15,5		24,6		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



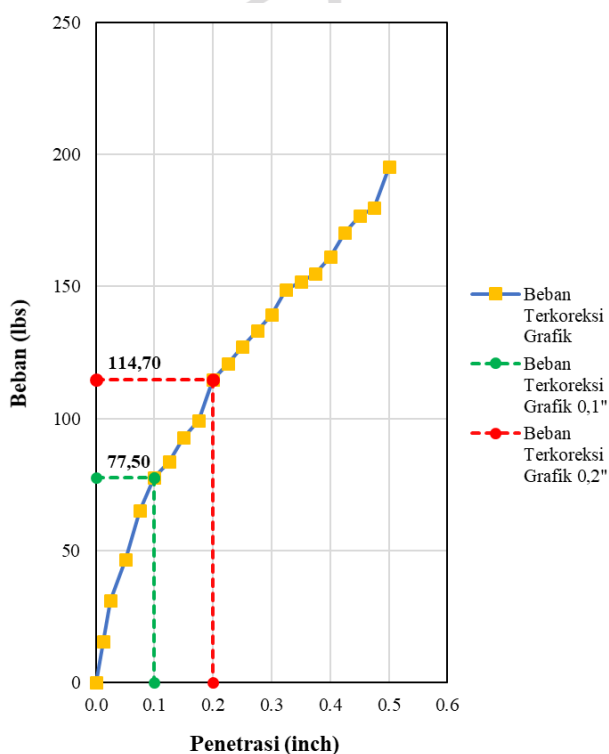
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	0.5	15.50
0.5	0.0250	0.64	1	31.00
1	0.0500	1.27	1.5	46.50
1.5	0.0750	1.91	2.1	65.10
2	0.1000	2.54	2.5	77.50
2.5	0.1250	3.18	2.7	83.70
3	0.1500	3.81	3	93.00
3.5	0.1750	4.45	3.2	99.20
4	0.2000	5.08	3.7	114.70
4.5	0.2250	5.72	3.9	120.90
5	0.2500	6.35	4.1	127.10
5.5	0.2750	6.99	4.3	133.30
6	0.3000	7.62	4.5	139.50
6.5	0.3250	8.26	4.8	148.80
7	0.3500	8.89	4.9	151.90
7.5	0.3750	9.53	5	155.00
8	0.4000	10.16	5.2	161.20
8.5	0.4250	10.80	5.5	170.50
9	0.4500	11.43	5.7	176.70
9.5	0.4750	12.07	5.8	179.80
10	0.5000	12.70	6.3	195.30



Nilai CBR		
0,1"	2,583	%
0,2"	2,549	%
CBR Design	2,583	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	6672	gram
Berat Cetakan	3398	gram
Berat Tanah Basah	3274	gram
Diameter	15,26	cm
Tinggi	17,68	cm
Volume	3746,355	cm ³
Berat Volume Tanah	0,874	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,782	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,82	12,76	12,88	12,71	12,82
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,69	30,52	36,61	36,96	36,60
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	26,45	26,30	29,10	29,52	29,90
Berat Air	gram	4,24	4,22	7,51	7,44	6,70
Berat Tanah Kering	gram	26,45	26,30	29,10	29,52	29,90
Kadar Air	%	16,030	16,046	25,808	25,203	22,408
Kadar Air Rata-rata	%	16		24,5		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



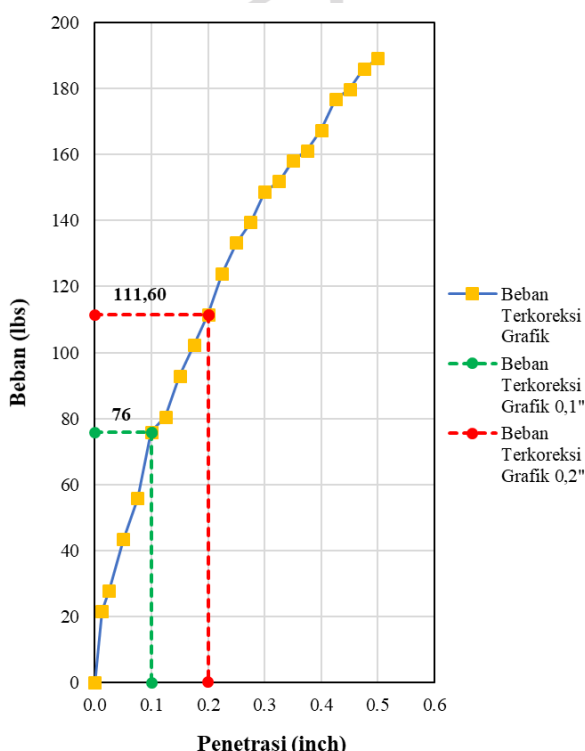
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	0.7	21.70
0.5	0.0250	0.64	0.9	27.90
1	0.0500	1.27	1.4	43.40
1.5	0.0750	1.91	1.8	55.80
2	0.1000	2.54	2.4	74.40
2.5	0.1250	3.18	2.6	80.60
3	0.1500	3.81	3	93.00
3.5	0.1750	4.45	3.3	102.30
4	0.2000	5.08	3.6	111.6
4.5	0.2250	5.72	4	124.00
5	0.2500	6.35	4.3	133.30
5.5	0.2750	6.99	4.5	139.50
6	0.3000	7.62	4.8	148.80
6.5	0.3250	8.26	4.9	151.90
7	0.3500	8.89	5.1	158.10
7.5	0.3750	9.53	5.2	161.20
8	0.4000	10.16	5.4	167.40
8.5	0.4250	10.80	5.7	176.70
9	0.4500	11.43	5.8	179.80
9.5	0.4750	12.07	6	186.00
10	0.5000	12.70	6.1	189.10



Nilai CBR		
0,1"	2,533	%
0,2"	2,480	%
CBR Design	2,533	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	6635	gram
Berat Cetakan	3345	gram
Berat Tanah Basah	3290	gram
Diameter	15,27	cm
Tinggi	17,72	cm
Volume	3765,792	cm ³
Berat Volume Tanah	0,874	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,764	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	13,04	12,76	13,01	12,97	13,06
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,38	35,57	40,85	40,51	40,65
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,06	31,19	32,41	33,36	32,65
Berat Air	gram	4,32	4,38	8,44	7,15	8,00
Berat Tanah Kering	gram	31,06	31,19	32,41	33,36	32,65
Kadar Air	%	13,909	14,043	26,041	21,433	24,502
Kadar Air Rata-rata	%	14		24		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



