

**TUGAS AKHIR**

**STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN  
SERBUK LIMBAH MARMER SEBAGAI *SUBGRADE*  
JALAN RAYA  
(*CLAY SOIL STABILIZATION USING MARBLE WASTE  
POWDER AS HIGHWAY SUBGRADE*)**

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



**Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
20511330**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2024**

**TUGAS AKHIR**

**STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN  
SERBUK LIMBAH MARMER SEBAGAI SUBGRADE  
JALAN RAYA**  
*(CLAY SOIL STABILIZATION USING MARBLE WASTE  
POWDER AS HIGHWAY SUBGRADE)*

Disusun oleh

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**  
**20511330**

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

Diuji pada tanggal 8 Agustus 2024

Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**



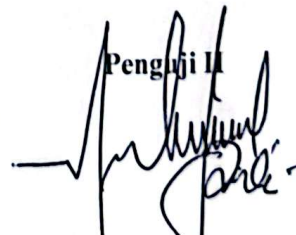
**Dr. Hanindya K.A., S.T., M.T.**  
NIK: 045110407

**Penguji I**



**Anisa N.A., S.T., M.Eng.**  
NIK: 215111305

**Penguji II**



**M. Rifai A., S.T., M.Eng.**  
NIK: 135111101

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



  
**Munafiq Muntafi, Ir., S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM**  
NIK: 095110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya dengan penuh kesungguhan menyatakan bahwa laporan tugas akhir yang saya susun sebagai syarat kelulusan Program Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia adalah pencapaian dan kerja keras saya. Bagian-bagian tertentu yang saya kutip dari karya orang lain telah disebutkan dengan jelas sumbernya, sesuai dengan standar, kaidah, dan etika penulisan yang berlaku.

Yogyakarta, 8 Agustus 2024  
Yang membuat pernyataan,



Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
(20511330)

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Serbuk Limbah Marmer Sebagai *Subgrade* Jalan Raya" tepat waktu. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik,
2. Ibu Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji I Tugas Akhir,
3. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng., dosen penguji II Tugas Akhir,
4. Ibu Yunalia Muntafi, Ir., S.T., M.T., Ph.D (Eng), IPM, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia,
5. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, serta pengorbanan yang tiada henti untuk penulis,
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Yogyakarta, 8 Agustus 2024  
Yang membuat pernyataan,



Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
(20511330)

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	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	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Stabilisasi Tanah Menggunakan Limbah Marmer	5
2.3 Stabilisasi pada <i>Subgrade</i> Jalan Raya	7
2.4 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Lain	9
2.5 Persamaan dan Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Terdahulu	12
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Definisi Tanah	13
3.2 Klasifikasi Tanah	13
3.3 Tanah Lempung	18
3.4 Stabilisasi Tanah	18
3.5 Serbuk Limbah Marmer	19

3.6	Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanis Tanah	20
3.6.1	Uji Propertis Tanah	21
3.6.2	Analisis Ukuran Butiran	22
3.6.3	Batas – batas <i>Atterberg</i>	25
3.6.4	Pemadatan Tanah	28
3.6.5	Pengujian CBR	29
3.6.6	Tekan Bebas	32
3.6.7	<i>Swelling</i>	34
3.7	Konstruksi Perkerasan Jalan	35
3.8	Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2017	36
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		39
4.1	Tinjauan Umum	39
4.2	Sumber dan Data Penelitian	39
4.2.1	Bahan	39
4.2.2	Peralatan	42
4.2.3	Pengujian	42
4.2.4	Tahap Penelitian	42
4.2.5	Tahap Analisis dan Pembahasan	43
4.3	Bagan Alir Penelitian	43
<b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>		46
5.1	Hasil Penelitian	46
5.1.1	Pengujian Kadar Air	46
5.1.2	Pengujian Berat Volume	47
5.1.3	Pengujian Berat Jenis	47
5.1.4	Pengujian Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer	48
5.1.5	Pengujian Batas – Batas <i>Atterberg</i>	52
5.1.6	Pengujian Pemadatan Tanah ( <i>Proctor Standart</i> )	55
5.1.7	Pengujian CBR ( <i>California Bearing Ratio</i> )	59
5.1.8	Pengujian Tekan Bebas ( <i>Unconfined Compression Test</i> )	62
5.1.9	Pengujian <i>Swelling</i> 3D	67
5.2	Pembahasan	68

5.2.1 Tanah Asli	68
5.2.2 Pengujian CBR ( <i>California Bearing Ratio</i> )	72
5.2.3 Pengujian Kuat Tekan Bebas ( <i>Unconfined Compression Test</i> )	74
5.2.4 Pengujian <i>Swelling</i>	81
5.2.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Berdasarkan Manual Desain Perkerasan 2017	83
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	90
6.1 Kesimpulan	90
6.2 Saran	91
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	92
<b>LAMPIRAN</b>	95



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini	9
Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi Tanah Unifed (USCS)	15
Tabel 3. 2 Sistem Klasifikasi AASHTO	17
Tabel 3. 3 Berat Jenis Tanah	22
Tabel 3. 4 Saringan Berdasarkan Diamter Lubang	23
Tabel 3. 5 Nilai Indek Plastisitas dan Jenis Tanah	28
Tabel 3. 6 Hubungan Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) Tanah Lempung dengan Konsistensinya	34
Tabel 4. 1 Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel	41
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli	46
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli	47
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli	47
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Serbuk Limbah Marmer	48
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 1	49
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli Sampel 1	49
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 2	50
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli Sampel 2	50
Tabel 5. 9 Fraksi Butiran Tanah Asli	52
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 1	52
Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 2	53
Tabel 5. 12 Hasil Pengujian Batas Plastis	54
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli	55
Tabel 5. 14 Data Penambahan Air Tanah Lempung Sampel 1	55
Tabel 5. 15 Data Penambahan Air Tanah Lempung Sampel 2	56
Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Lempung Sampel 1	56
Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Lempung Sampel 2	57
Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah	59
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR	62

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas	66
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Hasil Pengujian Swelling Sampel 1	67
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Swelling Sampel 1	67
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli	68
Tabel 5. 24 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR	72
Tabel 5. 25 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ )	74
Tabel 5. 26 Rekapitulasi Nilai Kohesi ( $C_u$ )	76
Tabel 5. 27 Rekapitulasi Nilai Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )	78
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Nilai CBR Design dan Kuat Tekan Bebas	80
Tabel 5. 29 Rekapitulasi Hasil Pengujian Swelling Sampel 1	81
Tabel 5. 30 Rekapitulasi Hasil Pengujian Swelling Sampel 1	81
Tabel 5. 31 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)	83



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alat Uji Hidrometer	25
Gambar 3. 2 Batas – batas Atterberg	26
Gambar 3. 3 Grafik Penentuan Batas Cair Tanah	26
Gambar 3. 4 Grafik Hubungan antara Berat Volume Kering dan Kadar Air	29
Gambar 3. 5 Alat Uji CBR Laboratorium	30
Gambar 3. 6 Kurva Hubungan antara Beban dan Penetrasi	31
Gambar 3. 7 Skema Uji Tekan Bebas	33
Gambar 3. 8 Lapis Perkerasan	36
Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	39
Gambar 4. 2 Serbuk Limbah Marmer	40
Gambar 4. 3 Bagan Alir Penelitian	45
Gambar 5. 1 Grafik Analisis Butiran Tanah Sampel 1	51
Gambar 5. 2 Grafik Analisis Butiran Tanah Sampel 2	51
Gambar 5. 3 Grafik Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 1	53
Gambar 5. 4 Grafik Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 2	53
Gambar 5. 5 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1	58
Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2	58
Gambar 5. 7 Grafik Hasil Pengujian CBR Tanah Asli Tidak Terendam	60
Gambar 5. 8 Grafik Hasil Pengujian CBR Tanah Asli Terendam	61
Gambar 5. 9 Sudut Runtuh ( $\alpha$ ) Tanah Asli Sampel 1 Pemeraman 1 Hari	64
Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Tanah Asli Pemeraman 1 Hari	65
Gambar 5. 11 Grafik Karakteristik Tanah Asli Metode USCS	69
Gambar 5. 12 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS	70
Gambar 5. 13 Hasil Klasifikasi Tanah Berdasarkan Metode AASHTO	71
Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Nilai CBR terhadap Kadar Variasi Serbuk Limbah Marmer	73

Gambar 5. 15 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Serbuk Limbah Marmer	75
Gambar 5. 16 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas terhadap Waktu Pemeraman	75
Gambar 5. 17 Grafik Nilai Kohesi terhadap Variasi Serbuk Limbah Marmer	77
Gambar 5. 18 Grafik Nilai Kohesi terhadap Waktu Pemeraman	77
Gambar 5. 19 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam terhadap Variasi Serbuk Limbah Marmer	79
Gambar 5. 20 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam terhadap Waktu Pemeraman	79
Gambar 5. 21 Nilai Pengembangan Terhadap Waktu Perendaman Sampel 1	82
Gambar 5. 22 Nilai Pengembangan Terhadap Waktu Perendaman Sampel 2	82
Gambar 5. 23 Hasil Pemilihan Beban Lalu Lintas	84
Gambar 5. 24 Hasil Pemilihan Struktur Perkerasan	85
Gambar 5. 25 Hasil Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir	86
Gambar 5. 26 Hasil Desain Fondasi Jalan Minimum	86
Gambar 5. 27 Desain Perkerasan Lentur Tanah Asli	88
Gambar 5. 28 Desain Perkerasan Lentur Setelah Distabilisasi Menggunakan 15% Marmer	89
Gambar 5. 29 Desain Perkerasan Lentur Setelah Distabilisasi Menggunakan 20% Marmer	89

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Kadar Air	96
Lampiran 2 Hasil Pengujian Berat Volume	97
Lampiran 3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli	98
Lampiran 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Marmer	99
Lampiran 5 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 5% Marmer	100
Lampiran 6 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 10% Marmer	101
Lampiran 7 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 15% Marmer	102
Lampiran 8 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 20% Marmer	103
Lampiran 9 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli	104
Lampiran 10 Hasil Pengujian Hidrometer Tanah Asli	105
Lampiran 11 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli	107
Lampiran 12 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli	109
Lampiran 13 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli	110
Lampiran 14 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli	111
Lampiran 15 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Marmer	117
Lampiran 16 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 5% Marmer	120
Lampiran 17 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 10% Marmer	123
Lampiran 18 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 15% Marmer	126
Lampiran 19 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 20% Marmer	129
Lampiran 20 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli	132
Lampiran 21 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Marmer	140
Lampiran 22 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 5% Marmer	148
Lampiran 23 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 10% Marmer	156
Lampiran 24 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 15% Marmer	164
Lampiran 25 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 20% Marmer	172
Lampiran 26 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	180
Lampiran 27 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Marmer	184
Lampiran 28 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 5% Marmer	188

Lampiran 29 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Marmer	192
Lampiran 30 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 15% Marmer	196
Lampiran 31 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 20% Marmer	200



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

USCS	= <i>Unified Soil Classification System</i>
AASHTO	= <i>American Association of State Highway and Transportation</i>
TA	= Tanah Asli
G	= Kerikil ( <i>Gravel</i> )
S	= Pasir ( <i>Sand</i> )
C	= Lempung ( <i>Clay</i> )
M	= Lanau ( <i>Silt</i> )
O	= Lanau atau Lempung Organik ( <i>Organic Silt or Clay</i> )
Pt	= Tanah Gambut dan Tanah Organik Tinggi ( <i>Peat and Highly Organic soil</i> )
W	= Gradasi Baik ( <i>Well-graded</i> )
P	= Gradasi Buruk ( <i>Poorly-graded</i> )
H	= Plastisitas Tinggi ( <i>High-plasticity</i> )
L	= Plastisitas Rendah ( <i>Low-plasticity</i> )
W <sub>w</sub>	= Berat Air (gram)
W <sub>s</sub>	= Berat tanah kering (gram)
W	= Kadar Air (%)
G <sub>s</sub>	= Berat Jenis Tanah
v	= Kecepatan (L/t)
γ <sub>s</sub>	= Berat Volume Butiran Padat (gram/cm <sup>3</sup> )
γ <sub>w</sub>	= Berat Volume Air (gram/cm <sup>3</sup> )
μ	= Kekentalan Air Absolut (g.det/cm <sup>2</sup> )
D	= Diameter Butiran tTnah (mm)
γ <sub>w</sub>	= Berat Volume Air (gram/cm)
γ	= Berat Volume Tanah (gram/cm <sup>3</sup> )
W	= Berat Tanah Basah (gram)
V	= Volume Tanah Total (cm <sup>3</sup> )
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)
V <sub>o</sub>	= Volume Benda Uji Kering (cm <sup>3</sup> )
W <sub>o</sub>	= Berat Benda Uji Kering (gram)
CBR	= <i>California Bearing Ratio</i>
CBR 0,1"	= Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inchi (%)
CBR 0,2"	= Nilai CBR pada penetrasi 0,2 inchi (%)
q <sub>u</sub>	= Kuat Tekan Bebas (kg/cm <sup>2</sup> )
Q	= Besar Tekanan Vertikal
A <sub>0</sub>	= Luasan Permukaan (cm <sup>2</sup> )
C <sub>u</sub>	= Kohesi Tanah (ton/m <sup>2</sup> )
q <sub>u</sub>	= Kuat Tekan Bebas
$\alpha$	= Sudut Keruntuhan (°)
$\phi$	= Sudut Geser dalam Tanah (°)
S <sub>w</sub>	= Pengembangan (%)
$\Delta L$	= Perubahan Tinggi (cm)
L <sub>0</sub>	= Tinggi Sampel Mula – mula (cm)



## ABSTRAK

Tanah memiliki peran krusial dalam dunia konstruksi karena berfungsi sebagai fondasi utama atau bahan langsung untuk berbagai proyek infrastruktur. Kondisi *subgrade* di jalan Desa Sumberingin Kulon menunjukkan bahwa terjadi kerusakan pada *subgrade* jalan ditandai dengan penurunan badan jalan dan terdapat banyak lubang di sebagian badan jalan Desa Sumberingin Kulon. Serbuk limbah marmer dipilih sebagai bahan stabilisator karena untuk meningkatkan daya dukung tanah itu sendiri. Tanah lempung tak organik dengan plastisitas rendah hingga sedang dapat menyebabkan penurunan tanah dan keretakan pada bangunan atau jalan karena memiliki daya dukung yang rendah.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dalam dua kondisi, yaitu tidak terendam dan terendam dengan waktu pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari. Selain pengujian CBR pada penelitian ini juga menggunakan pengujian kuat tekan bebas untuk memperoleh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ), nilai kohesi ( $C_u$ ), dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Bahan stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk limbah marmer dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah asli (*subgrade*) tergolong dalam kelompok CL menurut metode USCS yang berarti tanah tersebut merupakan lempung tak organik dengan plastisitas rendah hingga sedang. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah ini termasuk dalam kelompok A-6, yang menunjukkan karakteristik tanah lempung dan kualitas tanah dasar yang tergolong sedang hingga buruk. Nilai CBR tanah asli dalam keadaan tidak terendam adalah 4,39%, sedangkan dalam keadaan terendam adalah 3,41%. CBR tertinggi dalam kondisi terendam ditemukan pada campuran serbuk limbah marmer 20% dengan waktu pemeraman 1 hari, yang mencapai 14,73% dengan peningkatan sebesar 10,34% dibandingkan tanah asli. Untuk kondisi terendam, CBR tertinggi diperoleh pada campuran serbuk limbah marmer 20% dengan pemeraman 1 hari dan perendaman 5 hari, yaitu 6,46% dengan peningkatan sebesar 3,05% dari tanah asli yang terendam. Nilai kuat tekan bebas tanah asli ( $q_u$ ) adalah 2,13 kg/cm<sup>2</sup>, nilai kohesi ( $c$ ) 0,73 kg/cm<sup>2</sup>, dan sudut geser dalam sebesar 21°. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dan kohesi ( $c$ ) meningkat seiring dengan bertambahnya persentase serbuk limbah marmer, dengan nilai tertinggi pada campuran serbuk limbah marmer 20% setelah pemeraman 7 hari, yaitu  $q_u$  5,01 kg/cm<sup>2</sup>, kohesi ( $c$ ) 1,22 kg/cm<sup>2</sup>, dan sudut geser dalam 38°. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk limbah marmer berpengaruh positif terhadap peningkatan nilai CBR, kuat tekan bebas ( $q_u$ ), kohesi ( $c$ ), serta sudut geser dalam. Berdasarkan nilai CBR tanah asli yang telah distabilisasi menggunakan 20% serbuk limbah marmer, desain perkerasan lentur yang disarankan adalah kategori FFF1 yang terdiri dari AC WC dengan tebal 40 mm, AC BC dengan tebal 60 mm, LPA (lapis fondasi atas) kelas A dengan tebal 400 mm, dan tebal perbaikan tanah dasar sebesar 30 mm.

Kata Kunci: Tanah Lempung, Stabilisasi, Serbuk Limbah Marmer, CBR, Kuat Tekan Bebas, *Subgrade*.

## ABSTRACT

Soil has a crucial role in the world of construction because it serves as the main foundation or direct material for various infrastructure projects. The condition of the subgrade on the road in Sumberingin Kulon Village shows that there is damage to the road subgrade marked by the decline of the road body and there are many holes in part of the road body of Sumberingin Kulon Village. Marble waste powder was chosen as a stabilizer material because it is to increase the carrying capacity of the soil itself. Inorganic clay soils with low to medium plasticity can cause soil subsidence and cracks in buildings or roads because they have low carrying capacity. In this study, the method used is CBR (California Bearing Ratio) testing in two conditions, namely unsubmerged and submerged with a Curing time of 1 day and immersion for 5 days. In addition to the CBR test, the authors also conducted Unconfined Compressive Test to obtain unconfined compressive strength ( $q_u$ ), cohesion value ( $C_u$ ), and shea angle ( $\emptyset$ ). The stabilizing material used in this study is marble waste powder with variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%.

The results showed that the original soil (subgrade) belonged to the CL group according to the USCS method, which means that the soil is an inorganic clay with low to medium plasticity. Based on the AASHTO classification, this soil belongs to the A-6 group, which shows the characteristics of clay soil and the quality of the bottom soil that is classified as moderate to poor. The CBR value of the original land in the unsubmerged state is 4.39%, while in the submerged state is 3.41%. The highest CBR in submerged conditions was found in a mixture of 20% marble waste powder with a Curing time of 1 day, which reached 14.73% with an increase of 10.34% compared to the original soil. For submerged conditions, the highest CBR was obtained in a mixture of 20% marble waste powder with 1 day of soaking and 5 days of soaking, which was 6.46% with an increase of 3.05% of the original submerged soil. The value of the original soil-unconfined compressive strength ( $q_u$ ) is 2.13 kg/cm<sup>2</sup>, the cohesion value ( $c$ ) is 0.73 kg/cm<sup>2</sup>, and the shear angle is 21°. The values of unconfined compressive strength ( $q_u$ ) and cohesion ( $c$ ) increased with the increase of the percentage of marble waste powder, with the highest value in the mixture of 20% marble waste powder after 7 days of Curing, namely  $q_u$  5.01 kg/cm<sup>2</sup>, cohesion ( $c$ ) 1.22 kg/cm<sup>2</sup>, and the shear angle in 38°. This shows that the addition of marble waste powder has a positive effect on the increase in CBR value, unconfined compressive strength ( $q_u$ ), cohesion ( $c$ ), and deep shear angle. Based on the CBR value of the original soil that has been stabilized using 20% marble waste powder, the recommended flexible pavement design is the FFF1 category which consists of a WC AC with a thickness of 40 mm, a BC AC with a thickness of 60 mm, a class A LPA (upper foundation layer) with a thickness of 400 mm, and a base soil improvement thickness of 30 mm.

Keywords: Clay Soil, Stabilization, Marble Waste Powder, CBR, Unconfined Compressive Test,, Subgrade.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah memiliki peran krusial dalam dunia konstruksi karena berfungsi sebagai fondasi utama atau bahan langsung untuk berbagai proyek infrastruktur. Kondisi tanah yang beragam di setiap lokasi dipengaruhi oleh faktor seperti komposisi geologis, iklim, topografi, vegetasi, aktivitas manusia, dan lainnya. Tanah yang rentan terhadap perubahan volume perlu distabilisasi untuk meningkatkan kinerja tanah dasar, sehingga bangunan atau infrastruktur yang dibangun di atasnya lebih stabil dan kuat.

Pada perencanaan infrastruktur jalan daya dukung tanah dasar (*subgrade*) merupakan faktor kunci yang diperhitungkan dalam perencanaan pembangunan jalan tersebut. Kondisi jalan yang baik akan mempermudah masyarakat dalam mobilisasi dan kegiatan perekonomian lainnya. Ketika jalan mengalami kerusakan, maka mobilisasi dan perekonomian akan terhambat.

Secara umum, penyebab kerusakan jalan adalah unsur perancangan jalan yang telah melewati batas, beban lalu lintas yang berlebih dan berulang, drainase yang kurang baik sehingga menyebabkan banyak genangan air di permukaan jalan, dan masih banyak lainnya. Permasalahan utama pada pembangunan infrastruktur jalan adalah kondisi tanah dasar pada lokasi kurang mendukung, hal ini biasa disebabkan oleh kondisi tanah pada beberapa daerah yang banyak mengandung bahan organik, dan dapat dikenali melalui pemeriksaan visual. Banyak sekali kerusakan jalan yang terjadi di ruas jalan Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung. Kerusakan yang terjadi berupa lubang di badan jalan dan penurunan badan jalan. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi *subgrade* jalan yang kurang baik sehingga terjadi kerusakan badan jalan.

Salah satu langkah yang diambil adalah meningkatkan daya dukung tanah melalui perbaikan menggunakan metode stabilisasi. Dengan demikian, ketika

menghadapi penurunan atau kondisi daya dukung yang kurang memadai, stabilisasi menjadi diperlukan. Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis dan kimiawi. Dalam penelitian ini, dilakukan stabilisasi tanah dengan menggunakan serbuk limbah marmer sebagai bahan tambahan. Serbuk limbah marmer yang digunakan berasal dari batuan marmer yang ditemukan di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.

Marmer merupakan jenis batu metamorf atau batu malihan yang berasal dari batu gamping. Hasil penelitian PT. Sucofindo Jakarta menyebutkan bahwa komposisi yang terkandung dalam limbah marmer adalah senyawa CaO dengan kadar 52.69%,  $\text{CaCO}_3$  41.92%, MgO 0.84%,  $\text{MgCO}_3$  1.76%,  $\text{SiO}_2$  1.62%,  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  0.37%. Harianto dan Masri (2016) menjelaskan bahwa komposisi utama limbah marmer adalah zat kapur. Serbuk limbah marmer dipilih sebagai bahan stabilisasi karena harganya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan bahan lain seperti kapur ataupun semen. Oleh sebab itu, judul penelitian ini adalah “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Serbuk Limbah Marmer sebagai *Subgrade* Jalan Raya”

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat disusun sebagai berikut.

1. Bagaimana sifat fisik dan sifat mekanik tanah asli yang digunakan?
2. Bagaimana parameter nilai CBR dan kuat tekan bebas tanah asli yang telah digunakan?
3. Bagaimana pengaruh variasi penambahan serbuk limbah marmer terhadap nilai CBR dan kuat tekan bebas?
4. Bagaimana perancangan tebal *subgrade* pada perkerasan jalan lentur untuk jalan pedesaan berdasarkan manual perkerasan jalan 2017?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah asli yang digunakan.
2. Mengetahui parameter nilai CBR dan kuat tekan bebas tanah asli yang telah digunakan.
3. Mengetahui pengaruh variasi penambahan serbuk limbah marmer terhadap nilai CBR dan kuat tekan bebas.
4. Mengetahui perancangan tebal *subgrade* pada perkerasan jalan lentur untuk jalan pedesaan berdasarkan manual perkerasan jalan 2017.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

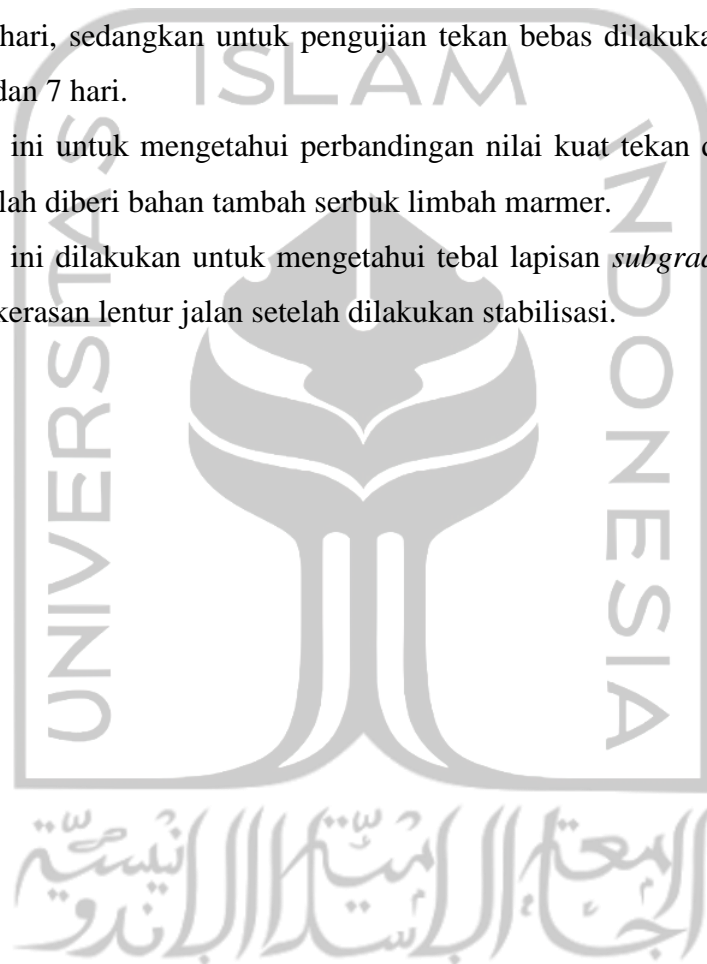
1. Mengetahui perbandingan nilai kuat tekan dan nilai CBR tanah ketika tanah dasar distabilisasi dengan campuran serbuk limbah marmer.
2. Adanya penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan membantu para pengrajin marmer untuk memanfaatkan limbah marmer yang ada.
3. Sebagai dasar perancangan tebal *subgrade* perkerasan jalan lentur pedesaan.
4. Dapat menjadi referensi bahan stabilisasi dengan pemanfaatan limbah serbuk marmer.

### 1.5 Batasan Penelitian

Untuk mencegah masalah yang lebih luas dalam penelitian ini, penulis membatasi ruang lingkup permasalahan yang terkait. Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tanah lempung yang digunakan berasal dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung.
2. Serbuk limbah marmer yang digunakan berasal dari industri marmer di daerah Tulungagung, Jawa Timur.
3. Pengujian dilakukan pada tanah lempung meliputi uji kadar air, uji berat volume, uji kepadatan tanah, uji CBR, dan tekan bebas.

4. Pengujian pada campuran tanah dengan bahan aditif dilakukan dengan uji tekan bebas dan uji CBR.
5. Penelitian ini tidak membahas nilai ekonomis, reaksi kimia, serta dampak terhadap lingkungan.
6. Penelitian ini menggunakan variasi penambahan serbuk limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.
7. Pada pengujian CBR dilakukan pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari, sedangkan untuk pengujian tekan bebas dilakukan pemeraman selama 1 dan 7 hari.
8. Penelitian ini untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan dan nilai CBR tanah setelah diberi bahan tambah serbuk limbah marmer.
9. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tebal lapisan *subgrade* yang cocok untuk perkerasan lentur jalan setelah dilakukan stabilisasi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Secara umum, stabilisasi tanah adalah metode yang sengaja diterapkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar dengan tujuan meningkatkan kapasitas daya dukungnya. Stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik, dan stabilisasi kimia. Pemanfaatan limbah sebagai bahan tambahan dalam stabilisasi tanah saat ini gencar dilakukan. Salah satu limbah yang bisa digunakan untuk bahan stabilisasi tanah yaitu limbah serbuk marmer. Pemilihan limbah marmer sebagai bahan tambahan untuk menstabilisasi tanah harapannya mampu menjadi alternatif dalam pemanfaatan limbah marmer yang setiap harinya kian bertambah.

#### **2.2 Stabilisasi Tanah Menggunakan Limbah Marmer**

Celline dkk. (2024) dalam penelitiannya yang berjudul “Kajian Daya Dukung Tanah Lempung Distabilisasi dengan Abu Marmer” menggunakan variasi abu marmer sebesar 3%, 6%, 9%, dan 12% dengan waktu pemeraman 1 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Parameter yang diteliti dalam pengujian ini meliputi indeks plastisitas, kepadatan, dan kohesi *undrained*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks plastisitas berkurang dari 33,82% menjadi 7,69%, kepadatan meningkat dari 1,50 gr/cm<sup>3</sup> menjadi 1,55 gr/cm<sup>3</sup>, dan kohesi *undrained* tanah meningkat dari 0,134 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 1,58 kg/cm<sup>2</sup> dengan penambahan abu marmer. Perbaikan optimal pada karakteristik dan daya dukung tanah diperoleh dengan penambahan 6% abu marmer dan waktu pemeraman maksimum 7 hari.

Syahiril dkk. (2022) dalam penelitiannya mengenai perbaikan tanah lempung dengan stabilisasi kimiawi menggunakan serbuk marmer, bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk marmer terhadap nilai indeks plastisitas dan kadar air tanah lempung. Penelitian ini menggunakan variasi serbuk marmer sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian yang dilakukan meliputi uji batas

*atterberg* dan kadar air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah asli merupakan tanah *clay high*. Kadar air menurun seiring dengan peningkatan persentase serbuk marmer yang digunakan, karena serbuk marmer menyerap air dari tanah asli. Nilai indeks plastisitas juga menurun dengan bertambahnya persentase serbuk marmer, dengan penurunan optimum pada variasi 20%.

Santoso dkk. (2020) melakukan penelitian mengenai cara meningkatkan berat volume kering tanah *vermiculite* menggunakan serbuk marmer. Penelitian ini melibatkan variasi serbuk marmer sebesar 0%, 6%, 12%, dan 18%. Metode pengujian yang digunakan mencakup uji berat isi, batas konsistensi (uji *atterberg*), dan uji pemadatan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks plastisitas dan nilai berat volume kering meningkat hingga variasi 12% dan mengalami penurunan pada variasi 18%. Sampel terbaik pada penelitian ini diperoleh dengan penambahan 12% serbuk marmer ke tanah asli.

Setyono dkk. (2018) melakukan penelitian berjudul “Pengaruh Penggunaan Bahan Serbuk Marmer pada Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif”. Sampel tanah asli diambil dari Daerah Citra Land Surabaya yang memiliki jenis tanah lempung ekspansif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penambahan serbuk marmer terhadap kekuatan dan daya dukung tanah dengan menggunakan uji *unconfined compression test* dan uji *California Bearing Ratio* (CBR), dengan variasi penambahan sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa penambahan serbuk marmer sebagai bahan stabilisasi tanah dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik tanah. Dengan penambahan serbuk marmer sebanyak 25%, nilai indeks plastisitas turun menjadi 9,09%. Uji CBR menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar serbuk marmer, nilai CBR yang dihasilkan meningkat, dari 2,787% menjadi 6,474% pada penambahan 25% serbuk marmer. Nilai kuat tekan bebas juga mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kadar serbuk marmer, dari 0,866 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 1,734 kg/cm<sup>2</sup> pada penambahan 25% serbuk marmer. Kesimpulan dari penelitian ini adalah serbuk marmer dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah ekspansif karena meningkatkan sifat fisik dan mekanik tanah serta daya dukungnya.

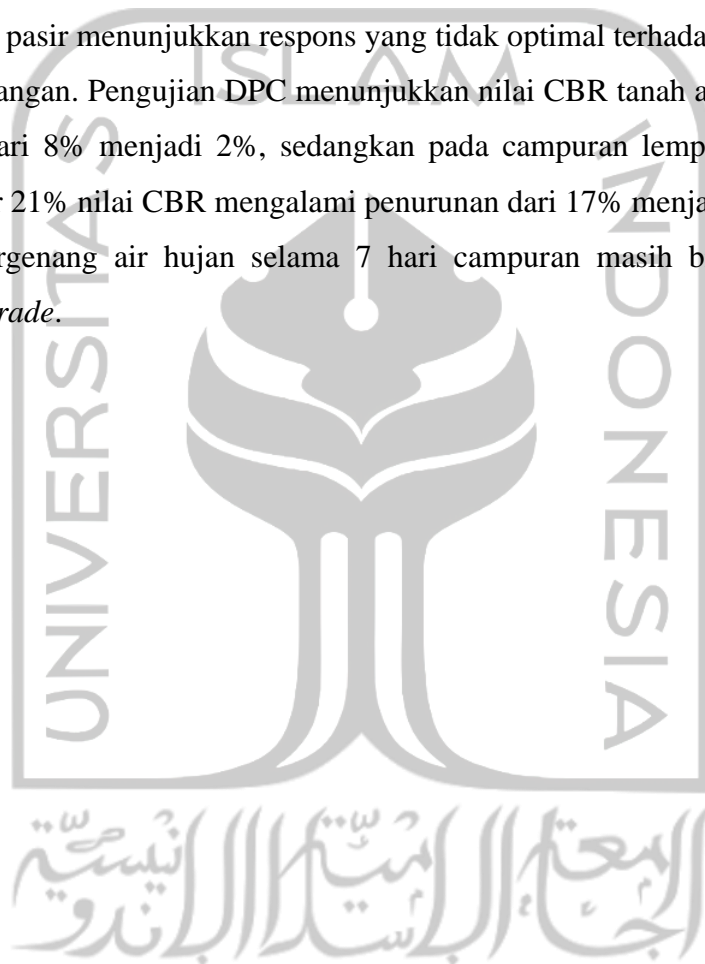
Aditya dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai penggunaan limbah marmer sebagai bahan stabilisasi tanah ekspansif dalam kaitannya dengan parameter kuat geser tanah. Persentase limbah marmer yang diterapkan adalah 10%, 20%, 30%, dan 40%. Metode yang digunakan mencakup pengujian batas-batas *atterberg*, kuat tekan bebas, kuat geser tanah, konsolidasi, dan *swelling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tambahan 10% marmer mengakibatkan penurunan rata-rata kadar air tanah ekspansif dan campuran tanah-marmer sebesar 1,93%, peningkatan rata-rata berat jenis sebesar 0,96 gr/cm<sup>3</sup>, serta penurunan indeks plastisitas sebesar 12,84%. Sedangkan untuk sifat mekanik tanah ekspansif, terjadi peningkatan. Setiap penambahan 10% marmer, nilai kuat tekan meningkat sekitar 0,22 kg/cm<sup>2</sup> hingga 0,63 kg/cm<sup>2</sup>, dan kuat geser meningkat sekitar 0,17 kg/cm<sup>2</sup>. Kesimpulannya, penggunaan limbah marmer sebagai bahan stabilisasi tanah efektif karena dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat geser tanah.

Jain et al. (2020) melakukan penelitian mengenai perilaku geoteknik dan analisis mikro tanah ekspansif yang ditambah dengan debu marmer. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh debu marmer terhadap perilaku geoteknik tanah ekspansif serta memahami mekanisme interaktifnya. Metode yang digunakan meliputi pengujian batas *atterberg*, uji kepadatan tanah, persentase pengembangan, dan uji kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks plastisitas tanah menurun drastis seiring dengan meningkatnya kandungan debu marmer. Berat volume kering maksimum meningkat dan kadar air optimum menurun seiring bertambahnya kandungan debu marmer. Kekuatan tanah terus meningkat hingga kandungan debu marmer mencapai 20%, tetapi menurun setelahnya. Kesimpulannya, debu marmer dapat dimanfaatkan secara efektif untuk mengurangi indeks plastisitas tanah dan meningkatkan kekuatan tanah hingga kandungan 20%.

### **2.3 Stabilisasi pada *Subgrade* Jalan Raya**

Fardiansah dan Gofar (2020) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Daya Dukung *Subgrade* Jalan”. Penelitiannya dilakukan di daerah Palembang dimana tanah aslinya berupa tanah lempung. Pada

penelitiannya menggunakan stabilisasi tanah dengan bahan pasir sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian batas *atterberg*, uji pemadatan tanah, pengujian CBR, dan verifikasi lapangan. Hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu nilai indeks plastisitas mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah pasir. Penambahan jumlah pasir dapat meningkatkan berat jenis kering maksimum serta menurunkan kadar air optimum. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dasar yang terdiri dari campuran lempung dan pasir menunjukkan respons yang tidak optimal terhadap pembasahan dan penggenangan. Pengujian DPC menunjukkan nilai CBR tanah asli mengalami penurunan dari 8% menjadi 2%, sedangkan pada campuran lempung dan pasir dengan kadar 21% nilai CBR mengalami penurunan dari 17% menjadi 8%, artinya meskipun tergenang air hujan selama 7 hari campuran masih bisa digunakan sebagai *subgrade*.



## 2.4 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Lain

Adapun perbedaan dengan penelitian terdahulu terlampir pada Tabel 2.1 di bawah ini

**Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini**

Penelitian	Celline dkk. (2024)	Syahril dkk. (2022)	Santoso dkk. (2020)	Setyono dkk. (2018)	Aditya dkk. (2018)	Jain et al (2020)	Fardiansah dan Gofar (2020)	Vinda (2024)
Judul	Kajian Daya Dukung Tanah Lempung Distabilisasi dengan Abu Marmer	Perbaikan Tanah Problematik Lempung Lunak dengan Metode Stabilisasi Kimiawi Ditinjau dari Nilai Kadar Air dan Indeks Plastisitas	Meningkatkan Berat Volume Kering Tanah Menggunakan Serbuk Marmer	Pengaruh Penggunaan Bahan Serbuk Marmer pada Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif (Kasus Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Citra Land Surabaya)	Pasir dari Limbah Marmer sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Ekspansif	<i>Geotechnical Behaviour and Micro-analyses of Expansive Soil Amended with Marble Dust</i>	Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Daya Dukung <i>Subgrade</i> Jalan	Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Serbuk Limbah Marmer Sebagai <i>Subgrade</i> Jalan Raya
Tujuan	Mengetahui perubahan daya dukung tanah yang distabilisasi dengan abu marmer.	Mengevaluasi efektivitas perbaikan tanah problematik lempung lunak melalui stabilisasi kimiawi berdasarkan kadar air dan indeks plastisitas.	Mengetahui cara meningkatkan berat volume kering tanah <i>vermiculite</i> dengan menambahkan serbuk marmer ke dalam tanah asli.	Mengetahui pengaruh penambahan serbuk marmer terhadap kekuatan dan nilai daya dukung tanah dibuktikan dengan pengujian USCS dan uji CBR.	Mengoptimalkan penggunaan limbah pasir marmer sebagai bahan stabilisasi untuk tanah ekspansif dalam kondisi tanah ekspansif.	Mengetahui efektivitas penggunaan debu marmer sebagai bahan stabilisasi pada tanah ekspansif ditinjau dari nilai kuat tekan.	Mengevaluasi dampak pasir terhadap plastisitas, potensi pengembangan, dan nilai CBR tanah asli pada kondisi tanpa perendaman serta setelah perendaman selama 7 hari.	Mengetahui efektivitas penggunaan serbuk limbah marmer sebagai bahan stabilisasi pada <i>subgrade</i> jalan raya.