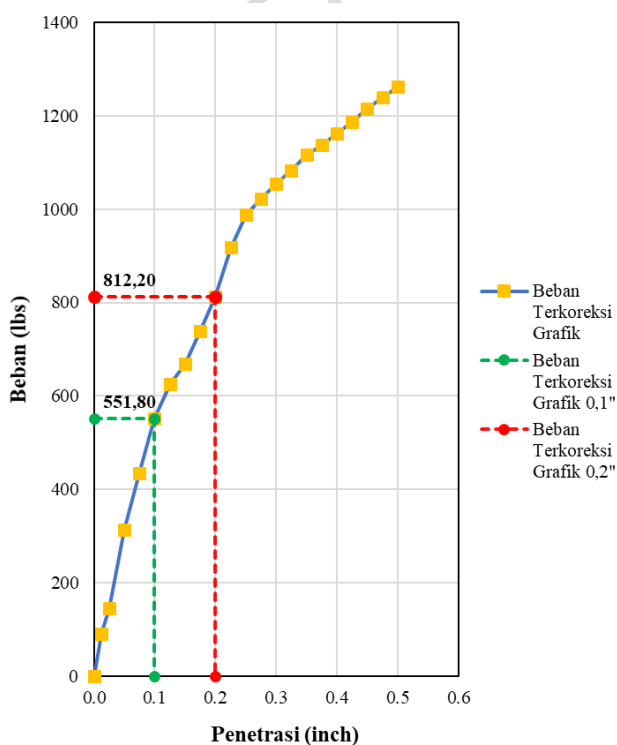
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	2.9	89.90
0.5	0.0250	0.64	4.7	145.70
1	0.0500	1.27	10.1	313.10
1.5	0.0750	1.91	14	434.00
2	0.1000	2.54	17.8	551.80
2.5	0.1250	3.18	20.2	626.20
3	0.1500	3.81	21.6	669.60
3.5	0.1750	4.45	23.8	737.80
4	0.2000	5.08	26.2	812.20
4.5	0.2250	5.72	29.6	917.60
5	0.2500	6.35	31.9	988.90
5.5	0.2750	6.99	33	1023.00
6	0.3000	7.62	34	1054.00
6.5	0.3250	8.26	34.9	1081.90
7	0.3500	8.89	36	1116.00
7.5	0.3750	9.53	36.7	1137.70
8	0.4000	10.16	37.5	1162.50
8.5	0.4250	10.80	38.3	1187.30
9	0.4500	11.43	39.2	1215.20
9.5	0.4750	12.07	40	1240.00
10	0.5000	12.70	40.7	1261.70



Nilai CBR		
0,1"	18,393	%
0,2"	18,049	%
CBR Design	18,393	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7210	gram
Berat Cetakan	3782	gram
Berat Tanah Basah	3428	gram
Diameter	15,28	cm
Tinggi	17,78	cm
Volume	3793,820	cm ³
Berat Volume Tanah	0,904	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,790	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,76	8,86	12,66	12,92	12,74
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	35,61	35,61	40,68	40,56	40,80
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	31,47	30,66	32,07	33,27	30,54
Berat Air	gram	4,14	4,95	8,61	7,29	10,26
Berat Tanah Kering	gram	31,47	30,66	32,07	33,27	30,54
Kadar Air	%	13,155	16,145	26,848	21,912	33,595
Kadar Air Rata-rata	%	14,7		27,5		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



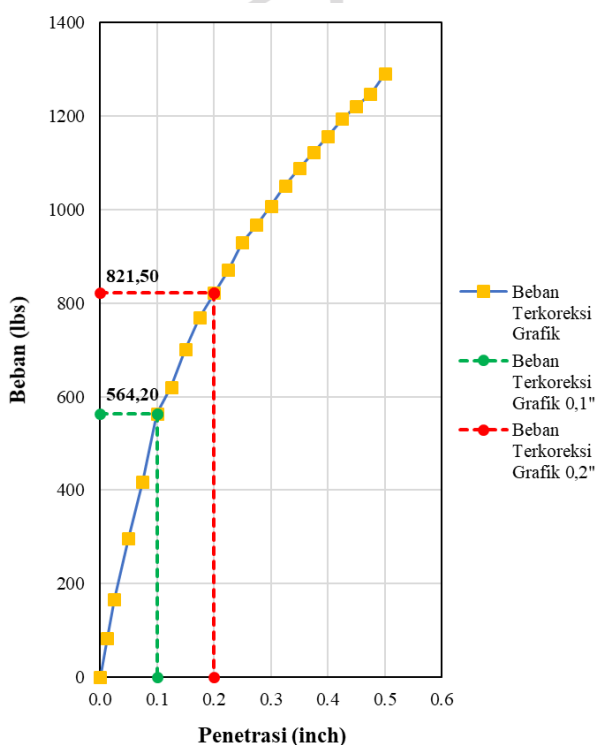
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 28 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	2.7	83.70
0.5	0.0250	0.64	5.4	167.40
1	0.0500	1.27	9.6	297.60
1.5	0.0750	1.91	13.5	418.50
2	0.1000	2.54	18.2	564.20
2.5	0.1250	3.18	20	620.00
3	0.1500	3.81	22.6	700.60
3.5	0.1750	4.45	24.8	768.80
4	0.2000	5.08	26.5	821.50
4.5	0.2250	5.72	28.1	871.10
5	0.2500	6.35	30	930.00
5.5	0.2750	6.99	31.2	967.20
6	0.3000	7.62	32.5	1007.50
6.5	0.3250	8.26	33.9	1050.90
7	0.3500	8.89	35.1	1088.10
7.5	0.3750	9.53	36.2	1122.20
8	0.4000	10.16	37.3	1156.30
8.5	0.4250	10.80	38.5	1193.50
9	0.4500	11.43	39.4	1221.40
9.5	0.4750	12.07	40.2	1246.20
10	0.5000	12.70	41.6	1289.60



Nilai CBR		
0,1"	18,807	%
0,2"	18,256	%
CBR Design	18,807	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7075	gram
Berat Cetakan	3660	gram
Berat Tanah Basah	3415	gram
Diameter	15,75	cm
Tinggi	17,80	cm
Volume	3919,317	cm ³
Berat Volume Tanah	0,871	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,762	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,71	13,06	12,81	12,90	13,30
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,88	30,74	40,66	40,79	40,76
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	27,74	27,56	32,28	33,60	33,99
Berat Air	gram	3,14	3,18	8,38	7,19	6,77
Berat Tanah Kering	gram	27,74	27,56	32,28	33,60	33,99
Kadar Air	%	11,319	11,538	25,960	21,399	19,918
Kadar Air Rata-rata	%	11,4		22,4		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



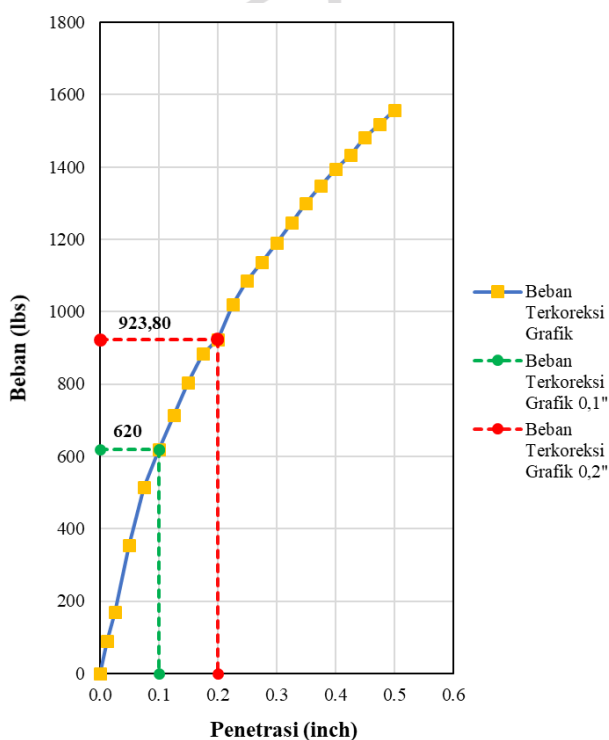
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	2.9	89.90
0.5	0.0250	0.64	5.5	170.50
1	0.0500	1.27	11.4	353.40
1.5	0.0750	1.91	16.6	514.60
2	0.1000	2.54	20	620.00
2.5	0.1250	3.18	23	713.00
3	0.1500	3.81	25.9	802.90
3.5	0.1750	4.45	28.5	883.50
4	0.2000	5.08	29.8	923.80
4.5	0.2250	5.72	32.9	1019.90
5	0.2500	6.35	35	1085.00
5.5	0.2750	6.99	36.7	1137.70
6	0.3000	7.62	38.4	1190.40
6.5	0.3250	8.26	40.2	1246.20
7	0.3500	8.89	41.9	1298.90
7.5	0.3750	9.53	43.5	1348.50
8	0.4000	10.16	45	1395.00
8.5	0.4250	10.80	46.2	1432.20
9	0.4500	11.43	47.8	1481.80
9.5	0.4750	12.07	49	1519.00
10	0.5000	12.70	50.2	1556.20



Nilai CBR		
0,1"	20,667	%
0,2"	20,529	%
CBR Design	20,667	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	6980	gram
Berat Cetakan	3520	gram
Berat Tanah Basah	3460	gram
Diameter	15,25	cm
Tinggi	17,73	cm
Volume	3765,106	cm ³
Berat Volume Tanah	0,919	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,804	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,82	12,74	12,97	12,68	12,76
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,62	30,80	40,73	40,70	40,78
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	27,47	27,98	32,65	33,80	34,30
Berat Air	gram	3,15	2,82	8,08	6,90	6,48
Berat Tanah Kering	gram	27,47	27,98	32,65	33,80	34,30
Kadar Air	%	11,467	10,079	24,747	20,414	18,892
Kadar Air Rata-rata	%	10,8		21,4		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



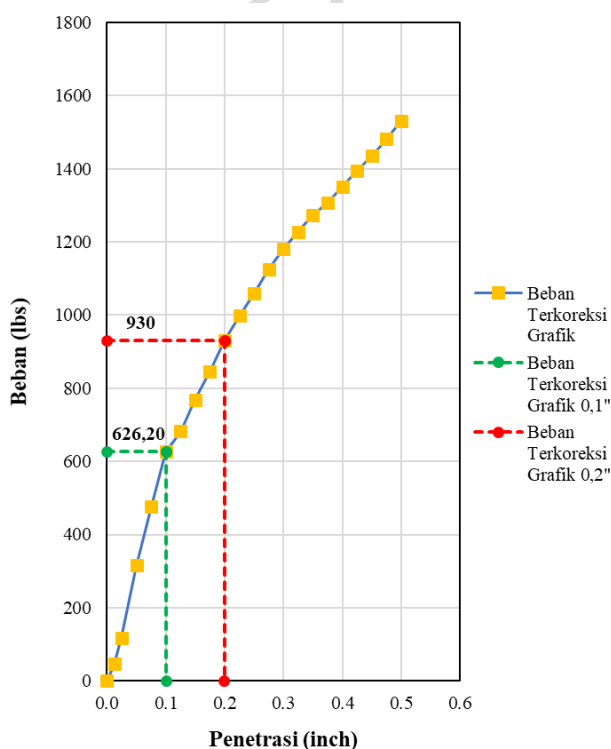
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	1.5	46.50
0.5	0.0250	0.64	3.8	117.80
1	0.0500	1.27	10.2	316.20
1.5	0.0750	1.91	15.4	477.40
2	0.1000	2.54	20.2	626.20
2.5	0.1250	3.18	22	682.00
3	0.1500	3.81	24.8	768.80
3.5	0.1750	4.45	27.3	846.30
4	0.2000	5.08	30	930.00
4.5	0.2250	5.72	32.2	998.20
5	0.2500	6.35	34.2	1060.20
5.5	0.2750	6.99	36.3	1125.30
6	0.3000	7.62	38.1	1181.10
6.5	0.3250	8.26	39.6	1227.60
7	0.3500	8.89	41.1	1274.10
7.5	0.3750	9.53	42.2	1308.20
8	0.4000	10.16	43.6	1351.60
8.5	0.4250	10.80	45	1395.00
9	0.4500	11.43	46.3	1435.30
9.5	0.4750	12.07	47.8	1481.80
10	0.5000	12.70	49.4	1531.40



Nilai CBR		
0,1''	20,873	%
0,2''	20,667	%
CBR Design	20,873	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 1	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	7045	gram
Berat Cetakan	3585	gram
Berat Tanah Basah	3460	gram
Diameter	15,70	cm
Tinggi	17,70	cm
Volume	3863,101	cm ³
Berat Volume Tanah	0,896	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,784	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	13,04	12,76	12,76	12,66	12,87
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,8	30,67	40,85	40,68	40,67
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	26,42	27,27	32,82	33,42	33,43
Berat Air	gram	4,38	3,40	8,03	7,26	7,24
Berat Tanah Kering	gram	26,42	27,27	32,82	33,42	33,43
Kadar Air	%	16,578	12,468	24,467	21,724	21,657
Kadar Air Rata-rata	%	14,5		22,6		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



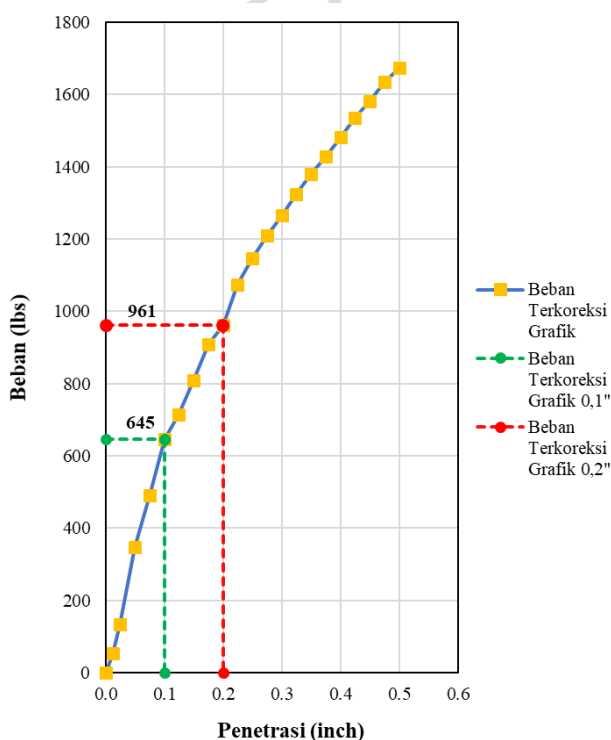
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	1.7	52.70
0.5	0.0250	0.64	4.3	133.30
1	0.0500	1.27	11.2	347.20
1.5	0.0750	1.91	15.8	489.80
2	0.1000	2.54	20.6	638.60
2.5	0.1250	3.18	23	713.00
3	0.1500	3.81	26.1	809.10
3.5	0.1750	4.45	29.3	908.30
4	0.2000	5.08	31	961.00
4.5	0.2250	5.72	34.6	1072.60
5	0.2500	6.35	37	1147.00
5.5	0.2750	6.99	39	1209.00
6	0.3000	7.62	40.8	1264.80
6.5	0.3250	8.26	42.7	1323.70
7	0.3500	8.89	44.5	1379.50
7.5	0.3750	9.53	46.1	1429.10
8	0.4000	10.16	47.8	1481.80
8.5	0.4250	10.80	49.5	1534.50
9	0.4500	11.43	51	1581.00
9.5	0.4750	12.07	52.7	1633.70
10	0.5000	12.70	54	1674.00