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini**

	Celline dkk. (2024)	Syahril dkk. (2022)	Santoso dkk. (2020)	Setyono dkk. (2018)	Aditya dkk. (2018)	Jain et al (2020)	Fardyansah dan Gofar (2020)	Vinda (2024)
Lokasi Penelitian	Tanah proyek apartemen yang terletak di Meikarta, Jl. Orange County Boulevard, Cibatu, Cikarang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.	Tanah lempung lunak di Cipatat, Kab. Bandung Barat, Jawa Barat.	Tanah lempung volumetrik di Kabupaten Kediri, Jawa Timur.	Tanah lempung ekspansif yang digunakan berasal dari Daerah Citra Land Surabaya, Jawa Timur.	Tanah lempung ekspansif di lokasi Ngawi, Jawa Timur.	Tanah lempung ekspansif dari Desa Shivdaspura, Jaipur Rajasthan, India.	Tanah lempung yang digunakan diambil dari ruas jalan Sukosari – Lubuk Bakung, di bagian barat kota Palembang.	Tanah lempung di Kabupaten Tulungagung Jawa Timur.
Bahan Tambahan	Abu marmer sebesar 3%, 6%, 9%, dan 12%	Serbuk marmer sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20%	Serbuk marmer sebesar 0%, 6%, 12%, dan 18%.	Serbuk marmer dengan variasi sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%	Limbah marmer dengan variasi 10%, 20%, 30%, dan 40%.	Serbuk limbah marmer	Bahan pasir dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%	Serbuk limbah marmer dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.
Metode yang Digunakan	Pengujian batas – batas <i>atterberg</i> , kepadatan tanah, dan kuat tekan bebas.	Menggunakan pengujian kadar air dan batas <i>atterberg</i> .	Pengujian berat isi, uji <i>atterberg</i> , dan uji kepadatan tanah.	Pengujian pemadatan, uji CBR, dan uji tekan bebas (UCS).	Pengujian kuat tekan bebas, kuat geser, konsolidasi, dan <i>swelling</i> .	Pengujian kuat tekan bebas, batas <i>atterberg</i> , dan uji pemadatan tanah.	Pengujian batas <i>atterberg</i> , uji pemadatan tanah, pengujian CBR, dan verifikasi lapangan.	Menggunakan pengujian kuat tekan bebas dan uji CBR tanah.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini

Penelitian	Celline dkk. (2024)	Syahril dkk. (2022)	Santoso dkk. (2020)	Setyono dkk. (2018)	Aditya dkk. (2018)	Jain et al (2020)	Fardiansah dan Gofar (2020)	Vinda (2024)
Hasil	Penambahan abu marmer pada tanah lempung meningkatkan nilai kuat geser atau kohesi <i>undrained</i> tanah (Cu), dengan peningkatan setiap kali abu marmer ditambahkan. Namun, kadar abu marmer optimal yang diperoleh dari pengujian adalah 6%.	Nilai kadar air mengalami penurunan bersamaan dengan bertambahnya persentase serbuk marmer yang digunakan. Nilai indeks plastisitasnya juga mengalami penurunan bersamaan dengan bertambahnya persentase serbuk marmer, nilai penurunan optimumnya berada pada variasi 20%.	Nilai indeks plastisitas dan nilai berat volume keringnya mengalami kenaikan sampai variasi 12% dan mengalami penurunan pada variasi 18%. Sampel yang paling baik berada pada penambahan 12% serbuk marmer dengan tanah asli.	Melalui uji CBR diketahui bahwa semakin besarnya jumlah kadar serbuk marmer maka nilai CBR yang dihasilkan akan semakin meningkat. Nilai kuat tekan bebas juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar serbuk marmer.	Setiap penambahan 10% marmer mengakibatkan penurunan kadar air rata-rata dari sifat fisik tanah ekspansif dan campuran tanah marmer. Sebaliknya, berat jenis rata-rata mengalami kenaikan. Selain itu, nilai kuat tekan dan kuat geser juga mengalami peningkatan.	Indeks plastisitas tanah mengalami penurunan drastis seiring dengan peningkatan kandungan debu marmer. Berat volume kering maksimum meningkat dan kadar air optimum menurun seiring dengan meningkatnya kandungan debu marmer. Kekuatan tanah mengalami peningkatan secara berkelanjutan hingga mencapai 20%, kemudian mengalami penurunan setelahnya.	Penambahan pasir dapat meningkatkan berat jenis kering maksimum dan menurunkan kadar air optimum. Tanah dasar yang terdiri dari campuran lempung dan pasir menunjukkan respons yang kurang efektif terhadap pembasahan. Pengujian DPC menunjukkan bahwa nilai CBR tanah asli menurun dari 8% menjadi 2%. Sebaliknya, campuran lempung dan pasir dengan kadar 21% mengalami penurunan nilai CBR dari 17% menjadi 8%.	Penambahan serbuk limbah marmer dapat meningkatkan nilai CBE dan kuat tekan bebas. Hasil desain perkerasan jalan yang sudah distabilisasi dengan serbuk limbah marmer sebesar 20% yaitu terdiri dari AC WC dengan tebal 40 mm, AC BC dengan tebal 60 mm, LPA (lapis fondasi atas) kelas A dengan tebal 400 mm, dan tebal perbaikan tanah dasar sebesar 30 mm.

Sumber: Celline dkk. (2024), Syahril dkk. (2022), Santoso dkk. (2020), Setyono dkk. (2018), Aditya dkk. (2018), Jain et al (2020), Fardiansah dan Gofar (2020)

## 2.5 Persamaan dan Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Berikut adalah persamaan dan perbedaan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya.

1. Persamaan dari penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Celline dkk. (2024), Syahril dkk. (2022), Santoso dkk. (2020), Setyono dkk. (2018), Aditya dkk. (2018), Jain et al (2020) adalah bahan stabilisasi yang digunakan merupakan serbuk limbah marmer, Fardyansah dan Gofar (2020) menggunakan bahan stabilisasi pasir sebagai peningkatan daya dukung *subgrade* tanah. Metode pada penelitian ini juga memiliki kesamaan dengan Celline dkk. (2024), Setyono dkk. (2018), Fardyansah dan Gofar (2020) yaitu menggunakan uji tekan bebas. Setyono dkk. (2018) dan Fardyansah dan Gofar (2020) menggunakan uji CBR.
2. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu sampel tanah yang digunakan berasal dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Kadar penambahan bahan stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini memanfaatkan serbuk limbah marmer sebagai bahan tambahan dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Penentuan kadar marmer yang digunakan didasarkan pada pengaruh yang terjadi terhadap tanah asli, serta untuk mengetahui nilai optimum CBR dan tekan bebas yang dihasilkan. Dalam pengujian CBR, menggunakan pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari, sedangkan pada pengujian tekan bebas, pemeraman dilakukan selama 1 hari dan 7 hari.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Definisi Tanah**

Tanah adalah material yang terbentuk dari proses pelapukan fisik dan kimiawi batuan yang menghasilkan partikel padat. Pelapukan fisik dapat terjadi akibat erosi, angin, air, es, aktivitas manusia, atau kerusakan partikel tanah akibat perubahan suhu atau Cuaca. Pelapukan kimiawi terjadi karena proses kimia yang dipengaruhi oleh oksigen, karbon dioksida, air, dan reaksi kimia lainnya. Tanah yang terbentuk dan tetap berada di lokasi asalnya disebut tanah residual (*residual soil*).

Menurut Das (1995) dalam pengertian teknik secara umum, tanah diartikan sebagai material yang terdiri dari agregat padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain, bersama dengan bahan organik yang telah melapuk menjadi partikel padat, serta zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Pada pekerjaan konstruksi tanah digunakan sebagai bahan dan tempat bertumpunya suatu bangunan. Ada beberapa jenis tanah diantaranya yaitu, kerikil, pasir, lempung, lanau dan lainnya

Hardiyatmo (2010) 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**

Bowles (1989) menjelaskan bahwa klasifikasi tanah digunakan untuk studi lebih mendalam mengenai kondisi tanah tersebut dan untuk menentukan kebutuhan pengujian guna mengetahui sifat teknis tanah, seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan lain-lain.

Ada dua sistem klasifikasi yang umum digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System (USCS)* atau Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* dan *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*. Kedua sistem ini mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan ukuran butiran dan indeks plastisitas tanah.

### 3. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified / Unified Soil Classification System (USCS)*

Sistem klasifikasi tanah *Unified* pertama kali diusulkan oleh A. Casagrande pada tahun 1942 kemudian direvisi oleh *The Corps of Engineers and US Bureau of Reclamation*. Secara umum, sistem USCS mengklasifikasikan tanah menjadi dua kategori, yaitu tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar.

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), merupakan tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir yang memiliki susunan 50% berat totalnya. Tanah berbutir kasar dikelompokkan dalam dua simbol, yaitu G adalah simbol untuk kerikil (*gravel*), sedangkan S digunakan untuk pasir (*sand*).
- b. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), merupakan tanah yang tersusun lebih dari 50% berat total. Tanah berbutir halus dikelompokkan dalam beberapa jenis, yaitu M merupakan tanah lanau (*silt*), C adalah tanah lempung (*clay*), dan O untuk tanah lanau-organik.

Berikut merupakan simbol – simbol yang digunakan pada sistem klasifikasi USCS.

- G = Kerikil (*Gravel*)
- S = Pasir (*Sand*)
- C = Lempung (*Clay*)
- M = Lanau (*Silt*)
- O = Lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)
- Pt = Tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)
- W = Gradasi baik (*well-graded*)
- P = Gradasi buruk (*poorly-graded*)
- H = Plastisitas tinggi (*high-plasticity*)
- L = Plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Klasifikasi tanah menurut sistem USCS dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified (USCS)*

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria laboratorium		
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus		
		Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir – lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
			Kerikil banyak kandungan butiran halus	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir – lempung	
	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)		SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk SW	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		
			SM	Pasir berlanau, campuran pasir – lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir – lempung		
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 bauan atau pasir halus berlanau atau berlempung			
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")			
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
	Lanau dan lempung batas cair > 50 %	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis			
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")			
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi		P <sub>t</sub>	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Hardiyatmo (2010)

#### 4. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) adalah suatu metode untuk mengklasifikasikan tanah yang berkaitan dengan perancangan jalan dan berfungsi untuk menentukan perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade* jalan. Dalam sistem klasifikasi tanah AASHTO, tanah dibagi menjadi 8 kelompok, yaitu A-1 hingga A-8, termasuk sub-sub kelompok di dalamnya. Sistem ini melakukan evaluasi pada setiap kelompok menggunakan rumus – rumus empiris melalui pengujian analisa saringan dan batas – batas *atterberg*. Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.



**Tabel 3. 2 Sistem Klasifikasi AASHTO**

Uraian	Material Granuler (<35% lolos saringan no.200)							Material Granuler (>35% lolos saringan no.200)			
	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
Analisa 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 maks	36 maks	36 maks	36 maks
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	16 maks	20 maks
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pasir batu, kerikil, dan pasir		Pasir Halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah Lempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Sumber: Hardiyatmo (2010)

Catatan:

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

Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5

Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6

Np = Non plastis

Tanah berbutir halus diklasifikasikan dalam kelompok A-4 sampai A-7 dimana tanah tersebut merupakan tanah lempung-lanau. Perbedaan klasifikasi tersebut berdasarkan pada batas cair dan batas plastis tanah. Kelompok A-4 merupakan tanah lanau yang memiliki sifat plastisitas rendah. Kelompok A-5 adalah tanah lanau yang mengandung butiran plastis lebih banyak. Kelompok A-6 yaitu tanah lempung yang tersusun dari butiran pasir dan kerikil dengan sifat kembang susut yang tinggi. Kelompok A-7 merupakan tanah yang memiliki sifat plastis.

### 3.3 Tanah Lempung

Das (1995) menjelaskan tanah lempung (*clay*) terdiri dari agregat partikel-partikel yang sangat kecil, baik mikroskopik maupun submikroskopik, yang berasal dari pembusukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung akan menghasilkan reaksi tertentu apabila dicampur dengan air sehingga menghasilkan sifat plastis yang tinggi dan lengket (kohesif), sedangkan pada keadaan kadar air rendah sifat plastisnya akan menurun secara drastis.

Hardiyatmo (2010), menjelaskan bahwa tanah lempung memiliki beberapa karakteristik yaitu:

1. Ukuran butiran sangat kecil, kurang dari 0,002 mm,
2. Memiliki nilai permeabilitas yang rendah,
3. Kenaikan air kapiler tinggi,
4. Sangat kohesif,
5. Memiliki sifat kembang susut yang tinggi, dan
6. Proses konsolidasi berlangsung sangat lambat.

### 3.4 Stabilisasi Tanah

Hardiyatmo (2010) menjelaskan bahwa, stabilisasi tanah adalah metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat teknis tanah agar memenuhi standar atau persyaratan tertentu. Pada dasarnya stabilisasi tanah merupakan suatu upaya yang

dilakukan untuk menyusun kembali butiran tanah agar lebih rapat dan saling mengunci sehingga daya dukung tanah dapat meningkat.

Stabilisasi tanah dilakukan untuk mengubah sifat – sifat teknis tanah seperti daya dukung, permeabilitas, kompreibilitas, dan sensitivitas terhadap perubahan kadar air. Stabilisasi tanah dilakukan sesuai dengan kebutuhan konstruksi yang sedang berlangsung di atas tanah itu sendiri. Kesesuaian tersebut dapat diindikasikan dari meningkatnya nilai CBR atau kuat geser tanah.

Ingles dan Metcalf (1977) secara umum, stabilisasi tanah dibagi menjadi tiga jenis: stabilisasi mekanik, stabilisasi fisik, dan stabilisasi kimiawi.

#### 1. Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik merupakan suatu metode stabilisasi yang bertujuan untuk memperoleh kepadatan tanah secara maksimum. Metode ini biasa dilakukan dengan cara mengganti tanah asli dengan tanah baru yang memiliki daya dukung yang lebih tinggi, mengatur gradasi tanah, kemudian dilakukan pemadatan dengan alat berat seperti *roller*.

#### 2. Stabilisasi Fisik

Stabilisasi fisik adalah metode yang digunakan untuk mengubah sifat-sifat tanah menggunakan teknik fisik seperti pemanasan, pendinginan, atau penerapan arus listrik, tanpa menggunakan bahan kimia.

#### 3. Stabilisasi Kimiawi

Stabilisasi kimiawi adalah metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan bahan kimia, seperti semen, kapur, atau aditif lain untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan kinerja tanah.

### 3.5 Serbuk Limbah Marmer

Marmer adalah batuan yang terbentuk dari proses peralihan batu gamping. Batu marmer dapat diolah menjadi berbagai macam perabotan rumah tangga, seperti lantai, meja, hiasan dinding, ataupun ornamen lainnya. Bagian selatan Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur menjadi salah satu daerah dengan penghasil

marmer terbesar Indonesia. Batuan marmer tersebut nantinya diolah menjadi kerajinan yang memiliki nilai investasi tinggi.

Ada beberapa ciri yang dimiliki oleh serbuk limbah marmer, yaitu warnanya yang abu kehitaman dan memiliki permukaan keras bercampur butiran halus seperti semen yang bercampur air. Ukuran marmer sangat beragam dari bongkahan yang besar sampai bongkahan kecil. Serbuk limbah marmer dihasilkan dari sisa pemotongan dan pengolahan marmer yang dibuat menjadi kerajinan. Pemanfaatan serbuk limbah marmer sebagai bahan stabilisasi tanah merupakan alternatif yang bisa digunakan untuk memanfaatkan limbah marmer yang ada agar tidak terjadi penumpukan.

Hasil penelitian PT. Sucofindo Jakarta yang dikutip oleh Harianto dan Masri (2016) menyebutkan bahwa komposisi yang terkandung dalam limbah marmer dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

**Tabel 3. 3 Komposisi Limbah Marmer**

No.	Senyawa	Uraian	Persentase
1.	CaO	Kalsium oksida	52,69%
2.	CaCO <sub>3</sub>	Kalsium karbonat	41,92%
3.	MgO	Magnesium oksida	0,84%
4.	MgCO <sub>3</sub>	Magnesium karbonat	1,76%
5.	SiO <sub>2</sub>	Silikon dioksida	1,62%
6.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminium oksida + besi oksida	0,37%

Sumber : Harianto dan Masri (2016)

Susunan partikel yang ada dalam limbah marmer hampir sama seperti kapur. Menurut Tjokrodinuljo (1992) kandungan CaO (kalsium oksida) yang tinggi pada limbah marmer, ketika bereaksi dengan H<sub>2</sub>O (air), akan membentuk Ca(OH)<sub>2</sub> (kalsium hidroksida) dan melepaskan panas. Ca(OH)<sub>2</sub> kemudian mengikat CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) untuk membentuk CaCO<sub>3</sub>, yang bersifat keras dan tidak larut dalam air, sehingga dapat meningkatkan sifat mikro struktur dan mekanik tanah.

### 3.6 Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanis Tanah

Kondisi tanah yang berbeda pada setiap daerah menjadi salah satu alasan untuk melakukan pengujian sifat fisik tanah. Pada penelitian ini, jenis tanah yang digunakan adalah lempung dengan kondisi terganggu. Sampel tanah diambil

dengan menggali tanah dan kemudian lapisan permukaan dibuang tanah di bawah permukaan dikumpulkan dalam karung kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan uji sifat fisik dan sifat mekanik tanah.

### 3.6.1 Uji Propertis Tanah

Uji propertis tanah merupakan suatu cara yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia dari tanah. Pengujian ini sangat diperlukan pada dunia konstruksi karena memerlukan pengetahuan mengenai sifat – sifat tanah yang akan digunakan sebagai dasar struktur, sehingga diketahui perawatan tanah tersebut agar tanah dasar tidak rusak ketika digunakan.

#### 1. Uji Kadar Air Tanah

Kadar air tanah adalah persentase perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) yang terdapat dalam tanah dan berat tanah kering ( $W_s$ ). Pengujian kadar air tanah dilakukan untuk menentukan persentase air yang terkandung dalam tanah tersebut. Kadar air tanah dapat diketahui melalui Persamaan 3.1 berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan:

$w$  = Kadar air (%),

$W_w$  = Berat air (gram), dan

$W_s$  = Berat tanah kering (gram).

#### 2. Berat Volume

Berat volume tanah adalah rasio antara berat tanah dan volume tanah itu sendiri. Pengujian berat volume dilakukan untuk menentukan berat volume suatu sampel tanah. Nilai berat volume dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (3.2)$$

dengan:

$\gamma$  = Berat volume tanah (gram/cm<sup>3</sup>),

$W$  = Berat tanah basah (gram), dan

$V$  = Volume tanah total (cm<sup>3</sup>).

### 3. Uji Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah rasio antara berat butiran tanah dan berat air destilasi dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian berat jenis dilakukan untuk menentukan berat jenis tanah yang diuji. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai berat jenis tanah dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.3)$$

dengan:

$G_s$  = Berat jenis tanah,

$\gamma_s$  = Berat volume butiran padat (gram/cm<sup>3</sup>), dan

$\gamma_w$  = Berat volume air (gram/cm<sup>3</sup>).

Berat jenis ( $G_s$ ) tidak memiliki satuan atau dimensi. Umumnya, berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 hingga 2,75. Nilai – nilai berat jenis tanah dapat diketahui pada Tabel 3.4 berikut.

**Tabel 3. 4 Berat Jenis Tanah**

Macam Tanah	Berat Jenis ( $G_s$ )
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,28

Sumber: Hardiyatmo (2010)

#### 3.6.2 Analisis Ukuran Butiran

Hardiyatmo (2010) menjelaskan bahwa analisis ukuran butiran tanah merupakan sebuah cara yang digunakan untuk menentukan persentase berat butiran tanah pada setiap unit saringan dengan diameter lubang tertentu. Sifat – sifat tanah sangat dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah. Selain itu, klasifikasi tanah juga ditentukan berdasarkan ukuran butiran tanah. Analisis ukuran butiran dibagi menjadi 2, yaitu analisa saringan dan analisa hidrometer.

## 1. Analisa Saringan

Analisa saringan digunakan untuk menentukan sebaran atau distribusi butiran kasar tanah. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan tanah pada satu unit saringan kemudian saringan diguncangkan. Berat tanah yang tertahan pada setiap saringan ditimbang dan dihitung persentasenya terhadap berat tanah kumulatif. Satu unit saringan tersusun dari beberapa saringan dengan ukuran lubang yang berbeda untuk setiap saringannya. Susunan ukuran saringan yang digunakan untuk pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3. 5 Saringan Berdasarkan Diameter Lubang**

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	0,82	200	0,075
30	0,60	270	0,053

Sumber: Hardiyatmo (2010)

## 2. Analisa Hidrometer

Hardiyatmo (2010) menyebutkan bahwa distribusi tanah berbutir halus dapat ditentukan melalui sedimentasi menggunakan pengujian hidrometer. Hukum Stokes menjelaskan bahwa kecepatan pengendapan butiran dalam larutan suspensi dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.4 berikut.

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\mu} D^2 \quad (3.4)$$

dengan:

$v$  = Kecepatan, diperoleh dari jarak/waktu (L/t),

$\gamma_s$  = Berat volume butiran padat (gram/cm<sup>3</sup>),

$\gamma_w$  = Berat volume air (gram/cm<sup>3</sup>),

$\mu$  = Kekentalan air absolut (g.det/cm<sup>2</sup>), dan

$D$  = Diameter butiran tanah (mm).

Sampel tanah yang digunakan pada pengujian hidrometer harus terhindar dari zat organik. Kemudian, sampel tanah dilarutkan dengan air destilasi yang dicampur dengan *sodium hexametaphosphate* untuk memisahkan partikel-partikel tanah. Selanjutnya, larutan suspensi dituangkan ke dalam tabung hidrometer. Kemudian tabung diguncang kanan dan kiri selama kurang lebih 1 menit. Setelah itu, dilakukan pembacaan menggunakan hidrometer. Ketika hidrometer dimasukkan ke dalam larutan suspensi (pada waktu  $t$  yang dihitung sejak awal sedimentasi), hidrometer secara otomatis mengukur berat jenis larutan di sekitar gelembung hidrometer pada kedalaman  $L$ . Pada waktu  $t$ , partikel-partikel tanah dalam larutan suspensi pada kedalaman  $L$  memiliki diameter yang lebih kecil dari  $D$ , yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \quad \text{dengan} \quad K = \sqrt{\frac{30\mu}{G_s - 1}} \quad (3.5)$$

dengan:

$D$  = Diameter butiran tanah (mm),

$K$  = Konstanta yang dipengaruhi oleh  $G_s$  dan  $\mu$ ,

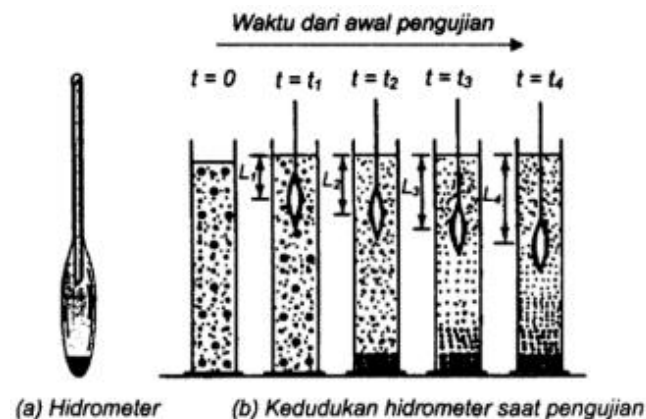
$L$  = Kedalaman hidrometer (cm),

$T$  = Waktu pengendapan (menit),

$\mu$  = Kekentalan air absolut ( $\text{g}\cdot\text{det}/\text{cm}^2$ ), dan

$G_s$  = Berat jenis tanah.

Skema pengujian hidrometer dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



**Gambar 3.1 Alat Uji Hidrometer**

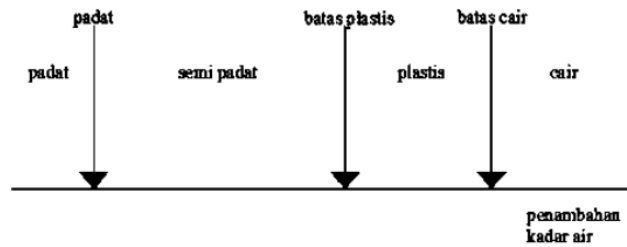
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Tanah dengan gradasi baik adalah tanah yang memiliki distribusi ukuran butir yang merata. Tanah berbutir kasar dianggap memiliki gradasi buruk jika sebagian besar berat butiran terkumpul dalam rentang diameter yang sempit. Tanah dengan distribusi butiran besar dan kecil yang rendah pada ukuran sedang juga termasuk dalam kategori gradasi buruk.

### 3.6.3 Batas – batas Atterberg

Hardiyatmo (2010) menyebutkan bahwa sifat plastisitas adalah faktor penting dalam tanah berbutir halus. Plastisitas merupakan gambaran dari kemampuan tanah untuk mempertahankan bentuk ketika terjadi perubahan volume yang konstan. Plastisitas terjadi akibat adanya partikel lempung dalam tanah.

Batas-batas konsistensi tanah berbutir halus diperoleh dari kandungan kadar air dalam tanah tersebut. Batas-batas konsistensi terdiri dari tiga jenis, yaitu batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Nilai batas cair dapat diketahui melalui pengujian menggunakan alat *casagrande*. Nilai batas susut diketahui dengan cara memasukkan tanah dalam cawan susut kemudian dioven. Setelah dioven diukur penyusutannya menggunakan air raksa. Sedangkan untuk nilai batas plastis diketahui dengan cara memilin tanah hingga tanah mengalami retakan. Batas – batas *atterberg* dapat ditentukan berdasarkan Gambar 3.2 berikut ini.

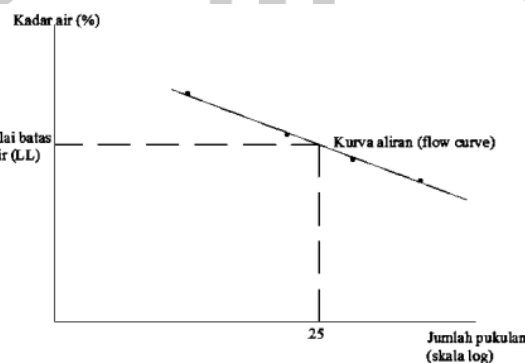


**Gambar 3. 2 Batas – batas Atterberg**

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

### 1. Batas Cair

Batas cair tanah adalah kadar air minimum di mana tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Pengujian batas cair dilakukan menggunakan alat *casagrande*. Tanah dimasukkan ke dalam cawan *casagrande* kemudian tanah dipisahkan selebar tiga mm kemudian alat dinyalakan dan alat akan secara otomatis mengetuk cawan yang berisi tanah tersebut. Alat dihentikan ketika tanah sudah menyatu kembali selebar 0,5 inci. Kemudian nilai ketukan dicatat dan dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan digunakan untuk menentukan kadar air pada 25 kali ketukan. Grafik batas cair dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



**Gambar 3. 3 Grafik Penentuan Batas Cair Tanah**

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

### 2. Batas Plastis

Batas plastis adalah kadar air minimum di mana tanah berada dalam kondisi plastis, atau dapat diartikan sebagai kadar air di antara keadaan plastis dan semi-padat. Nilai batas plastis dapat ditentukan dengan cara memilin tanah lempung

hingga mencapai ukuran 3,2 mm, setelah itu tanah tersebut mengalami retakan. Nilai batas plastis dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 3.6 berikut.

$$PL = \frac{W_p + W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3.6)$$

dengan:

PL = Batas plastis tanah (%),

Wp = Berat tanah basah pada kondisi plastis (gram), dan

Wk = Berat tanah kering (gram).

### 3. Batas Susut

Batas susut adalah kadar air di mana tanah berada di antara kondisi semi-padat dan padat. Pada kondisi semi-padat dan padat, persentase kadar air menunjukkan penurunan kadar air tanpa adanya perubahan volume tanah. Volume tanah diukur dengan memasukkan sampel tanah ke dalam air raksa. Nilai batas susut dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7 berikut ini.

$$SL = \frac{V_o}{W_o} - \frac{1}{G_s} \times 100\% \quad (3.7)$$

dengan:

SL = Batas susut tanah (%),

Vo = Volume benda uji kering (cm<sup>3</sup>),

Wo = Berat benda uji kering (gram), dan

Gs = Berat jenis tanah.

### 4. Indeks plastisitas

Tanah dengan nilai indeks plastisitas tinggi menunjukkan kandungan lempung yang banyak, dan sebaliknya. Indeks plastisitas adalah selisih antara nilai batas cair dan batas plastis tanah. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$PI = LL - PL \quad (3.8)$$

dengan:

PI = Indeks plastisitas,

LL = Batas cair (%), dan

PL = Batas plastis (%).

Sifat, jenis, dan kohesi tanah dapat ditentukan dengan melihat nilai indeks plastisitas. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat tanah, jenis tanah, dan kohesi yang diuraikan oleh *Atterberg* pada tahun 1911 dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

**Tabel 3. 6 Nilai Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah**

PI	Sifat	Jenis 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 (2010)

#### 3.6.4 Pemasatan Tanah

Pemasatan tanah merupakan suatu cara yang dilakukan untuk mencapai kepadatan maksimum tanah dengan menggunakan energi mekanis untuk memampatkan partikel tanah. Proses ini umumnya diterapkan pada tanah dengan daya dukung rendah untuk meningkatkan kapasitas dukungnya. Hardiyatmo (2010) menjelaskan tujuan pemasatan tanah sebagai berikut.

1. Meningkatkan kuat geser tanah,
2. Mengurangi sifat mudah mampat,
3. Menurunkan permeabilitas,
4. Mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air, serta
5. Menentukan kepadatan tanah berdasarkan berat volume tanah kering yang telah dipadatkan.

Pengujian kepadatan di laboratorium dilakukan untuk memperoleh kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum dari tanah. Kedua data tersebut nantinya akan digunakan pada pengujian di lapangan. Hubungan antara berat volume kering, berat volume basah, dan kadar air dapat dilihat pada Persamaan 3.9 berikut.

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

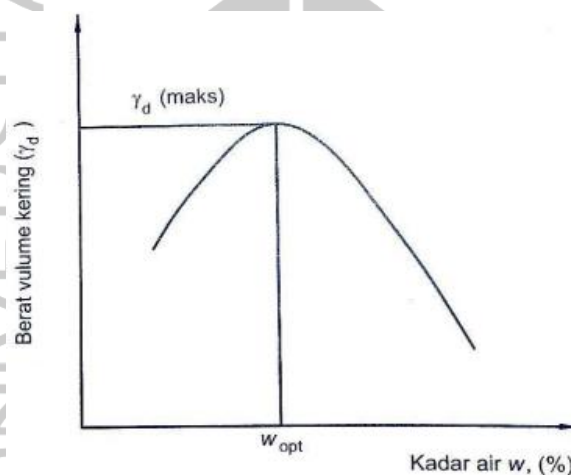
dengan:

$\gamma_d$  = Berat volume tanah kering (gram/cm<sup>3</sup>),

$\gamma$  = Berat volume tanah basah (gram/cm<sup>3</sup>), dan

$w$  = Kadar air (%).

Hasil dari pengujian proktor standar dibuat grafik hubungan antara berat volume kering dan kadar air, kemudian puncak dari grafik tersebut menunjukkan nilai kadar air optimum dari sampel tanah yang diuji. Kurva berat volume kering dan kadar air dapat diketahui pada Gambar 3.4 berikut.

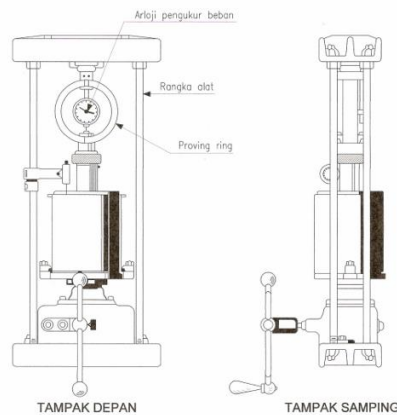


**Gambar 3. 4 Grafik Hubungan antara Berat Volume Kering dan Kadar Air**  
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

### 3.6.5 Pengujian CBR

CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan pengujian daya dukung tanah yang dikembangkan oleh *California State Highway Departement*. Prinsip dari pengujian ini yaitu pengujian penetrasi dengan menancapkan dial pada sampel tanah kemudian diperoleh nilai kekuatan tanah dasar yang diperlukan untuk perkerasan. Hasil nilai CBR diperoleh dengan membandingkan beban penetrasi suatu bahan dengan bahan standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang

sama. Berikut merupakan peralatan yang digunakan untuk pengujian CBR dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



**Gambar 3. 5 Alat Uji CBR Laboratorium**

(Sumber : SNI 1744:2012)

Pengujian CBR dapat dilakukan di laboratorium maupun di lapangan. Pengujian ini mengikuti pedoman SNI-1744-2012. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban secara bertahap hingga kecepatan penetrasi mendekati 0,05 inci/menit. Beban dicatat pada interval penetrasi 0,025 inci hingga mencapai penetrasi 0,05 inci. Nilai CBR dihitung pada penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci. Hasil dari kedua perhitungan tersebut kemudian dibandingkan, dan nilai CBR terbesar diambil sesuai dengan SNI-1744-2012. Perhitungan beban  $P$  dalam lbs dapat diketahui berdasarkan Persamaan 3.10 di bawah ini.

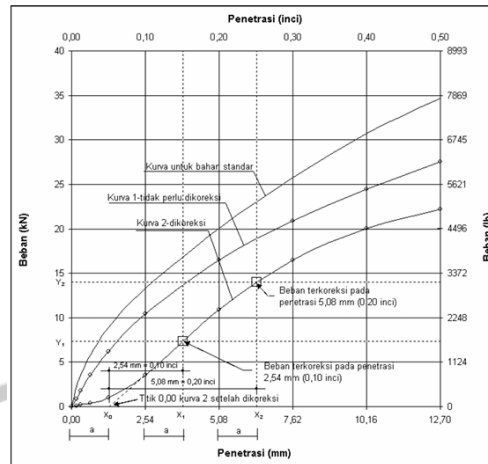
$$\text{Beban } P = k \times \text{dial} \quad (3.10)$$

dengan:

$k$  = nilai kalibrasi (lbs) dan

dial = pembacaan dial (div)

Selanjutnya, hubungan antara beban  $P$  dan kedalaman penetrasi digambarkan dalam bentuk grafik. Pada awalnya, kurva beban akan cekung karena pemadatan yang tidak merata atau faktor lainnya. Oleh sebab itu, titik nol perlu dikoreksi. Di bawah ini merupakan grafik hubungan antara beban dan penetrasi pada Gambar 3.6.



**Gambar 3. 6 Kurva Hubungan antara Beban dan Penetrasi**  
(Sumber : SNI 1744:2012)

Nilai penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci dapat diketahui dengan rumus pada Persamaan 3.11 dan Persamaan 3.12 di bawah ini.

$$CBR_{0,1''} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,1'' \text{ (lbs)}}{3000 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (3.11)$$

$$CBR_{0,2''} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,2'' \text{ (lbs)}}{4500 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (3.12)$$

Hasil pengujian CBR digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan jalan. Tanah dasar atau *subgrade* adalah tanah asli yang telah dipadatkan hingga mencapai 95% dari kepadatan maksimum. Oleh karena itu, daya dukung tanah mengacu pada kemampuan lapisan tanah untuk menahan beban setelah dipadatkan. Nilai CBR yang tinggi berarti lapisan perkerasan di atasnya dapat dibuat lebih tipis, sedangkan nilai CBR yang rendah memerlukan lapisan perkerasan yang lebih tebal. Di laboratorium, terdapat dua jenis pengujian CBR, yaitu CBR laboratorium rendaman dan CBR laboratorium tanpa rendaman.

Nilai CBR yang direncanakan untuk tanah dasar didapat dari nilai CBR rendaman selama 4 hari dengan tingkat kepadatan 95% dari berat kering maksimum standar. Klasifikasi nilai CBR untuk *subgrade* jalan dapat dilihat pada Tabel 3.7.

**Tabel 3. 7 Klasifikasi Nilai CBR untuk *Subgrade* Jalan**

	Posisi Muka Air Tanah		Di bawah Standar Minimum	Sesuai Desain Standar	$\geq 1200$ 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 di atas 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

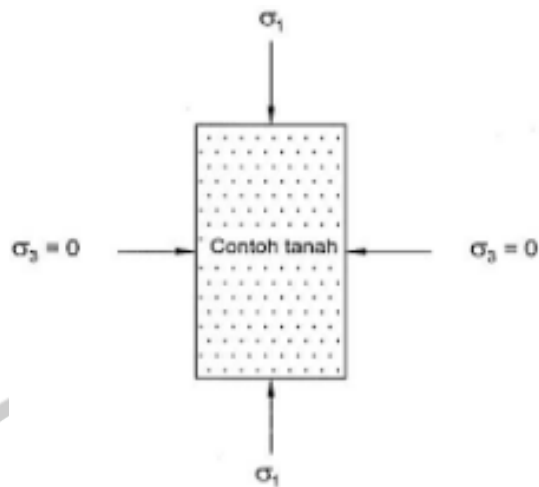
\* LAP : Level Akhir Permukaan

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

### 3.6.6 Tekan Bebas

Kuat tekan bebas ( $q_u$ ) adalah tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji sebelum mengalami keruntuhan geser. Derajat kepekaan atau sensitivitas ( $S_t$ ) adalah perbandingan antara kuat tekan bebas dalam kondisi asli dan kondisi *remolded*. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur sudut geser dalam ( $\phi$ ), kohesi ( $c$ ), dan kuat tekan tanah.

Kuat tekan bebas adalah tekanan aksial yang dialami benda uji saat terjadi keruntuhan atau saat regangan aksial mencapai 20%. Benda uji berbentuk silinder, dengan tinggi yang harus antara dua hingga tiga kali diameter silinder tersebut. Untuk menentukan kekuatan tanah dalam pengujian ini, benda uji dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam tabung yang diisi oli sambil ditekan-tekan. Setelah itu, benda uji dikeluarkan dan ditempatkan di bawah mesin tekan. Pembacaan dilakukan pada jarum dial dan jarum *proving* ring hingga benda uji mengalami keruntuhan. Contoh skema uji tekan bebas dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini.



**Gambar 3. 7 Skema Uji Tekan Bebas**

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Kuat tekan bebas dinyatakan dalam Persamaan 3.13 berikut ini.

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

dengan:

- $q_u$  = kuat tekan bebas,
- $Q$  = besar tekanan vertikal, dan
- $A$  = luasan permukaan.

Menghitung kohesi tanah dinyatakan dalam Persamaan 3.14 berikut ini.

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

dengan:

- $C_u$  = Kohesi tanah (Ton/m<sup>2</sup>),
- $q_u$  = Kuat tekan bebas. dan
- $\alpha$  = Sudut keruntuhan (°).

Sudut gesek tanah dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 3.15 berikut.

$$\phi = 2(\alpha - 45) \quad (3.15)$$

dengan:

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah ( $^{\circ}$ ),

$\alpha$  = Sudut keruntuhan ( $^{\circ}$ ).

Tabel nilai hubungan kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah lempung dengan konsistensinya dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut ini.

**Tabel 3. 8 Hubungan Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) Tanah Lempung dengan Konsistensinya**

Konsistensi	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
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, 2002)

### 3.6.7 Swelling

*Swelling* atau biasa disebut dengan kembang susut tanah merupakan suatu pengembangan yang terjadi karena masuknya air ke dalam pori – pori tanah yang menggantikan udara akibat penambahan beban. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai persentase pengembangan dan tekanan ketika tanah diberi beban di atasnya. Uji *swelling* 3D merupakan salah satu cara yang bisa dilakukan untuk mengetahui perilaku tanah kembang susut untuk digunakan dalam memilih fondasi dan membantu memprediksi perilaku tanah yang mungkin akan terjadi ketika kondisi kering maupun terendam. Berikut merupakan cara untuk menentukan nilai dari *factor swell* dapat dilihat pada Persamaan 3.16.

$$S_w = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3.16)$$

dengan:

$S_w$  = pengembangan,

$\Delta L$  = perubahan tinggi (mm), dan

$L_0$  = tinggi sampel mula – mula (mm).