Nilai CBR		
0,1"	21,500	%
0,2"	21,356	%
CBR Design	21,500	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Berat Volume Tanah		
Uraian	Sampel 2	Satuan
Berat Tanah + Cetakan	6905	gram
Berat Cetakan	3398	gram
Berat Tanah Basah	3507	gram
Diameter	15,28	cm
Tinggi	17,66	cm
Volume	3742,783	cm ³
Berat Volume Tanah	0,937	gr/cm ³
Berat Volume Tanah Kering	0,820	gr/cm ³
Kalibrasi Alat	31	lbs

Kadar Air						
Uraian	Satuan	Sebelum		Sesudah		
		1	2	1	2	3
Berat Cawan	gram	12,77	8,86	13,03	13,00	12,67
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	30,67	30,82	40,52	40,64	40,47
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	27,29	26,61	32,29	33,60	33,91
Berat Air	gram	3,38	4,21	8,23	7,04	6,56
Berat Tanah Kering	gram	27,29	26,61	32,29	33,60	33,91
Kadar Air	%	12,385	15,821	25,488	20,952	19,345
Kadar Air Rata-rata	%	14,1		21,9		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



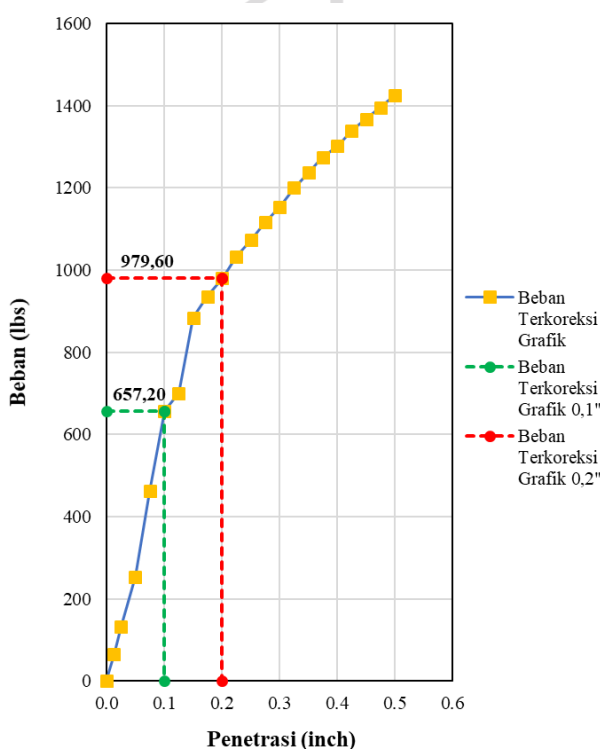
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
SNI 1744:2012

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Perendaman 4 Hari)

Waktu	Penetrasi		Pembacaan Dial Beban	Beban
(mm)	(inch)	(mm)	(div)	(lbs)
0	0.0000	0.00	0	0.00
0.25	0.0125	0.32	2.1	65.10
0.5	0.0250	0.64	4.3	133.30
1	0.0500	1.27	8.2	254.20
1.5	0.0750	1.91	14.9	461.90
2	0.1000	2.54	21.2	657.20
2.5	0.1250	3.18	22.6	700.60
3	0.1500	3.81	28.5	883.50
3.5	0.1750	4.45	30.2	936.20
4	0.2000	5.08	31.6	979.60
4.5	0.2250	5.72	33.3	1032.30
5	0.2500	6.35	34.6	1072.60
5.5	0.2750	6.99	36	1116.00
6	0.3000	7.62	37.2	1153.20
6.5	0.3250	8.26	38.7	1199.70
7	0.3500	8.89	39.9	1236.90
7.5	0.3750	9.53	41.1	1274.10
8	0.4000	10.16	42	1302.00
8.5	0.4250	10.80	43.2	1339.20
9	0.4500	11.43	44.1	1367.10
9.5	0.4750	12.07	45	1395.00
10	0.5000	12.70	46	1426.00



Nilai CBR		
0,1"	21,907	%
0,2"	21,769	%
CBR Design	21,907	%

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 29 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	12,66	12,72	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	29,67	29,53	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	27,79	27,64	gram
Berat Tanah Basah (W)	17,01	16,81	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	15,13	14,92	gram
Berat Air (Ww)	1,88	1,89	gram
Kadar Air (w)	12,426	12,668	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,547		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	148,94	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,72	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	10,84	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	82,38	cm ³
Kadar Air (w)	12,55	%
Berat Isi Tanah basah	1,808	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,606	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	6,5	3,289	0.526	0.302
80	12	6,072	1.053	0.554
120	20	10,12	1.579	0.919
160	28	14,168	2.105	1.280
200	35,5	17,963	2.632	1.614
240	41,5	20,999	3.158	1.876
280	46	23,276	3.684	2.068
320	49,5	25,047	4.211	2.213
360	50,5	25,553	4.737	2.246
400	47	23,782	5.263	2.079
440	40	20,24	5.789	1.759
480	33	16,698	6.316	1.443

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

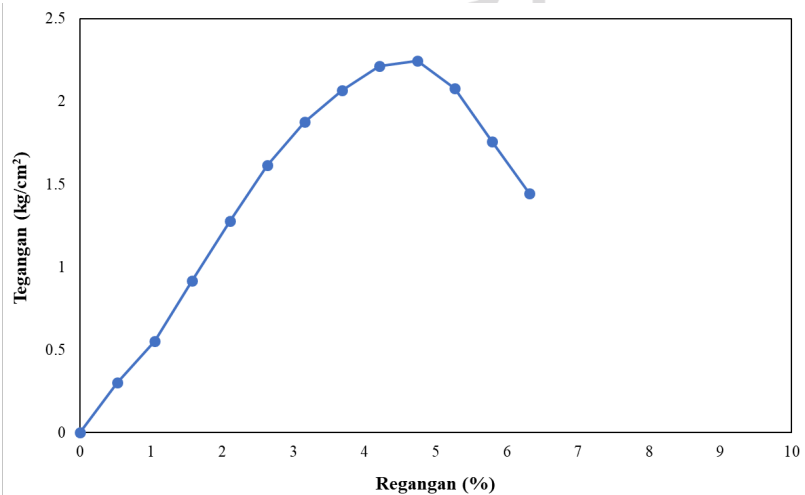
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Uraian		
q_u	2,246	kg/cm^2
c	0,757	kg/cm^2
α	56	°
φ	22	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	12.63	12.81	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	29.77	29.79	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	27.81	27.66	gram
Berat Tanah Basah (W)	17.14	16.98	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	15.18	14.85	gram
Berat Air (Ww)	1.96	2.13	gram
Kadar Air (w)	12.912	14.343	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	13,628		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	148,59	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,72	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	10,869	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	82,602	cm ³
Kadar Air (w)	13,628	%
Berat Isi Tanah basah	1,799	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,583	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	9,5	4,807	0.526	0.440
80	17	8,602	1.053	0.783
120	24	12,144	1.579	1.100
160	32	16,192	2.105	1.458
200	39,5	19,987	2.632	1.791
240	48	24,288	3.158	2.164
280	54	27,324	3.684	2.421
320	58	29,348	4.211	2.587
360	60	30,36	4.737	2.661
400	60,5	30,613	5.263	2.668
440	57	28,842	5.789	2.500
480	49	24,794	6.316	2.137