### 3.7 Konstruksi Perkerasan Jalan

Konstruksi perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan campuran aspal sebagai lapisan permukaan, berfungsi untuk mendistribusikan beban ke lapisan-lapisan di bawahnya. Adapun susunan perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

1. Tanah dasar (*sub grade*)

Tanah dasar adalah lapisan yang berada pada posisi paling bawah dalam suatu perkerasan lentur. Tanah dasar berada di atas galian atau permukaan tanah timbunan yang telah dipadatkan. Fungsi dari tanah dasar ini sendiri yaitu untuk memerikan kekuatan struktural bagi lapisan – lapisan di atasnya dan menahan beban akibat lintas kendaraan. Daya dukung tanah dasar yang baik sangat dibutuhkan dalam perkerasan lentur, karena semakin baik daya dukung tanah dasar maka lapisan di atasnya akan semakin tipis dan lebih hemat biaya.

2. Lapisan fondasi bawah (*sub base course*)

Lapisan fondasi bawah terletak di atas tanah dasar dan tersusun dari agregat kasar seperti batu pecah, tanah timbunan, atau material lain yang memiliki karakteristik yang kuat dan tanah lama. Fungsi lapis fondasi bawah yaitu sebagai lapis penyokong yang mampu menyebar luaskan beban dari lapisan atas ke lapisan tanah dasar.

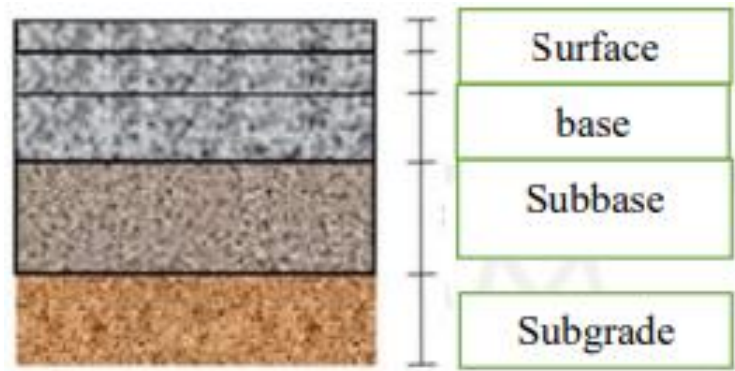
3. Lapis fondasi (*base course*)

Lapisan fondasi berfungsi sebagai lapisan yang mendistribusikan beban ke lapis fondasi bawah dan tanah dasar. Lapisan fondasi terletak di antara lapis fondasi bawah dan lapis permukaan.

4. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan terletak di bagian paling atas dari struktur perkerasan jalan. Fungsi dari lapis perkerasan yaitu sebagai pelindung lapisan yang ada di bawahnya. Lapisan ini tersusun dari agregat dan aspal.

Berikut merupakan Gambar 3.8 susunan lapis perkerasan.



**Gambar 3. 8 Lapis Perkerasan**

### 3.8 Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2017

Manual desain perkerasan jalan tahun 2017 merupakan pedoman desain yang diterbitkan oleh Bina Marga, yang secara intensif mengadopsi prinsip-prinsip desain tebal perkerasan dari AASHTO 1993. Hal ini tercermin dalam metodologi perancangannya yang lebih sederhana, dengan menggunakan bagan desain sebagai dasar utama untuk menentukan tebal perkerasan, terutama pada jalan-jalan desa dengan nilai *Equivalent Standard Axle* (ESA) yang rendah. Langkah – langkah perancangan untuk metode desain perkerasan jalan adalah sebagai berikut.

1. Tentukan umur rencana jalan.,
2. Kumpulkan data lalu lintas; dalam penelitian ini, LHR tidak diperoleh dari survei lapangan, melainkan dari nilai LHR estimasi manual perkerasan jalan 2017 sesuai Tabel 3.9.
3. Tentukan nilai CBR rencana dengan membandingkan CBR rendaman 4 hari tanah yang distabilisasi dengan empat kali nilai CBR tanah asli dan nilai CBR tanah asli dikalikan 2 pangkat tebal stabilisasi.
4. Sesuaikan beban lalu lintas desain aktual (ESA4) yang diperoleh dari Tabel 3.9 dengan nilai FF1 pada Tabel 3.10 untuk desain perkerasan lentur dengan HRS.

Metode ini mengadopsi pendekatan teknis yang sederhana dan mudah dipahami, bahkan dengan data primer setempat yang minim. Perkiraan lalu lintas untuk jalan perdesaan dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut ini.

**Tabel 3. 9 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan Lalu Lintas Rendah**

Deskripsi Jalan	LHR Dua Arah (Kend/hari)	Kendaraan Berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pengali Pertumbuhan Kumulatif Lalu Lintas	Kelompok Sumbu/Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG (kelompok sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban Lalu Lintas Desain aktual (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.354*	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan Kecil Dua Arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	$7 \times 10^4$
Jalan Lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	$8 \times 10^5$
Akses Lokal Daerah Industri/ <i>Quarry</i>	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^5$
Jalan Kolektor	500	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	$5 \times 10^6$

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Dalam Manual Perkerasan Jalan 2017, terdapat beberapa pilihan bahan perkerasan, yaitu perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Perkerasan kaku biasanya digunakan pada jalan dengan lalu lintas tinggi, sedangkan perkerasan lentur cocok untuk jalan dengan lalu lintas rendah seperti jalan pedesaan. Berikut ini adalah tabel perencanaan tebal perkerasan dengan HRS yang umum digunakan untuk jalan dengan lalu lintas rendah. Hasil desain perkerasan lentur dengan HRS dapat dilihat pada Tabel 3.10 di bawah ini.

**Tabel 3. 10 Tabel Desain Perkerasan Lentur dengan HRS**

<b>Kumulatif Beban Sumbu 20 Tahun pada Jalur Rencana (<math>10^6</math> CESA<sup>5</sup>)</b>	<b>FFI &lt; 0,5</b>	<b>0,5 &lt; FFI &lt; 4</b>
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA kelas A	150	250
LFA kelas A atau LFA kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR lebih dari 10%	150	125

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah pendekatan yang digunakan untuk mengumpulkan data dengan tujuan tertentu melalui rangkaian tahapan yang sistematis. Dalam tugas akhir ini, metode yang diterapkan adalah pengujian di laboratorium, di mana variabel tertentu diuji, dianalisis, dan menentukan untuk setiap variabel tersebut.

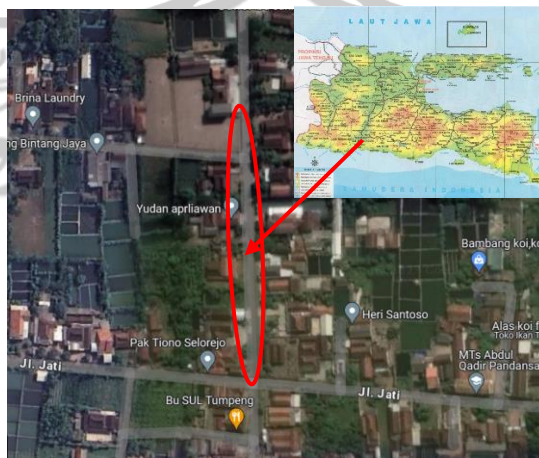
#### 4.2 Sumber dan Data Penelitian

Sumber dan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Data primer adalah informasi yang diperoleh langsung oleh peneliti melalui penelitian mandiri di lokasi penelitian. Dalam penelitian ini, data primer digunakan karena informasi diperoleh melalui pengujian di laboratorium.

##### 4.2.1 Bahan

##### 1. Tanah Lempung

Tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah lempung terganggu yang di ambil dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung. Gambar 4.1 merupakan lokasi pengambilan sampel.



**Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah**

## 2. Marmer

Bahan tambahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah lempung yaitu serbuk limbah marmer. Serbuk limbah marmer yang digunakan diperoleh dari industri marmer di Kabupaten Tulungagung Jawa Timur. Serbuk limbah marmer dapat diperoleh dengan langkah berikut.

- a. Mengumpulkan serpihan marmer yang berbentuk endapan.
- b. Setelah itu, endapan tersebut dijemur selama tiga hari.
- c. Limbah yang sudah dijemur kemudian disaring menggunakan saringan berukuran nomor 40.
- d. Hasil saringan ini kemudian dikumpulkan dan dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi.

Gambar 4.2 merupakan serbuk limbah marmer yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 4. 2 Serbuk Limbah Marmer**

## 3. Jumlah Sampel dan Jenis Pengujian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian sifat fisik tanah, uji pemadatan standar, uji CBR, dan uji tekan bebas, seperti yang terdaftar pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel

No.	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Satuan
1	Pengujian sifat fisik tanah asli		
	a. Berat jenis tanah	2	buah
	b. Berat volume tanah	2	buah
	c. Kadar air tanah	2	buah
	d. Analisis saringan	2	buah
2	Uji Batas – Batas <i>Atterberg</i>		
	a. Uji batas cair tanah asli	2	buah
	b. Uji Batas plastis		
	1) Tanah asli	2	buah
	2) Tanah asli + marmer 5%	2	buah
	3) Tanah asli + marmer 10%	2	buah
	4) Tanah asli + marmer 15%	2	buah
	5) Tanah asli + marmer 20%	2	buah
	c. Uji batas susut tanah	2	buah
3	Uji Proktor Standar	2	buah
4	Uji CBR Tanah	2	buah
	a. Tanah asli	2	buah
	b. Pemeraman 1 hari		
	1) Tanah asli + marmer 5%	2	buah
	2) Tanah asli + marmer 10%	2	buah
	3) Tanah asli + marmer 15%	2	buah
	4) Tanah asli + marmer 20%	2	buah
5	Uji Kuat Tekan Bebas		
	a. Pemeraman 1 hari		
	Tanah asli	2	buah
	Tanah asli + marmer 5%	2	buah
	Tanah asli + marmer 10%	2	buah
	Tanah asli + marmer 15%	2	buah
	Tanah asli + marmer 20%	2	buah
	b. Pemeraman 7 hari		
	Tanah asli	2	buah
	Tanah asli + marmer 5%	2	buah
	Tanah asli + marmer 10%	2	buah
	Tanah asli + marmer 15%	2	buah
	Tanah asli + marmer 20%	2	buah
6.	<i>Swelling</i>		
	Tanah asli	2	buah
	Tanah asli + marmer 5%	2	buah
	Tanah asli + marmer 10%	2	buah
	Tanah asli + marmer 15%	2	buah
	Tanah asli + marmer 20%	2	buah

#### 4.2.2 Peralatan

Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Peralatan yang digunakan meliputi alat untuk pengujian sifat fisik, serta alat untuk uji CBR dan uji tekan bebas.

#### 4.2.3 Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu pengujian pada tanah asli dan pengujian dengan penambahan bahan stabilisasi. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Pengujian pada tanah asli, meliputi:
  - e. pengujian kadar air,
  - f. pengujian berat jenis,
  - g. pengujian berat volume,
  - h. pengujian analisis saringan dan hidrometer,
  - i. pengujian batas – batas *atterberg*,
  - j. pengujian pemadatan tanah (*proctor standart*),
  - k. pengujian CBR,
  - l. pengujian *swelling*, dan
  - m. pengujian tekan bebas.
2. Pengujian pada tanah asli ditambah dengan bahan stabilisasi, meliputi:
  - a. pengujian pemadatan tanah (*proctor standart*),
  - b. pengujian CBR,
  - c. pengujian *swelling*, dan
  - d. pengujian tekan bebas.

#### 4.2.4 Tahap Penelitian

Langkah-langkah yang akan diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan tujuan penelitian.
2. Mencari dan mempelajari literatur serta penelitian terkait topik.
3. Mengumpulkan referensi yang diperlukan untuk penelitian.
4. Merumuskan masalah yang akan diteliti.

5. Melakukan pengujian sesuai dengan yang telah dijelaskan.
6. Menyimpulkan hasil dari pengujian.

#### 4.2.5 Tahap Analisis dan Pembahasan

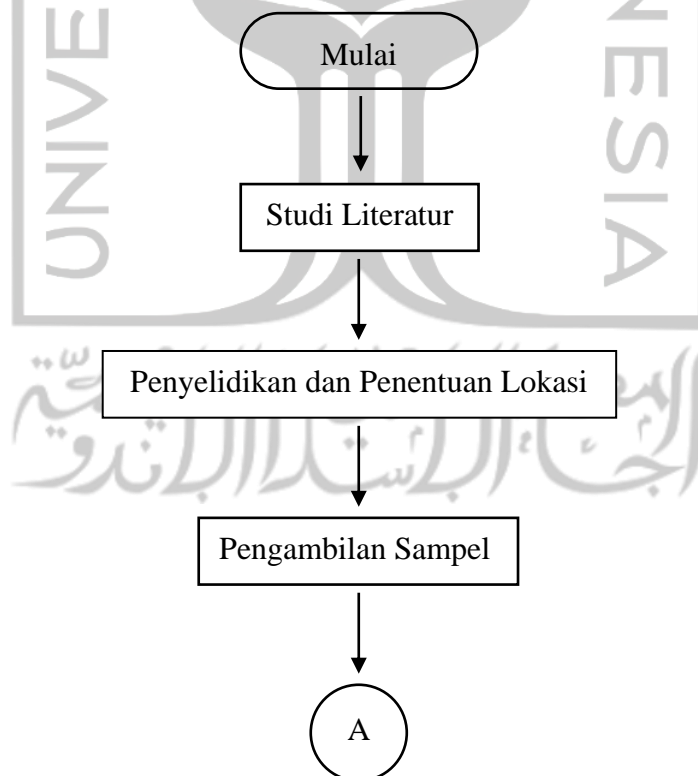
Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan diproses untuk menemukan jawaban atas rumusan masalah yang telah direncanakan.

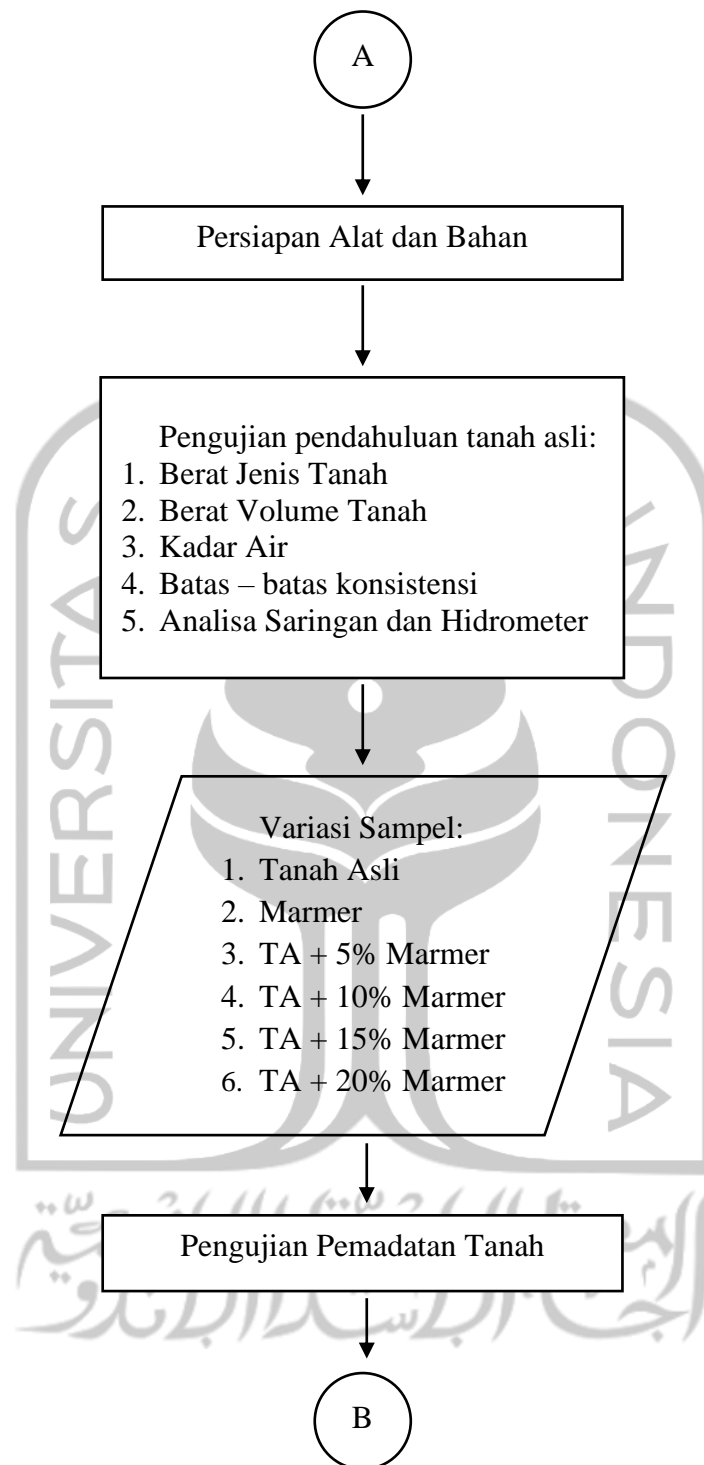
#### 4.2.6 Tahap Kesimpulan

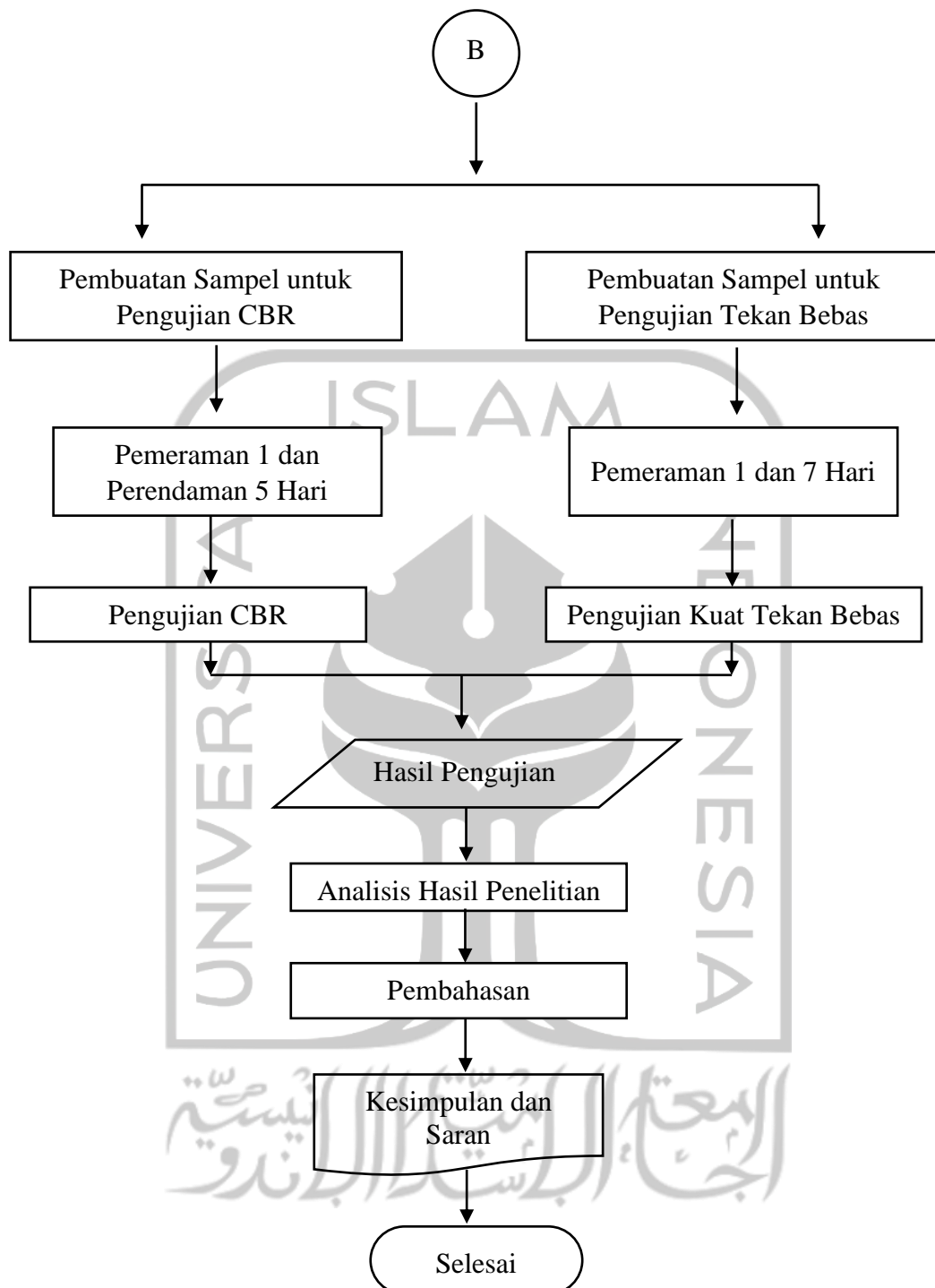
Di tahap kesimpulan ini, hasil yang diperoleh dari data yang telah dianalisis dan dibahas dijelaskan. Pada tahap ini, kesimpulan yang berkaitan dengan tujuan penelitian diuraikan.

### 4.3 Bagan Alir Penelitian

Supaya penelitian yang dilakukan terarah dan memiliki hasil yang baik, maka diperlukan adanya bagan alir sistematis pengerjaan penelitian yang benar. Terkait bagan alir penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 4.3 bawah ini.







**Gambar 4. 3 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari uji langsung di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini terdiri dari beberapa pengujian, yaitu uji sifat fisik tanah, sifat mekanik, dan uji pengaruh penambahan bahan stabilisasi serbuk limbah marmer terhadap nilai CBR dan kuat tekan. Tanah yang digunakan berasal dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung.

##### 5.1.1 Pengujian Kadar Air

Kadar air tanah adalah persentase perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) yang terdapat dalam tanah dan berat tanah kering ( $W_s$ ). Semakin banyak air yang terkandung di dalam tanah, maka kadar airnya akan semakin tinggi juga. Hasil pengujian kadar air dari tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

**Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli**

No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
1	Berat cawan	$W_1$	8,92	9,19	gram
2	Berat cawan + tanah basah	$W_2$	27,81	34,08	gram
3	Berat cawan + tanah kering	$W_3$	26,77	32,61	gram
4	Berat air	$W_w$	1,04	1,47	gram
5	Berat tanah kering	$W_s$	17,85	23,42	gram
6	Kadar air	$w$	5,826	6,277	%
7	Kadar air rata-rata	$w$	6,052		%

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kadar air pada tanah asli dari sampel 1 adalah sebesar 5,826% dan sampel 2 sebesar 6,277% dengan nilai kadar air rata – ratanya sebesar 6,052%.

### 5.1.2 Pengujian Berat Volume

Berat volume tanah adalah rasio antara berat tanah dan volume tanah itu sendiri. Pengujian berat volume dilakukan untuk menentukan berat volume suatu sampel tanah. Nilai berat volume tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

**Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli**

No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
1	Diameter ring	d	5,05	5,05	cm
2	Tinggi ring	t	1,90	1,90	cm
3	Volume ring	V	38,06	38,06	cm <sup>3</sup>
4	Berat ring	W <sub>1</sub>	36,22	36,22	gram
5	Berat ring + tanah basah	W <sub>2</sub>	98,28	98,11	gram
6	Berat tanah basah	W <sub>3</sub>	62,06	61,89	gram
7	Berat volume tanah	$\gamma$	1,63	1,63	gram /cm <sup>3</sup>
8	Berat volume rata-rata		1,63		gram /cm <sup>3</sup>

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai berat volume untuk sampel 1 sebesar 1,63 gram/cm<sup>3</sup> dan sampel 2 sebesar 1,63 gram/cm<sup>3</sup> dengan berat volume rata – rata sebesar 1,63 gram/cm<sup>3</sup>.

### 5.1.3 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah rasio antara berat butiran tanah dan berat air destilasi dengan volume yang sama pada suhu tertentu, temperatur yang digunakan pada pengujian ini adalah 27,5<sup>0</sup>. Hasil dari pengujian berat jenis tanah asli dan serbuk limbah marmer dapat dilihat pada Tabel 5.3, dan Tabel 5.4 di bawah ini.

**Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli**

No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
1	Berat piknometer	W <sub>1</sub>	28,39	28,24	gram
2	Berat piknometer + tanah kering	W <sub>2</sub>	40,73	40,63	gram
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W <sub>3</sub>	86,12	86,2	gram
4	Berat piknometer + air penuh	W <sub>4</sub>	78,39	78,42	gram
5	Suhu air	T	25	25	<sup>0</sup> C

**Lanjutan Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli**

No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
6	Berat jenis air pada suhu T	$\gamma_w$	0,9971	0,9971	
7	Berat jenis air pada suhu 27,5 C	$\gamma_w$	0,9964	0,9964	
8	Berat tanah kering	$W_s$	12,34	12,39	gram
9	A		90,73	90,81	gram
10	I		4,61	4,61	gram
11	Berat jenis tanah pada suhu T	$G_s$	2,68	2,69	
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	$G_s$	2,68	2,69	
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C		2,68		

**Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Serbuk Limbah Marmer**

No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
1	Berat piknometer	$W_1$	21,12	29,39	gram
2	Berat piknometer + tanah kering	$W_2$	36,06	41,1	gram
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	$W_3$	89,1	91,97	gram
4	Berat piknometer + air penuh	$W_4$	79,84	84,74	gram
5	Suhu air	t	25	25	<sup>0</sup> C
6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0,9971	0,9971	
7	Berat volume tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	$\gamma_w$	0,9964	0,9964	
8	Berat tanah kering	$W_s$	14,94	11,17	gram
9	A		94,78	96,45	gram
10	I		5,68	4,48	gram
11	Berat jenis tanah pada suhu T	$G_s$	2,63	2,61	
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	$G_s$	2,63	2,62	
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C		2,62		

Dari hasil pengujian, didapatkan nilai berat jenis rata – rata untuk taah asli sebesar 2,68, sedangkan berat jenis serbuk marmer sebesar 2,62.

#### 5.1.4 Pengujian Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer

Pengujian analisis saringan bertujuan untuk menentukan persentase distribusi ukuran butiran tanah yang tertahan pada saringan nomor 200. Sementara itu, pengujian analisis hidrometer dilakukan untuk mengetahui persentase ukuran

butiran tanah yang lolos dari saringan nomor 200. Hasil pengujian dari analisis saringan dan analisis hidrometer dapat dilihat pada Tabel 5.5, Tabel 5.6, Tabel 5.7, dan Tabel 5.8 di bawah ini.

**Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 1**

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tertahan	Berat Lolos	Persentase Tertahan	Persentase Lolos
	mm	gram	gram	%	%
4	4,76	0	110	0,00	100,00
10	2	0,08	109,92	0,07	99,93
20	0,84	0,2	109,72	0,18	99,75
40	0,42	1,65	108,07	1,50	98,25
60	0,25	7,08	100,99	6,44	91,81
100	0,149	18,76	82,23	17,05	74,75
200	0,075	2,83	79,4	2,57	72,18
Pan		79,4	0	72,18	0,00
TOTAL		110		100	
Berat tanah mula-mula				110	gram
Persentase lolos saringan 200				72,182	%

**Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli Sampel 1**

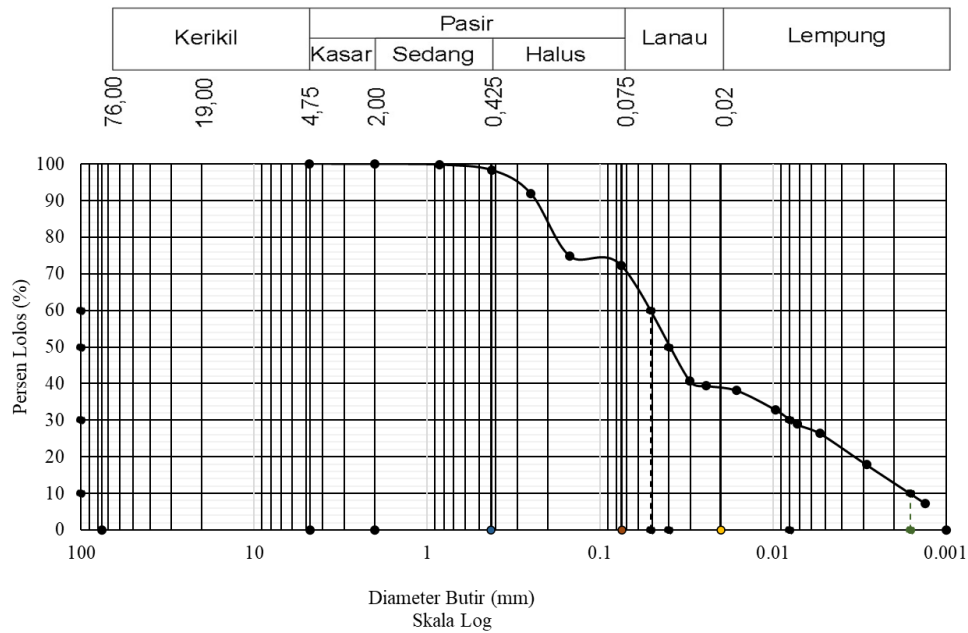
Waktu (menit)	Suhu	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Hidrometer Terkoreksi Meniskus	Kedalaman Efektif	L/t	Konstanta	Diameter
(t)	(T)	Ra	Rc	R	L (cm)		k	
0	26	65	67	68	5,8	0,000	0,01291	0,000
1	26	60	62	63	5,5	5,500	0,01291	0,030
2	26	57	60	61	7,0	3,500	0,01291	0,024
5	26	52	58	59	7,8	1,560	0,01291	0,016
15	26	48	50	51	8,4	0,560	0,01291	0,010
30	26	42	44	45	9,4	0,313	0,01291	0,007
60	26	38	40	41	10,1	0,168	0,01291	0,005
250	26	25	27	28	12,1	0,048	0,01291	0,003
1440	26	9	11	12	14,8	0,010	0,01291	0,001

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 2

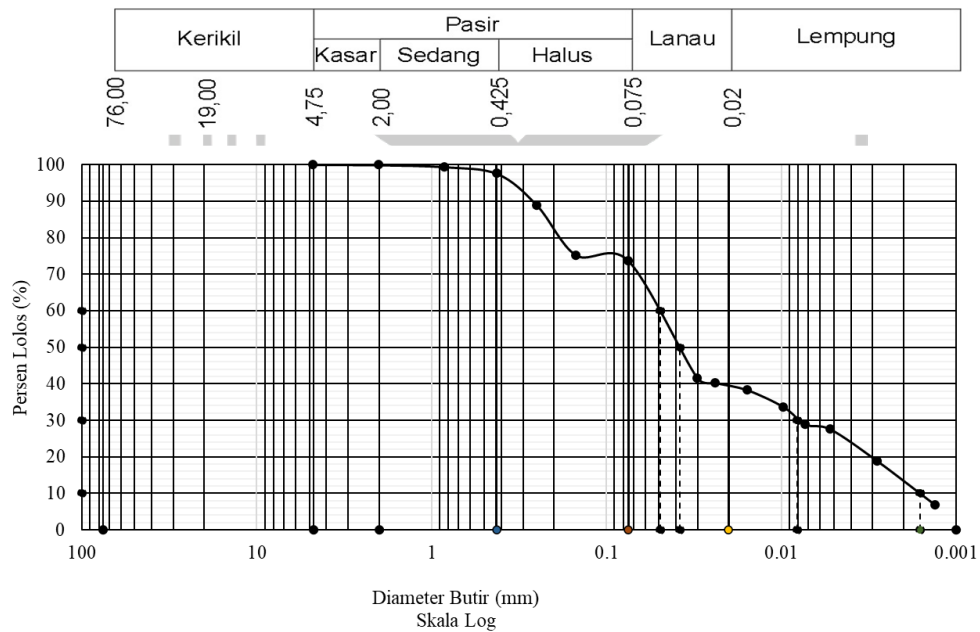
No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tertahan	Berat Lolos	Persentase Tertahan	Persentase Lolos
	mm	gram	gram	%	%
4	4,76	0	110	0,00	100,00
10	2	0.08	109,92	0,07	99,93
20	0,84	0.6	109,32	0,55	99,38
40	0,42	2.07	107,25	1,88	97,50
60	0,25	9.48	97,77	8,62	88,88
100	0,149	15.06	82,71	13,69	75,19
200	0,075	1.65	81,06	1,50	73,69
Pan		81	0	73,69	0,00
TOTAL		110		100	
Berat tanah mula-mula				110	gram
Persentase lolos saringan 200				73,69	%

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli Sampel 2

Waktu (menit)	Suhu	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Hidrometer Terkoreksi Meniskus	Kedalaman Efektif	L/t	Konstanta	Diameter
(t)	(T)	Ra	Rc	R	L (cm)		k	
0	26	64	66	67	58	0,000	0,01291	0,000
1	26	60	62	63	5,5	5,500	0,01291	0,030
2	26	58	60	61	6,8	3,400	0,01291	0,024
5	26	55	57	58	7,3	1,460	0,01291	0,016
15	26	48	50	51	8,4	0,560	0,01291	0,010
30	26	41	43	44	9,6	0,320	0,01291	0,007
60	26	39	41	42	9,9	0,165	0,01291	0,005
250	26	26	28	29	12	0,048	0,01291	0,003
1440	26	8	10	11	15	0,010	0,01291	0,001



**Gambar 5. 1 Grafik Analisis Butiran Tanah Sampel 1**



**Gambar 5. 2 Grafik Analisis Butiran Tanah Sampel 2**

Setelah melakukan analisis saringan dan hidrometer diperoleh jumlah fraksi butiran tanah. Jumlah fraksi butiran tanah yang terkandung dalam sampel uji dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

**Tabel 5. 9 Fraksi Butiran Tanah Asli**

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata	Satuan
Lolos #200	72,18	73,69	72,94	%
Kerikil	0	0	0	%
Pasir	27,82	26,31	27,07	%
Lanau	34,98	35,49	35,19	%
Lempung	38,07	38,20	38,14	%
D10	0,002	0,002	0,002	mm
D30	0,008	0,010	0,009	mm
D60	0,051	0,049	0,051	mm
$Cu = D_{60}/D_{10}$	31,88	30,63	31,26	mm
$Cc = D_{30}^2/(D_{60} \times D_{10})$	0,784	0,837	0,81	mm

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa tanah asli dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur terdiri dari kerikil 0%, pasir 27,07%, lanau 35,19%, dan lempung 38,14%.

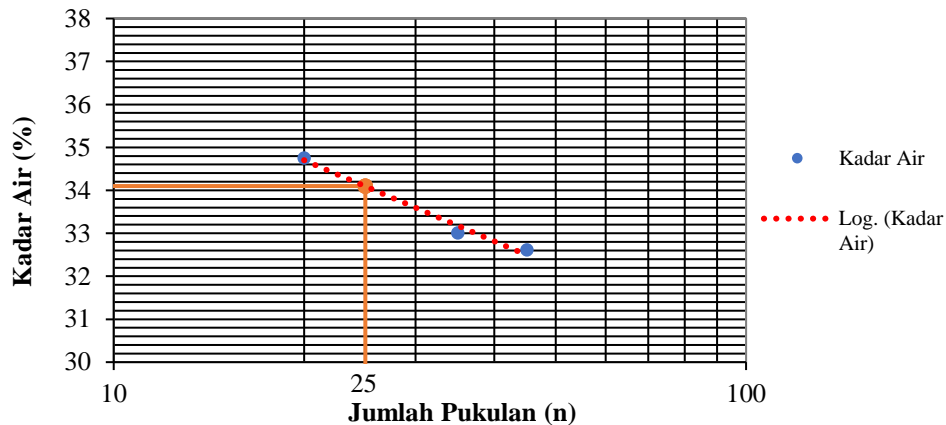
#### 5.1.5 Pengujian Batas – Batas *Atterberg*

##### 1. Pengujian Batas Cair

Pengujian batas cair bertujuan untuk mengetahui batas cair dari tanah. Batas cair digunakan untuk menentukan jenis dan sifat dari suatu tanah yang telah lolos saringan no. 40. Hasil pengujian batas cair sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.3, sedangkan untuk batas cair sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.4.

**Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 1**

Uraian	I		II		III		IV	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Berat Cawan, gram	8,95	12,83	8,79	8,91	9,08	12,88	12,81	13,05
Berat Cawan+Tanah Basah, gram	47,03	46,10	37,65	40,53	39,71	49,76	50,96	38,07
Berat Cawan+Tanah Kering, gram	36,72	37,10	30,22	32,36	32,14	40,57	41,32	32,09
Berat Air, gram	10,31	9,00	7,43	8,17	7,57	9,19	9,64	5,98
Berat Tanah Kering, gram	27,77	24,27	21,43	23,45	23,06	27,69	28,51	19,04
Kadar Air, gram	37,13	37,08	34,67	34,84	32,83	33,19	33,81	31,41
Kadar Air Rata-Rata, gram	37,10		34,76		33,01		32,61	
Jumlah Pukulan, n	13		20		35		45	

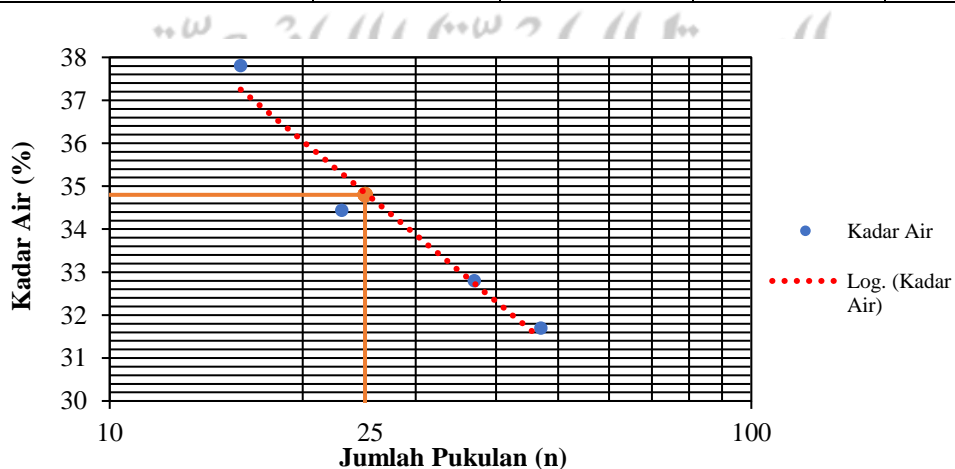


**Gambar 5. 3 Grafik Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 1**

Berdasarkan Grafik pengujian batas cair tanah asli sampel 1 diketahui bahwa nilai kadar air pada pukulan 25 sebesar 34,40%.

**Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 2**

Uraian	I		II		III		IV	
	1	2	3	4	5	6	7	8
No Cawan								
Berat Cawan, gram	8,83	9,01	8,91	12,91	12,76	8,98	12,91	13,17
Berat Cawan+Tanah Basah, gram	36,67	36,94	41,52	43,32	38,45	39,21	48,97	49,08
Berat Cawan+Tanah Kering, gram	29,09	29,22	33,22	35,48	32,10	31,75	40,26	40,47
Berat Air, gram	7,58	7,72	8,30	7,84	6,35	7,46	8,71	8,61
Berat Tanah Kering, gram	20,26	20,21	24,31	22,57	19,34	22,77	27,35	27,30
Kadar Air, gram	37,41	38,20	34,14	34,74	32,83	32,76	31,85	31,54
Kadar Air Rata-Rata, gram	37,81		34,44		32,80		31,69	
Jumlah Pukulan, n	16		23		37		47	



**Gambar 5. 4 Grafik Pengujian Batas Cair Tanah Asli Sampel 2**

Berdasarkan grafik pengujian batas cair tanah asli sampel 2 diketahui bahwa nilai kadar air pada pukulan 25 sebesar 34,80%. Dari pengujian kedua sampel tersebut diperoleh nilai kadar rata – rata sebesar 34,60%.

## 2. Pengujian Batas Plastis

Batas plastis adalah kadar air minimum di mana tanah berada dalam kondisi plastis, atau dapat diartikan sebagai kadar air di antara keadaan plastis dan semi-padat. Hasil pengujian batas plastis dapat dilihat pada Tabel 5.12 di bawah ini.