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

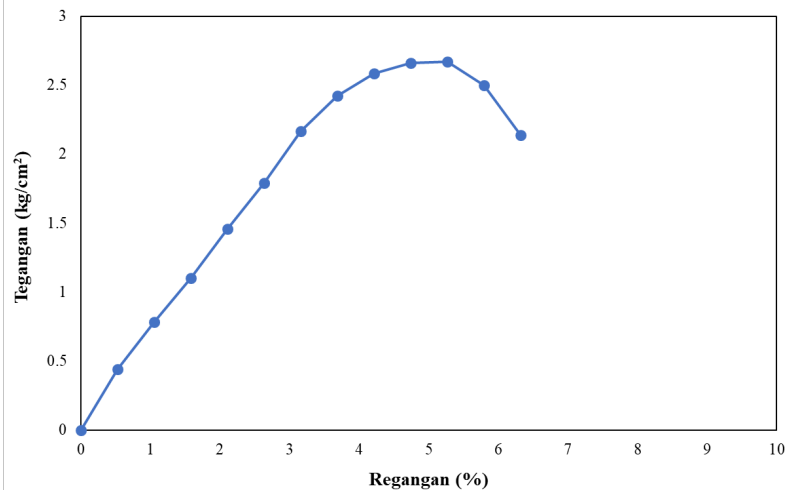
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 3 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2



Uraian		
q_u	2,668	kg/cm ²
c	0,934	kg/cm ²
α	55	°
φ	20	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,66	5,65	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,78	20,64	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19,11	19,00	gram
Berat Tanah Basah (W)	15,12	14,99	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,45	13,35	gram
Berat Air (Ww)	1,67	1,64	gram
Kadar Air (w)	12,416	12,285	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,351		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	149,42	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,76	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,104	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	84,388	cm ³
Kadar Air (w)	12,351	%
Berat Isi Tanah basah	1,771	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,576	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	24,5	12,397	0,526	1,111
80	37	18,722	1,053	1,668
120	52,5	26,565	1,579	2,355
160	64	32,384	2,105	2,855
200	75,5	38,203	2,632	3,350
240	68	34,408	3,158	3,001

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

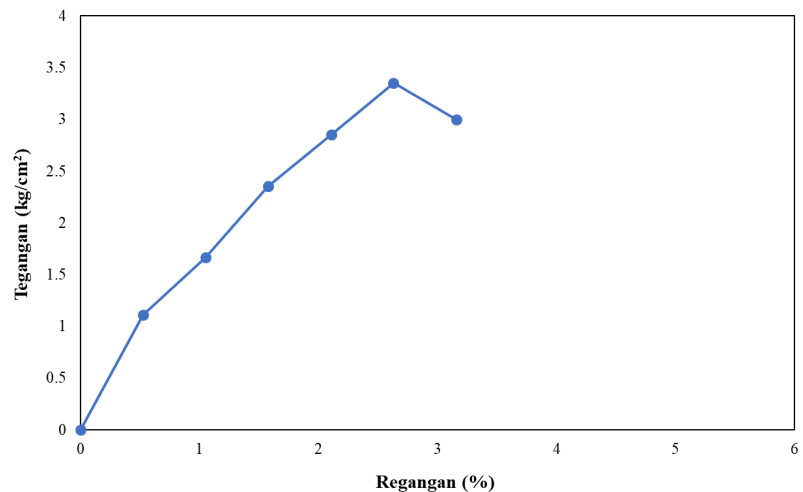
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)



Uraian		
q_u	3,350	kg/cm ²
c	1,047	kg/cm ²
α	58	°
φ	26	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5.61	5.64	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20.79	20.66	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19.10	19.01	gram
Berat Tanah Basah (W)	15.18	15.02	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13.49	13.37	gram
Berat Air (Ww)	1.69	1.65	gram
Kadar Air (w)	12.528	12.341	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,434		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	149,14	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,79	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,58	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,282	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	85,514	cm ³
Kadar Air (w)	12,434	%
Berat Isi Tanah basah	1,744	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,551	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	25,5	12,903	0,528	1,138
80	43	21,758	1,055	1,908
120	58	29,348	1,583	2,560
160	69	34,914	2,111	3,029
200	77	38,962	2,639	3,362
240	71	35,926	3,166	3,084
280	65	32,890	3,694	2,808

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

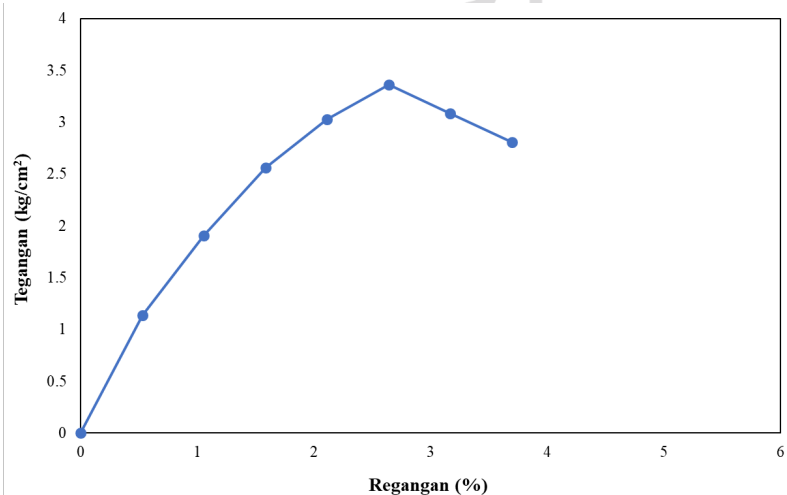
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)



Uraian		
q_u	3,362	kg/cm ²
c	1,010	kg/cm ²
α	59	°
ϕ	28	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,66	5,66	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,71	20,67	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19,08	19,06	gram
Berat Tanah Basah (W)	15,05	15,01	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,42	13,40	gram
Berat Air (Ww)	1,63	1,61	gram
Kadar Air (w)	12,146	12,015	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,080		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	149,33	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,75	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,045	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	83,939	cm ³
Kadar Air (w)	12,080	%
Berat Isi Tanah basah	1,779	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,587	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mm

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	35,5	17,963	0,526	1,618
80	57	28,842	1,053	2,584
120	66	33,396	1,579	2,976
160	72	36,432	2,105	3,229
200	78,5	39,721	2,632	3,502
240	81	40,986	3,158	3,594
280	86	43,516	3,684	3,795
320	75	37,950	4,211	3,291
360	67	33,902	4,737	2,924

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

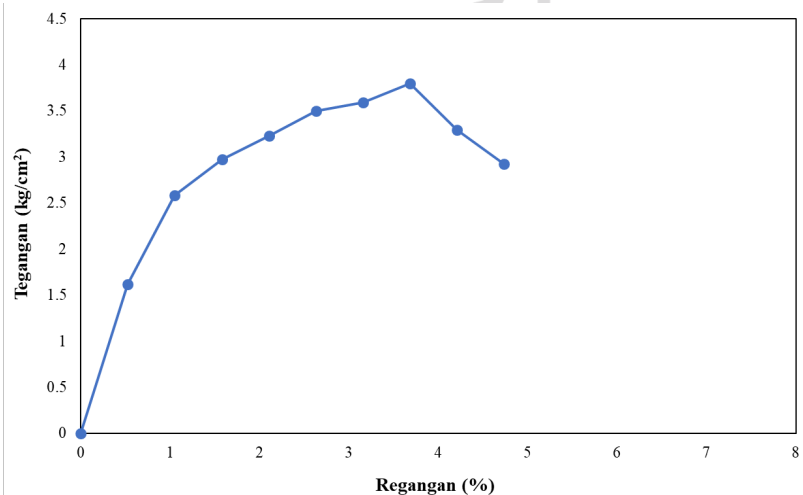
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)