**Tabel 5. 12 Hasil Pengujian Batas Plastis**

Uraian	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No Cawan				
Berat Cawan, gram	8,92	12,68	13,27	8,71
Berat Cawan+Tanah Basah, gram	14,93	22,87	23,23	20,06
Berat Cawan+Tanah Kering, gram	13,75	20,87	21,25	17,83
Berat Air, gram	1,18	2,00	1,98	2,23
Berat Tanah Kering, gram	4,83	8,19	7,98	9,12
Kadar Air, %	24,43	24,42	24,81	24,45
Kadar Air Rata-Rata, %	24,53			

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai batas plastis (PL) pada tanah asli lempung sebesar 24,53%. Nilai batas cair yang didapatkan sebesar 34,60%, sehingga nilai indeks plastisitasnya dapat diketahui dengan rumus  $IP = LL - PL$ , yaitu sebesar 10,07%.

## 3. Pengujian Batas Susut

Pengujian batas susut bertujuan untuk mengetahui kadar air tanah pada kondisi susut. Batas susut adalah kadar air di mana tanah berada di antara kondisi semi-padat dan padat. Pada kondisi semi-padat dan padat, persentase kadar air menunjukkan penurunan kadar air tanpa adanya perubahan volume tanah. Hasil pengujian batas susut dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini.



**Tabel 5. 15 Data Penambahan Air Tanah Lempung Sampel 2**

Uraian	No. Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar air mula-mula	6,052	6,052	6,052	6,052	6,052	%
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml
Berat cetakan + tanah basah	3347	3504	3632	3602	3518	gram
Berat tanah basah	1510	1667	1795	1765	1681	gram
Berat volume tanah basah, $\gamma$	1.59	1.76	1.89	1.86	1.77	g/cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram

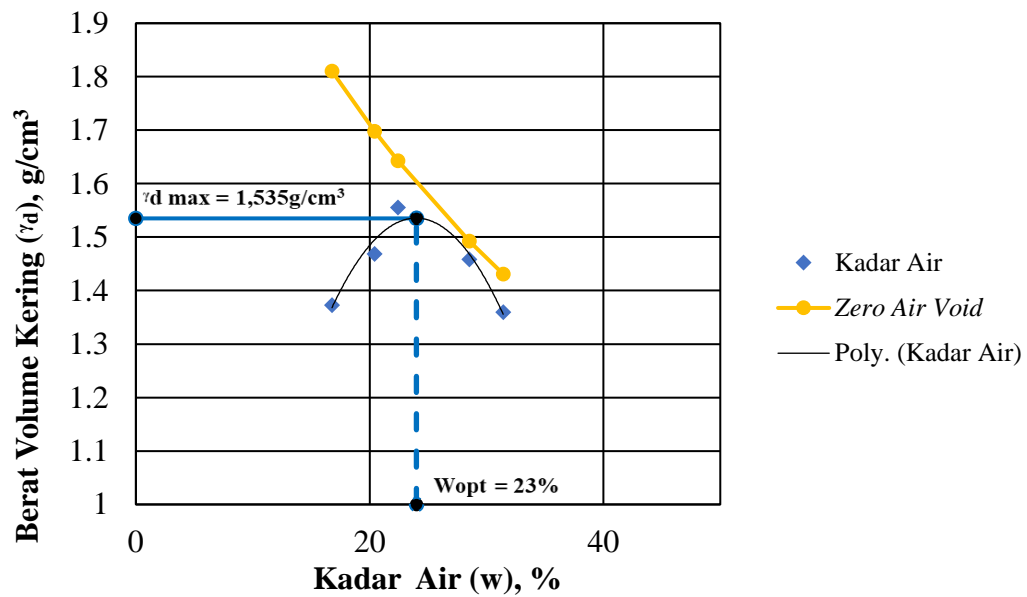
**Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Lempung Sampel 1**

Uraian	No. Sampel										Satuan
	1		2		3		4		5		
No Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	8,72	13,27	8,89	13,06	12,67	8,99	8,87	12,84	13,18	12,92	gram
Berat cawan + tanah basah	22,13	25,15	17,76	30,32	28,26	24,85	24,04	26,45	39,20	40,06	gram
Berat cawan + tanah kering	20,23	23,42	16,24	27,42	25,43	21,92	20,84	23,70	32,98	33,57	gram
Berat air	1,90	1,73	1,52	2,90	2,83	2,93	3,20	2,75	6,22	6,49	gram
Berat tanah kering	11,51	10,15	7,35	14,36	12,76	12,93	11,97	10,86	19,80	20,65	gram
Kadar air	16,51	17,04	20,68	20,19	22,18	22,66	26,73	25,32	31,41	31,43	%
Kadar air rata-rata	16,78		20,44		22,42		26,03		31,42		%
Berat volume tanah kering	1,37		1,47		1,56		1,49		1,36		gram/cm <sup>3</sup>

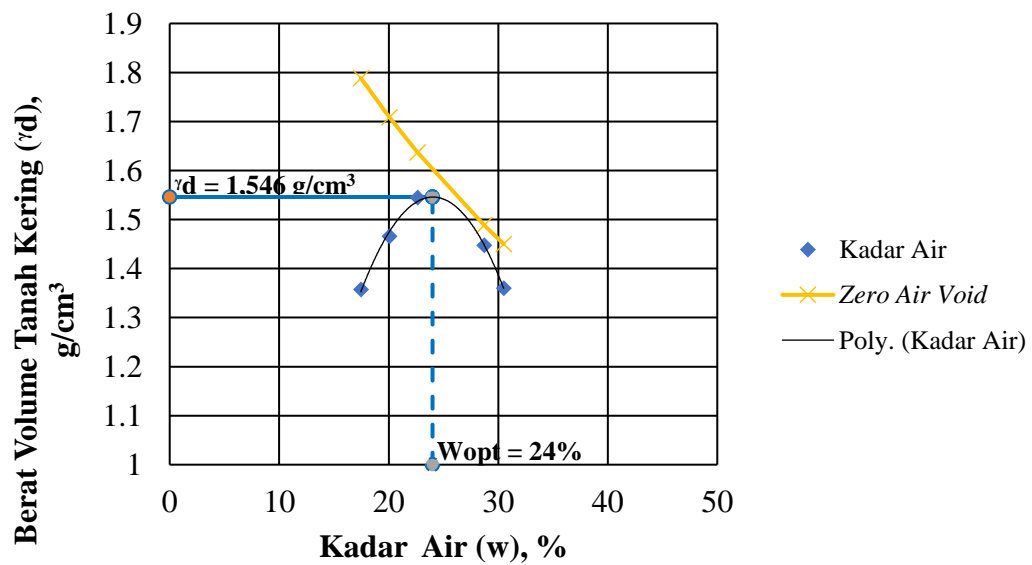
**Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Lempung Sampel 2**

Uraian	No. Sampel										Satuan
	1		2		3		4		5		
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
No Cawan											
Berat cawan	8,82	13,18	8,88	13,14	11,62	8,86	8,92	12,83	12,14	12,86	gram
Berat cawan + tanah basah	22,04	24,85	16,96	29,87	27,98	24,52	23,95	25,92	38,86	39,84	gram
Berat cawan + tanah kering	20,15	23,05	15,62	27,05	24,96	21,63	20,62	22,98	32,58	33,57	gram
Berat air	1,89	1,80	1,34	2,82	3,02	2,89	3,33	2,94	6,28	6,27	gram
Berat tanah kering	11,33	9,87	6,74	13,91	13,34	12,77	11,70	10,15	20,44	20,71	gram
Kadar air	16,68	18,24	19,88	20,27	22,64	22,63	28,46	28,97	30,72	30,28	%
Kadar air rata-rata	17,46		20,08		22,63		28,71		30,50		%
Berat volume tanah kering	1,36		1,47		1,54		1,45		1,36		gram/cm <sup>3</sup>

Berdasarkan Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 di atas dapat dibuat grafik pemadatan tanah sampel 1 dapat dilihat pada Grafik 5.5 dan sampel 2 dapat dilihat pada Grafik 5.6.



Gambar 5. 5 Grafik Hasil Pengujian Pematatan Tanah Sampel 1



Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Pematatan Tanah Sampel 2

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat digambarkan grafik yang menunjukkan hubungan antara berat volume kering dan kadar air, sehingga diperoleh nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum. Hasil berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dapat dilihat pada Tabel 5. 18 di bawah ini.

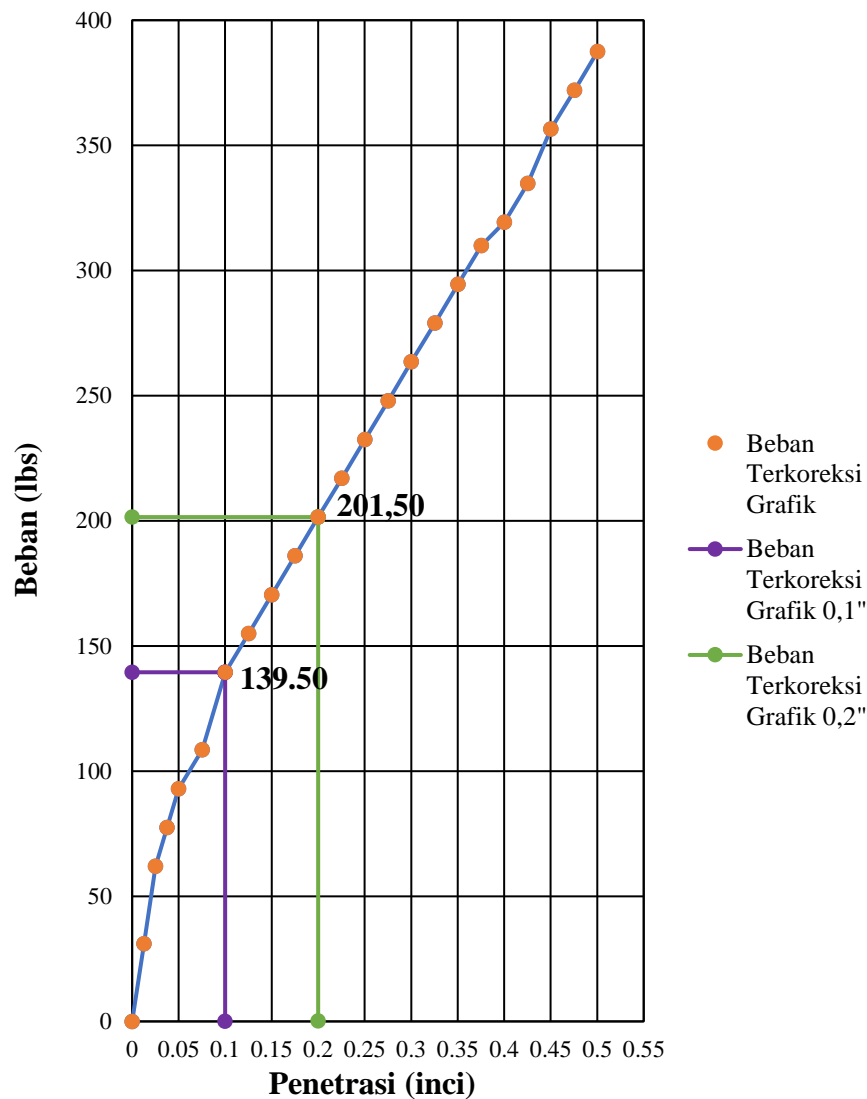
**Tabel 5. 18 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah**

No.	Uraian	Kadar Air Optimum (Wopt), %	Berat Volume Kering Maksimum, gram/cm <sup>3</sup>
1.	Tanah Asli	24	1,54
2.	Marmer	14	1,83
3.	Tanah Asli + 5% Marmer	21,5	1,53
4.	Tanah Asli + 10% Marmer	21,5	1,58
5.	Tanah Asli + 15% Marmer	20,6	1,56
6.	Tanah Asli + 20% Marmer	18,8	1,59

Berdasarkan hasil pengujian kepadatan tanah diketahui bahwa sampel tanah yang berasal dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur mempunyai nilai kadar air optimum sebesar 23% dan berat volume kering sebesar 1,53 gram/cm<sup>3</sup>, sedangkan untuk sampel marmer memiliki nilai kadar air optimum sebesar 14% dan berat volume kering maksimum sebesar 1,83 gram/cm<sup>3</sup>.

#### 5.1.7 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR bertujuan untuk menilai kapasitas dukung tanah dalam dua kondisi berbeda: tidak terendam dan terendam. Pada kondisi tidak terendam, tanah terendam selama satu hari. Sementara itu, pada kondisi terendam, tanah terendam selama lima hari. Serbuk limbah marmer digunakan sebagai bahan tambahan dalam pengujian ini. Grafik hasil pengujian CBR tanah asli dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 5.7.



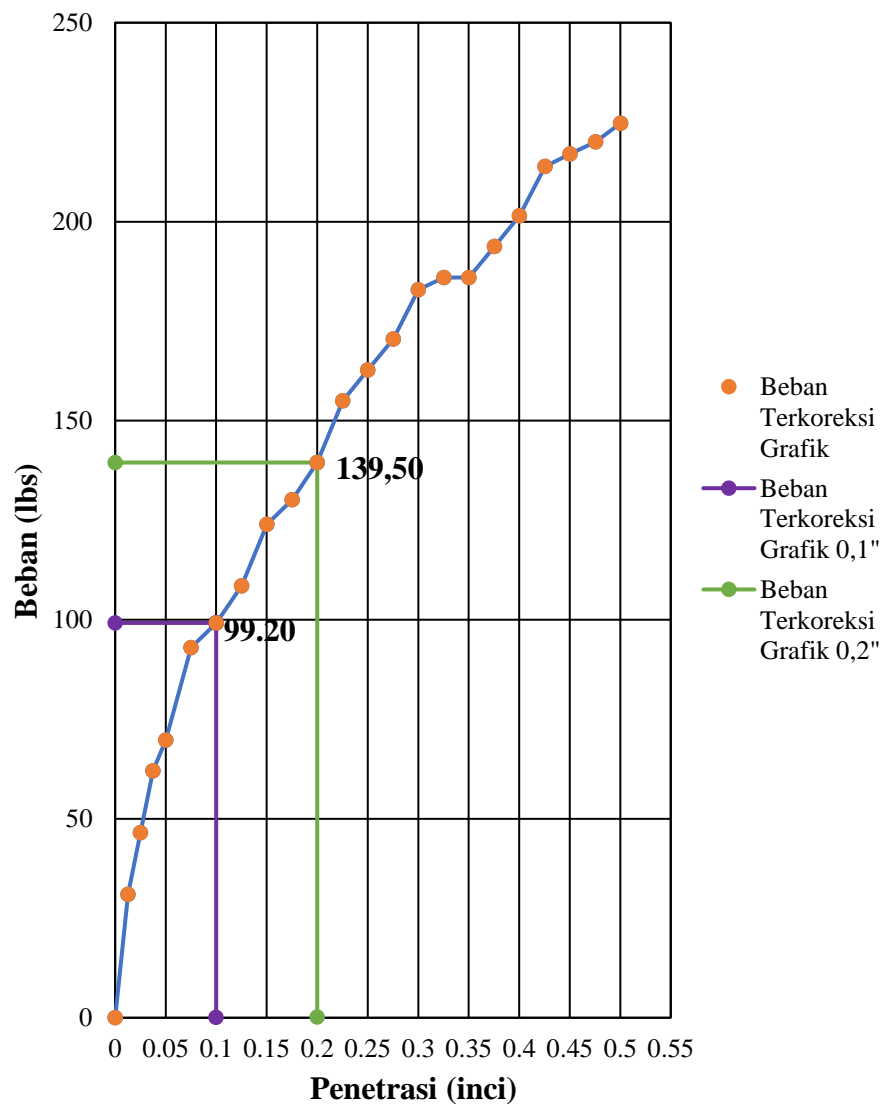
**Gambar 5. 7 Grafik Hasil Pengujian CBR Tanah Asli Tidak Terendam**

Berdasarkan Gambar 5.7 di atas, nilai CBR tanah asli dalam kondisi tidak terendam dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$CBR_{0,1} = \frac{139,50}{3000} \times 100\% = 4,65\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{201,50}{4500} \times 100\% = 4,48\%$$

Dari hasil perhitungan, nilai CBR pada penetrasi 0,1 inci lebih besar daripada pada 0,2 inci, sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1 inci sebesar 3,617%. Grafik hasil pengujian CBR tanah asli dalam kondisi terendam dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



**Gambar 5. 8 Grafik Hasil Pengujian CBR Tanah Asli Terendam**

Berdasarkan Gambar 5.8 di atas, nilai CBR tanah asli dalam kondisi terendam dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$CBR_{0,1} = \frac{99,20}{3000} \times 100\% = 3,51\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{139,50}{4500} \times 100\% = 3,44\%$$

Dari hasil perhitungan, nilai CBR pada penetrasi 0,1'' lebih besar daripada pada 0,2'', sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1'' sebesar 3,513%.

Pengujian CBR dilanjutkan dengan penambahan serbuk limbah marmer dalam 5 variasi, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian ini dilakukan dalam dua kondisi berbeda, yakni tidak terendam dan terendam. Pada kondisi tidak terendam, tanah terendam selama 1 hari, sedangkan pada kondisi terendam, tanah terendam selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai CBR tidak terendam dan terendam untuk setiap variasi penambahan serbuk limbah marmer seperti pada Tabel 5.19 di bawah ini.

**Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR**

No.	Uraian	CBR Tidak Terendam		CBR Terendam	
		%	%	%	%
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
1.	Tanah Asli	4,13	4,65	3,31	3,51
2.	Rata - rata	4,39		3,41	
3.	Marmer	44,43	51,67	0,17	0,18
4.	Rata - rata	48,05		0,17	
5.	Tanah Asli + 5% Marmer	8,27	8,27	4,03	4,13
6.	Rata - rata	8,27		4,08	
7.	Tanah Asli + 10% Marmer	11,16	11,37	5,17	5,27
8.	Rata - rata	11,26		5,22	
9.	Tanah Asli + 15% Marmer	11,88	12,40	5,37	5,68
10.	Rata - rata	12,14		5,53	
11.	Tanah Asli + 20% Marmer	14,98	14,47	6,20	6,72
12.	Rata - rata	14,73		6,46	

#### 5.1.8 Pengujian Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan untuk mendapatkan sudut geser dalam ( $\phi$ ), kohesi (Cu), dan kuat tekan bebas (qu) tanah. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan pada tanah asli dan tanah asli yang telah dicampur dengan bahan tambah stabilisasi berupa serbuk limbah marmer. Bahan tambah serbuk limbah marmer digunakan dalam variasi persentase 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap berat sampel uji, dengan periode pemeraman masing-masing selama 1 hari dan 7 hari.

Berikut merupakan contoh perhitungan dari pengujian kuat tekan bebas tanah asli sampel 1 pemeraman 1 hari sebagai berikut.