Uraian		
q_u	3,795	kg/cm ²
c	1,140	kg/cm ²
α	59	°
φ	28	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,52	5,72	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,78	20,69	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19,10	19,04	gram
Berat Tanah Basah (W)	15,26	14,97	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,58	13,32	gram
Berat Air (Ww)	1,68	1,65	gram
Kadar Air (w)	12,371	12,387	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,379		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	148,71	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,76	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,61	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,104	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	84,499	cm ³
Kadar Air (w)	12,379	%
Berat Isi Tanah basah	1,760	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,566	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	37	18,722	0,526	1,677
80	56,5	28,589	1,051	2,548
120	68	34,408	1,577	3,050
160	74	37,444	2,102	3,301
200	80	40,480	2,628	3,550
240	85	43,010	3,154	3,751
280	77,5	39,215	3,679	3,402
320	69	34,914	4,205	3,012

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

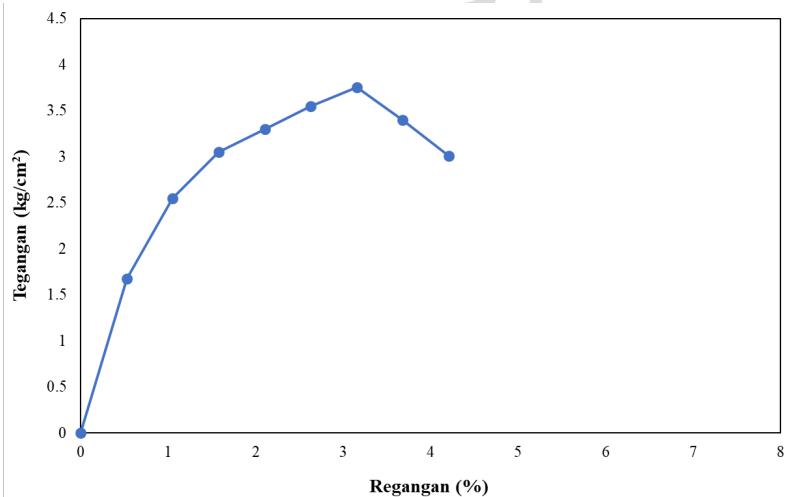
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)



Uraian		
q_u	3,751	kg/cm ²
c	1,127	kg/cm ²
α	59	°
ϕ	28	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,59	5,59	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,81	20,84	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19,21	19,18	gram
Berat Tanah Basah (W)	15,22	15,25	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,62	13,59	gram
Berat Air (Ww)	1,60	1,66	gram
Kadar Air (w)	11,747	12,215	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	11,981		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	148,76	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,77	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,163	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	84,837	cm ³
Kadar Air (w)	11,981	%
Berat Isi Tanah basah	1,753	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,566	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	24,5	12,397	0.526	1.105
80	40	20,240	1.053	1.794
120	51	25,806	1.579	2.275
160	63	31,878	2.105	2.796
200	72	36,432	2.632	3.178
240	80	40,480	3.158	3.512
280	88,5	44,781	3.684	3.864
320	94	47,564	4.211	4.082
360	89	45,034	4.737	3.843
400	81	40,986	5.263	3.478

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

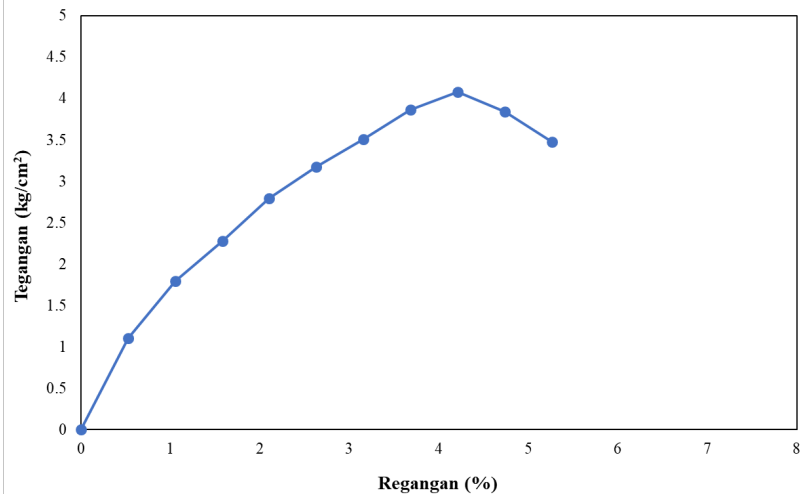
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 1 Hari)



Uraian		
q_u	4,082	kg/cm ²
c	1,131	kg/cm ²
α	61	°
φ	32	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,72	5,64	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,65	20,62	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	18,99	18,97	gram
Berat Tanah Basah (W)	14,93	14,98	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,27	13,33	gram
Berat Air (Ww)	1,66	1,65	gram
Kadar Air (w)	12,509	12,378	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,444		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	149,08	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,79	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,282	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	85,740	cm ³
Kadar Air (w)	12,444	%
Berat Isi Tanah basah	1,739	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,546	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	42	21,252	0,526	1,874
80	55,5	28,083	1,053	2,463
120	64	32,384	1,579	2,825
160	73,5	37,191	2,105	3,227
200	79	39,974	2,632	3,450
240	86	43,516	3,158	3,735
280	92,5	46,805	3,684	3,996
320	88	44,528	4,211	3,781
360	82	41,492	4,737	3,504

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

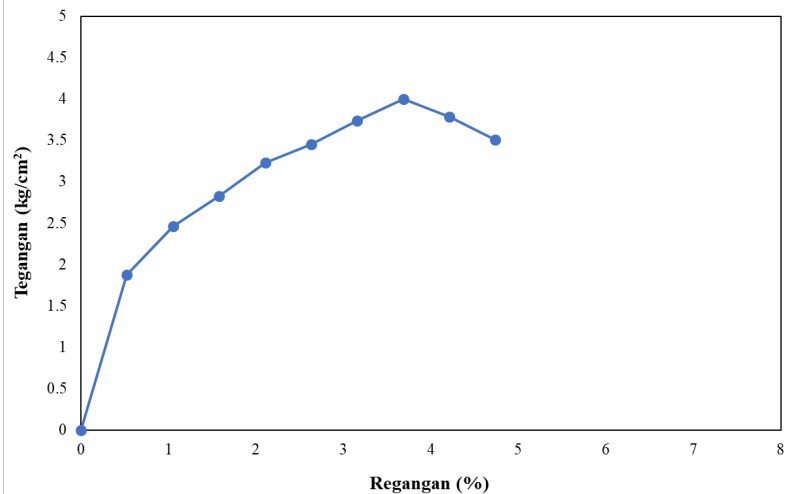
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 15 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 1 Hari)



Uraian		
q_u	3,996	kg/cm ²
c	1,154	kg/cm ²
α	60	°
φ	30	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,66	5,75	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,76	20,57	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19,08	18,92	gram
Berat Tanah Basah (W)	15,10	14,82	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,42	13,17	gram
Berat Air (Ww)	1,68	1,65	gram
Kadar Air (w)	12,519	12,528	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,524		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	148,28	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,73	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	10,927	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	83,046	cm ³
Kadar Air (w)	12,524	%
Berat Isi Tanah basah	1,786	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,587	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	64	32,384	0,526	2,948
80	80	40,480	1,053	3,666
120	91	46,046	1,579	4,147
160	96	48,576	2,105	4,352
200	101	51,106	2,632	4,554
240	95,5	48,323	3,158	4,283
280	88	44,528	3,684	3,925
320	82	41,492	4,211	3,637

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

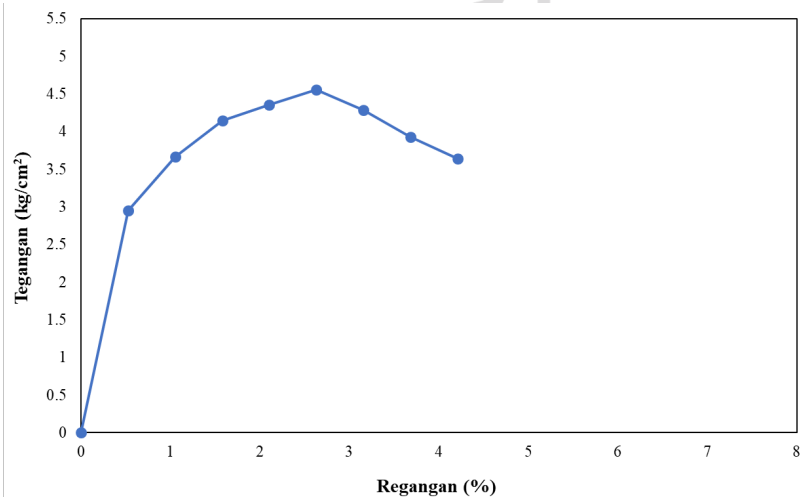
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)



Uraian		
q_u	4,554	kg/cm ²
c	1,262	kg/cm ²
α	61	°
φ	32	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,60	5,63	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,59	20,46	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	18,92	18,80	gram
Berat Tanah Basah (W)	14,99	14,83	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,32	13,17	gram
Berat Air (Ww)	1,67	1,66	gram
Kadar Air (w)	12,538	12,604	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,571		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	149,01	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,70	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,58	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	10,752	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	81,501	cm ³
Kadar Air (w)	12,571	%
Berat Isi Tanah basah	1,828	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,624	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	49	24,794	0,528	2,294
80	65	32,890	1,055	3,027
120	79	39,974	1,583	3,659
160	90,5	45,793	2,111	4,169
200	97	49,082	2,639	4,444
240	102	51,612	3,166	4,648
280	94	47,564	3,694	4,260
320	86,5	43,769	4,222	3,899

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
Peneliti

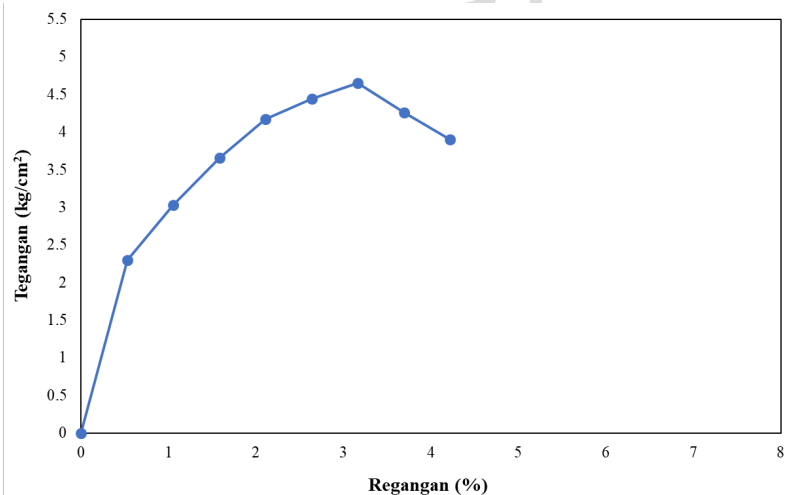
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 11% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)



Uraian		
q_u	4,648	kg/cm ²
c	1,342	kg/cm ²
α	60	°
φ	30	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,73	5,53	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,67	20,85	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19,03	19,13	gram
Berat Tanah Basah (W)	14,94	15,32	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,30	13,60	gram
Berat Air (Ww)	1,64	1,72	gram
Kadar Air (w)	12,331	12,647	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,489		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	149,73	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,78	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,59	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,222	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	85,176	cm ³
Kadar Air (w)	12,489	%
Berat Isi Tanah basah	1,758	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,563	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	26	13,156	0,527	1,166
80	45,5	23,023	1,054	2,030
120	62	31,372	1,581	2,751
160	77	38,962	2,108	3,399
200	89	45,034	2,635	3,907
240	94	47,564	3,162	4,104
280	101	51,106	3,689	4,386
320	108,5	54,901	4,216	4,686
360	113	57,178	4,743	4,853
400	107	54,142	5,270	4,570
440	99	50,094	5,797	4,205
480	87	44,022	6,324	3,675

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

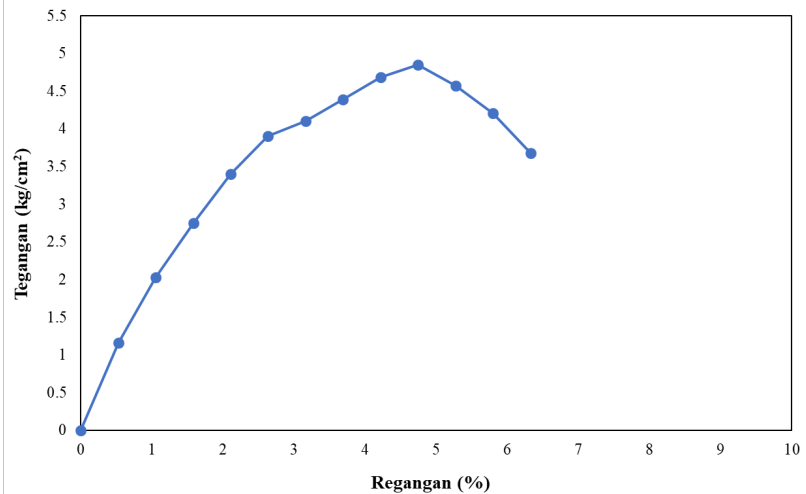
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)



Uraian		
q_u	4,853	kg/cm^2
c	1,345	kg/cm^2
α	61	°
φ	32	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,61	5,64	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,64	20,71	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	18,95	19,02	gram
Berat Tanah Basah (W)	15,03	15,07	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,34	13,38	gram
Berat Air (Ww)	1,69	1,69	gram
Kadar Air (w)	12,669	12,631	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,650		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	148,76	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,78	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,6	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,222	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	85,288	cm ³
Kadar Air (w)	12,650	%
Berat Isi Tanah Basah	1,744	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,548	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	31	15,686	0,526	1,390
80	47	23,782	1,053	2,097
120	65,5	33,143	1,579	2,907
160	76	38,456	2,105	3,355
200	88	44,528	2,632	3,863
240	97	49,082	3,158	4,236
280	100	50,600	3,684	4,343
320	107	54,142	4,211	4,621
360	112,5	56,925	4,737	4,832
400	115	58,190	5,263	4,912
440	107,5	54,395	5,789	4,567
480	93	47,058	6,316	3,928

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

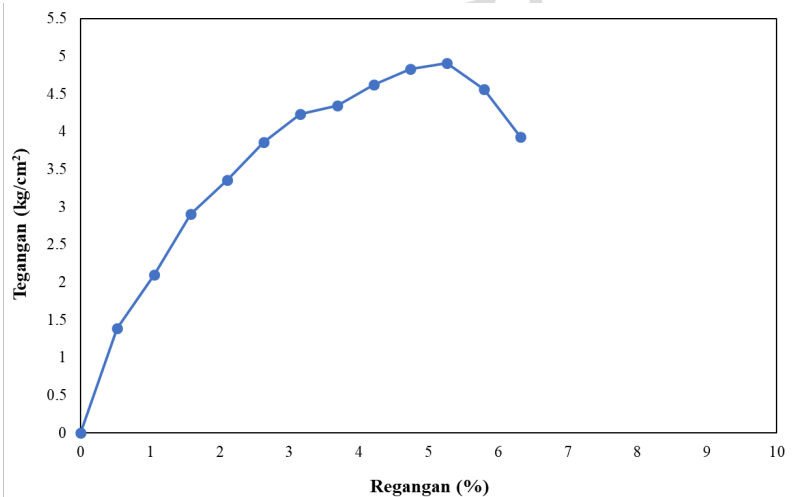
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 13% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)



Uraian		
q_u	4,912	kg/cm ²
c	1,306	kg/cm ²
α	62	°
φ	34	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,65	5,66	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,57	20,67	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	18,91	19,00	gram
Berat Tanah Basah (W)	14,92	15,01	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,26	13,34	gram
Berat Air (Ww)	1,66	1,67	gram
Kadar Air (w)	12,519	12,519	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,519		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	148,39	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,79	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,60	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,282	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	85,740	cm ³
Kadar Air (w)	12,519	%
Berat Isi Tanah basah	1,731	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,538	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	32,5	16,445	0,526	1,450
80	52	26,312	1,053	2,308
120	67	33,902	1,579	2,958
160	80	40,480	2,105	3,513
200	95,5	48,323	2,632	4,171
240	102	51,612	3,158	4,430
280	108	54,648	3,684	4,666
320	112	56,672	4,211	4,812
360	118,5	59,961	4,737	5,063
400	124	62,744	5,263	5,269
440	131	66,286	5,789	5,535
480	125	63,250	6,316	5,252
520	119,5	60,467	6,842	4,993

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

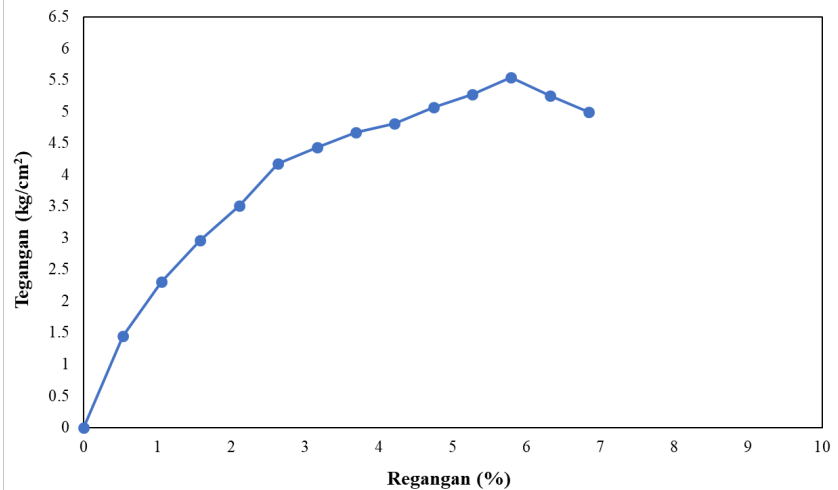
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 1 (Pemeraman 7 Hari)



Uraian		
q_u	5,535	kg/cm ²
c	1,291	kg/cm ²
α	65	°
ϕ	40	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)

KADAR AIR			
Uraian	Sampel		Satuan
	1	2	
Berat Cawan (W1)	5,66	5,59	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	20,72	20,68	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W3)	19,06	19,00	gram
Berat Tanah Basah (W)	15,06	15,09	gram
Berat Tanah Kering (Ws)	13,40	13,41	gram
Berat Air (Ww)	1,66	1,68	gram
Kadar Air (w)	12,388	12,528	%
Kadar Air Rata-Rata (w)	12,458		%

DATA SAMPEL		
Berat Sampel Tanah	149,55	gram
Diameter Sampel Tanah (D)	3,77	cm
Tinggi Awal Sampel Tanah (Lo)	7,58	cm
Luas Penampang Sampel Tanah (Ao)	11,163	cm ²
Volume Awal Sampel Tanah (Vo)	84,614	cm ³
Kadar Air (w)	12,458	%
Berat Isi Tanah basah	1,767	gr/cm ³
Berat Isi Tanah Kering	1,572	gr/cm ³
Kalibrasi Ring (LRC)	0,506	kg/div
Kecepatan Pergeseran	2,91	mm/mn

Vertical Dial x 0,01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (Dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_o$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
40	35	17,710	0,528	1,578
80	50	25,300	1,055	2,243
120	71	35,926	1,583	3,167
160	79	39,974	2,111	3,505
200	93,5	47,311	2,639	4,126
240	100	50,600	3,166	4,389
280	106	53,636	3,694	4,627
320	113,5	57,431	4,222	4,928
360	116	58,696	4,749	5,008
400	125	63,250	5,277	5,367
440	132	66,792	5,805	5,636
480	126,5	64,009	6,332	5,371
520	118	59,708	6,860	4,982

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

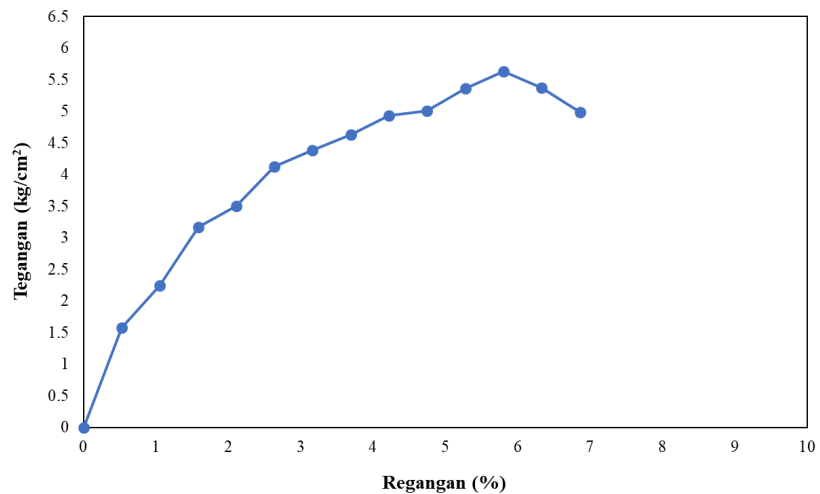
(Ahmad Haidar Anwar)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Jalan Ring Road Barat, Kecamatan Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur
 Dikerjakan : Ahmad Haidar Anwar
 Tanggal : 17 Oktober 2024
 Sampel : Tanah Asli + Semen *Portland* 9% + Pasir 15% Sampel 2 (Pemeraman 7 Hari)



Uraian		
q_u	5,636	kg/cm ²
c	1,374	kg/cm ²
α	64	°
φ	38	°

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah UII

(Dr. Hanindya Kusuma Artati., S.T., M.T.)

Yogyakarta, 25 Februari 2025
 Peneliti

(Ahmad Haidar Anwar)