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

$$\text{Luas, } A_0 = 11,163 \text{ cm}^3$$

$$\text{Tinggi, } L_0 = 8,430 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Total deformasi } \Delta L &= \frac{280}{1000} \\ &= 0,280 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Pembacaan dial} = 48,8$$

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

$$= 48,8 \times 0,506$$

$$= 24,693$$

$$\text{Regangan, } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$= \frac{0,280}{1000}$$

$$= 3,796$$

$$\text{Luas Terkoreksi, } A = \frac{A_0}{1-\varepsilon}$$

$$= \frac{11,163}{1-3,796}$$

$$= 11,603 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tegangan, } \sigma = \frac{P}{A_0}$$

$$= \frac{24,693}{11,163}$$

$$= 2,128 \text{ kg/cm}^2$$

Pada pembacaan dia ke terbaca nilai maksimum dial beban sebesar 48,8 dengan beban 24,693kg. Sehingga diperoleh nilai tegangan,

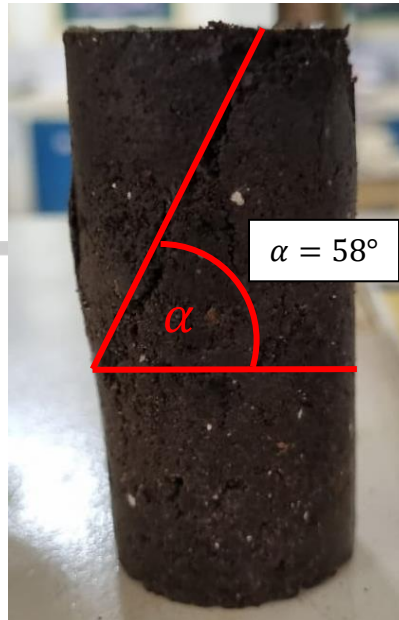
$$\text{Tegangan, } q_u = \sigma = \frac{P}{A_0}$$

$$= \frac{24,693}{11,163}$$

$$= 2,128 \text{ kg/cm}$$

Ketika sampel mencapai beban maksimumnya, sampel akan mengalami keruntuhan dan mengakibatkan retak, sudut yang terbentuk akibat retakan tersebut kemudian

diukur. Dari hasil pengukuran sudut runtuh diperoleh nilai sudut  $\alpha = 58^\circ$ , dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



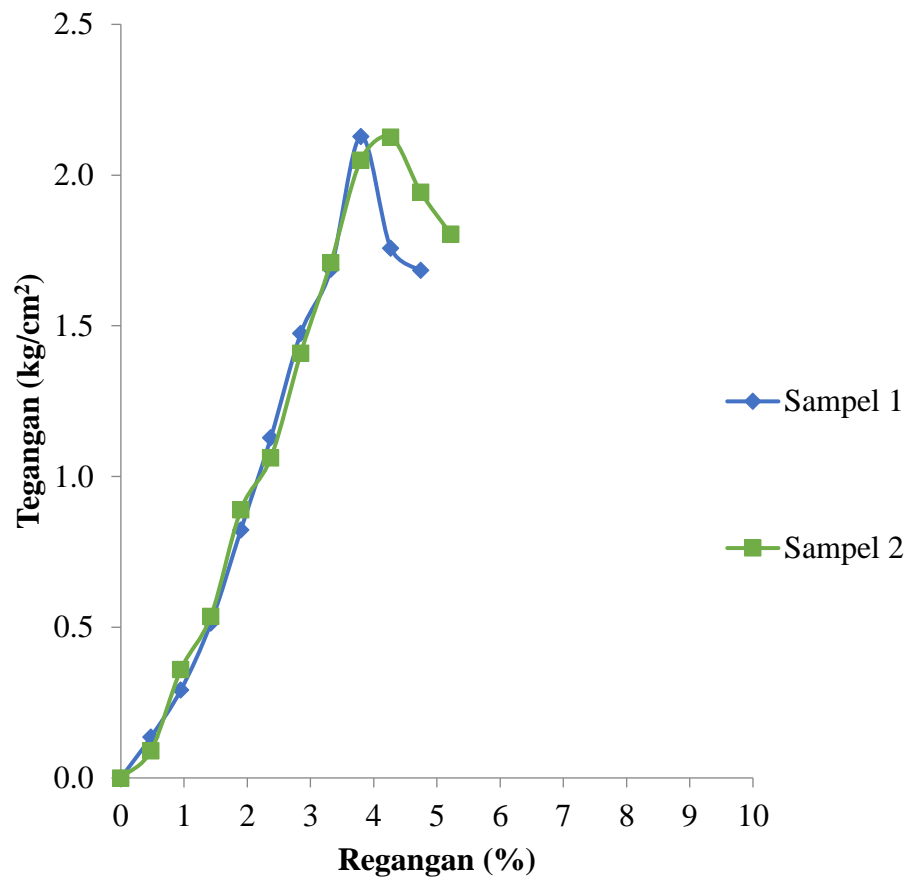
**Gambar 5.9 Sudut Runtuh ( $\alpha$ ) Tanah Asli Sampel 1 Pemeraman 1 Hari**

Setelah mendapatkan nilai beban maksimum dan sudut runtuh, nilai kohesi ( $C_u$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dari sampel yang diuji dapat dihitung. Di bawah ini contoh perhitungan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada sampel 1 tanah asli pemeraman 1 hari.

$$\begin{aligned} \text{Kohesi, } C_u &= \frac{q_u}{2 \times \text{tg}\alpha} \\ &= \frac{2,128}{2 \times \text{tg}58^\circ} \\ &= 0,665 \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut geser dalam, } \phi &= 2 \times (\alpha - 45^\circ) \\ &= 2 \times (58^\circ - 45^\circ) \\ &= 26^\circ \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kuat tekan bebas pada sampel 1 tanah asli setelah pemeraman selama 1 hari, diperoleh nilai regangan ( $\epsilon$ ) dan tegangan ( $\sigma$ ) yang digunakan untuk menghasilkan grafik kuat tekan bebas dari sampel 1 dan 2 tanah asli. Grafik ini dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



**Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Tanah Asli  
Pemeraman 1 Hari**

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan rekapitulasi nilai hasil pengujian kuat tekan bebas tanah asli dan tanah asli dengan campuran bahan stabilisasi serbuk limbah marmer yang dapat dilihat pada Tabel 5.20 di bawah ini.

**Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas**

Variasi	Sampel	Pemeraman 1 Hari			Pemeraman 7 Hari		
		qu	Kohesi, Cu	Sudut Geser Dalam, $\phi$	qu	Kohesi, Cu	Sudut Geser Dalam, $\phi$
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(°)
Tanah Asli	1	2,13	0,72	22	2,36	0,74	26
	2	2,13	0,74	20	2,47	0,86	20
	Rata-rata	2,13	0,73	21	2,41	0,80	23
Marmer	1	0,22	0,06	30	0,30	0,09	35
	2	0,23	0,08	20	0,31	0,11	32
	Rata-rata	0,23	0,07	25	0,30	0,10	33,5
TA+5% Marmer	1	3,23	0,86	34	3,57	0,91	36
	2	3,12	0,87	32	3,57	0,87	38
	Rata-rata	3,18	0,86	33	3,57	0,89	37
TA+10% Marmer	1	3,57	1,03	30	4,14	1,10	34
	2	3,47	1,00	30	4,33	1,10	36
	Rata-rata	3,52	1,02	30	4,24	1,10	35
TA+15% Marmer	1	4,06	1,13	32	4,57	1,16	36
	2	4,11	1,14	32	4,58	1,17	36
	Rata-rata	4,08	1,13	32	4,57	1,17	36
TA+20% Marmer	1	4,43	1,13	36	4,99	1,22	38
	2	4,29	1,19	32	5,03	1,23	38
	Rata-rata	4,36	1,16	34	5,01	1,22	38

### 5.1.9 Pengujian *Swelling* 3D

*Swelling* atau biasa disebut dengan kembang susut tanah merupakan suatu pengembangan yang terjadi karena masuknya air ke dalam pori – pori tanah yang menggantikan udara akibat penambahan beban. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *swelling* untuk setiap variasi penambahan serbuk limbah marmer seperti pada Tabel 5.21 dan Tabel 5.22 di bawah ini.

**Tabel 5. 21 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Swelling* Sampel 1**

No.	Uraian	Nilai Perendaman Hari Ke-				
		1	2	3	4	5
		cm	cm	cm	cm	cm
1	Marmer	0,03	0,05	0,07	0,09	0,09
2	Tanah Asli	0,08	0,13	0,17	0,20	0,21
3	TA+5% Marmer	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13
4	TA+10% Marmer	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11
5	TA+15% Marmer	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10
6	TA+20% Marmer	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08

**Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Swelling* Sampel 1**

No.	Uraian	Nilai Perendaman Hari Ke-				
		1	2	3	4	5
		cm	cm	cm	cm	cm
1	Marmer	0,04	0,05	0,07	0,09	0,09
2	Tanah Asli	0,08	0,14	0,20	0,22	0,23
3	TA+5% Marmer	0,07	0,09	0,11	0,13	0,13
4	TA+10% Marmer	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10
5	TA+15% Marmer	0,06	0,08	0,09	0,09	0,09
6	TA+20% Marmer	0,04	0,07	0,08	0,08	0,08

## 5.2 Pembahasan

Penelitian dalam Tugas Akhir membahas terkait sifat dan karakteristik tanah asli serta tanah yang telah dicampur dengan tambahan bahan stabilisasi berupa serbuk limbah marmer. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung. Analisis dalam Tugas Akhir ini didasarkan pada data yang telah dikumpulkan dan disajikan dalam pembahasan sebelumnya.

### 5.2.1 Tanah Asli

#### 1. Sifat Fisik Tanah Asli

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian yang dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan karakteristik tanah asli dari Desa Sumberingin Kulon, yang disajikan dalam Tabel 5.23 berikut ini.

**Tabel 5. 23 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli**

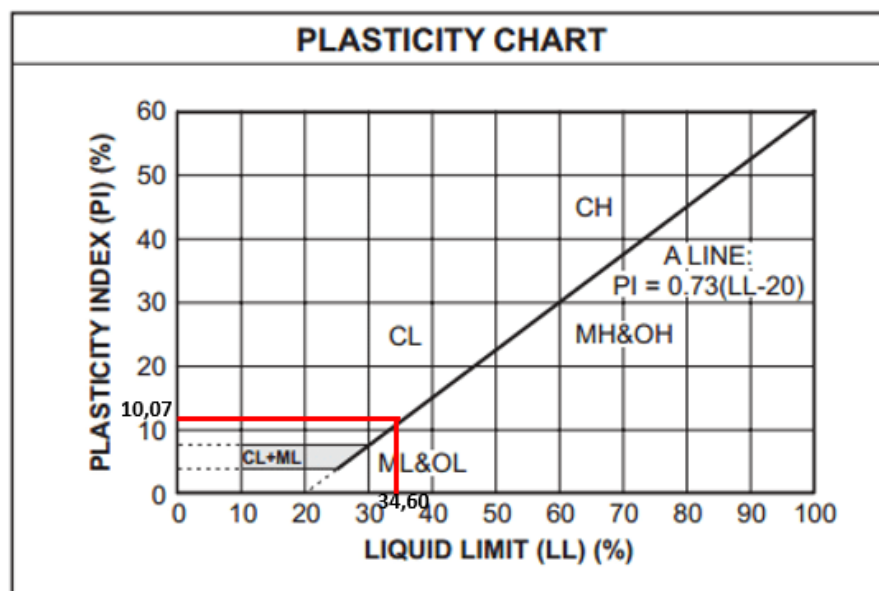
No.	Pengujian	Hasil	Satuan
1	Kadar Air, w	24,00	%
2	Berat Volume, $\gamma$	1,63	gram/cm <sup>3</sup>
3	Berat Jenis	2,68	
4	Batas-batas <i>Atterberg</i>		
	Batas Cair, LL	34,60	%
	Batas Plastis, PL	24,53	%
	Indeks Plastisitas, IP = LL- PL	10,07	%
5	Analisis Granuler		
	% Lolos #200	72,94	%
	Kerikil	0,00	%
	Pasir	27,06	%
	Lanau	34,80	%
	Lempung	38,14	%
6	Uji Proktor Standar		
	Kadar Air Optimum	24,00	%
	Berat Volume Maksimum	1,54	gram/cm <sup>3</sup>

#### 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Metode USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi tanah dengan metode USCS dilakukan berdasarkan nilai batas plastis 24,529% dan batas cair 34,60%, sehingga diperoleh nilai indeks plastisitas sebesar 10,07%. Dari uji analisis granuler, persentase yang lolos

saringan nomor 200 adalah 72,94%. Dengan menggunakan Tabel 3.1 dari USCS, dapat diketahui karakteristik tanah asli. Klasifikasi tanah menurut USCS dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- c. Divisi utama ditentukan berdasarkan persentase yang lolos saringan nomor 200 dan nilai batas cair. Sampel tanah asli termasuk dalam divisi utama tanah berbutir halus karena lebih dari 50% butiran lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Nilainya adalah 72,94%, sementara nilai batas cairnya adalah 34,60%, yang masuk dalam kategori lanau dan lempung dengan batas cair 50% atau kurang.
- d. Jenis kelompok tanah diklasifikasikan berdasarkan nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas (*atterberg limits*). Hasil pengujian menunjukkan nilai batas cair (LL) sebesar 34,60%, batas plastis (PL) sebesar 24,53%, dan indeks plastisitas (PI) sebesar 10,07%. Berdasarkan hasil indeks plastisitas dan batas cair, sampel tanah asli dapat dipetakan dalam grafik karakteristik tanah menggunakan metode USCS. Grafik karakteristik tanah asli dan tabel hasil klasifikasi metode USCS dapat dilihat pada Gambar 5.11 di bawah ini.



Gambar 5. 11 Grafik Karakteristik Tanah Asli Metode USCS

Berdasarkan Gambar 5.11, dengan nilai batas cair 34,60%, sampel tanah asli dapat dikategorikan ke dalam kelompok CL. Hasil klasifikasi jenis tanah dan simbol kelompok tanah dapat dilihat pada Gambar 5.12 di bawah ini.

Devisi Umum		Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,0075mm)	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 ("lean clays")
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
	Lanau dan lempung batas cair 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.

**Gambar 5. 12 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS**

Berdasarkan hasil klasifikasi USCS, tanah yang berasal dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur termasuk dalam kelompok CL, yaitu lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang.

### 3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Metode AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Pengklasifikasian jenis tanah dilakukan menggunakan tabel klasifikasi AASHTO yang terdapat dalam Tabel 3.2. Hasil uji analisis granuler menunjukkan bahwa persentase tanah yang lolos saringan nomor 200 adalah 72,94%. Berdasarkan hasil uji batas konsistensi, diperoleh nilai batas plastis sebesar 24,53% dan nilai batas cair sebesar 34,60%, sehingga nilai indeks plastisitasnya adalah 10,07%. Klasifikasi tanah menurut AASHTO dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Berdasarkan persentase lolos saringan nomor 200, sampel tanah asli dikategorikan dalam klasifikasi umum tanah lanau-lempung karena lebih dari 35% butiran lolos saringan nomor 200, dan termasuk dalam kelompok A-6.

Hal ini disebabkan oleh persentase lolos saringan nomor 200 yang mencapai 72,94%, yang melebihi syarat klasifikasi kelompok minimal sebesar 36%.

- b. Dengan nilai batas cair sebesar 34,60% dan indeks plastisitas sebesar 10,07%, sampel tanah telah memenuhi kriteria untuk klasifikasi kelompok A-6, yang memiliki batas cair maksimum 40% dan indeks plastisitas maksimum 16%.
- c. Nilai indeks kelompok (GI) dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{GI} &= (F-35)[0,2+0,005(LL-40)]+0,01(F-15)(PL-10) \\ &= (72,94-35)[0,2+0,005(34,60-40)]+0,01(72,94-15)(24,53-10) \\ &= 14,98\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, sampel tanah memenuhi kriteria untuk klasifikasi kelompok A-6, yang meliputi persentase tanah yang lolos saringan No. 200 minimal sebesar 36%, batas cair maksimum sebesar 40%, indeks plastisitas maksimum 16%, dan indeks kelompok maksimum 16%.

- d. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa sampel tanah asli merupakan tanah lempung dengan kategori sedang sampai buruk.

Hasil klasifikasi tanah berdasarkan metode AASHTO disajikan pada Gambar 5.13 di bawah ini.

Klasifikasi Umum	Material Granuler (<35% lolos saringan no.200)							Material Granuler (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5/A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa 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 maks	36 maks	36 maks	36 maks
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	16 maks	20 maks
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pasir batu, kerikil, dan pasir		Pasir Halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah Lempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

**Gambar 5. 13 Hasil Klasifikasi Tanah Berdasarkan Metode AASHTO**

Berdasarkan klasifikasi tanah menggunakan metode AASHTO, sampel tanah dari Desa Sumberingin Kulon merupakan bagian dari kelompok A-6, yang menunjukkan karakteristik tanah lempung dan kualitas tanah dasar yang tergolong sedang hingga buruk. Dapat disimpulkan bahwa tanah asli dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur, menurut sistem USCS, termasuk jenis tanah lempung organik dengan plastisitas rendah sampai sedang dengan klasifikasi CL, dan menurut sistem AASHTO, masuk dalam kelompok A-6.

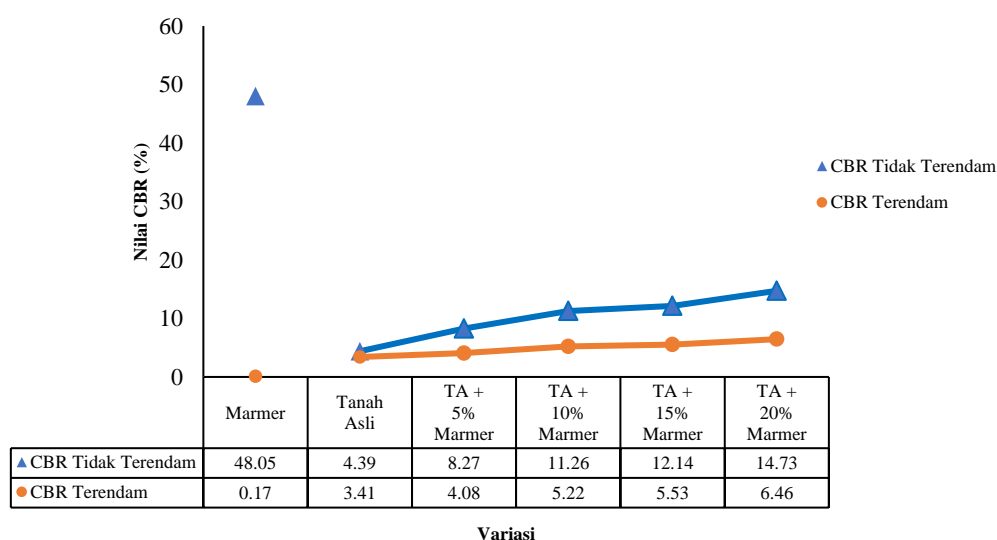
### 5.2.2 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai CBR tanah asli serta campuran tanah asli dengan serbuk limbah marmer, dengan variasi penambahan 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada tanah asli dari Desa Sumberingin Kulon. Pengujian dilakukan setelah pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari. Rekapitulasi hasil pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut ini.

**Tabel 5. 24 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR**

No.	Uraian	CBR Tidak Terendam		CBR Terendam	
		%	%	%	%
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
1.	Tanah Asli	4,13	4,65	3,31	3,51
2.	Rata - rata	4,39		3,41	
3.	Marmer	44,43	51,67	0,17	0,18
4.	Rata - rata	48,05		0,17	
5.	Tanah Asli + 5% Marmer	8,27	8,27	4,03	4,13
6.	Rata - rata	8,27		4,08	
7.	Tanah Asli + 10% Marmer	11,16	11,37	5,17	5,27
8.	Rata - rata	11,26		5,22	
9.	Tanah Asli + 15% Marmer	11,88	12,40	5,37	5,68
10.	Rata - rata	12,14		5,53	
11.	Tanah Asli + 20% Marmer	14,98	14,47	6,20	6,72
12.	Rata - rata	14,73		6,46	

Berdasarkan hasil uji CBR di atas, grafik yang membandingkan nilai CBR desain dalam kondisi tidak terendam dan terendam dengan variasi penambahan campuran serbuk limbah marmer dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



**Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Nilai CBR terhadap Kadar Variasi Serbuk Limbah Marmer**

Berdasarkan grafik hasil uji CBR desain dalam kondisi tidak terendam dan terendam dengan pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari, terlihat adanya peningkatan nilai CBR. Nilai CBR desain tidak terendam dan terendam pada tanah asli masing-masing sebesar 4,39% dan 3,41%. Setelah ditambahkan bahan tambah atau campuran serbuk limbah marmer, nilai CBR mengalami kenaikan. Nilai CBR desain tidak terendam dan terendam tertinggi tercapai pada variasi campuran serbuk limbah marmer sebesar 20% dengan pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari, dengan nilai CBR desain tidak terendam naik menjadi 14,73% dan nilai CBR desain terendam menjadi 6,46%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai CBR desain tidak terendam dan terendam tertinggi diperoleh pada variasi campuran serbuk limbah marmer 20% dengan pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari.

### 5.2.3 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas pada tanah asli serta tanah yang telah diberi bahan tambahan serbuk limbah marmer dengan lama pemeraman selama 1 dan 7 hari. Pengujian kuat tekan bebas dilakukan pada tanah dengan kondisi kadar air optimum. Tegangan aksial diberikan secara bertahap pada benda uji, terus meningkat seiring waktu yang telah ditentukan, hingga benda uji mengalami retak atau runtuh.

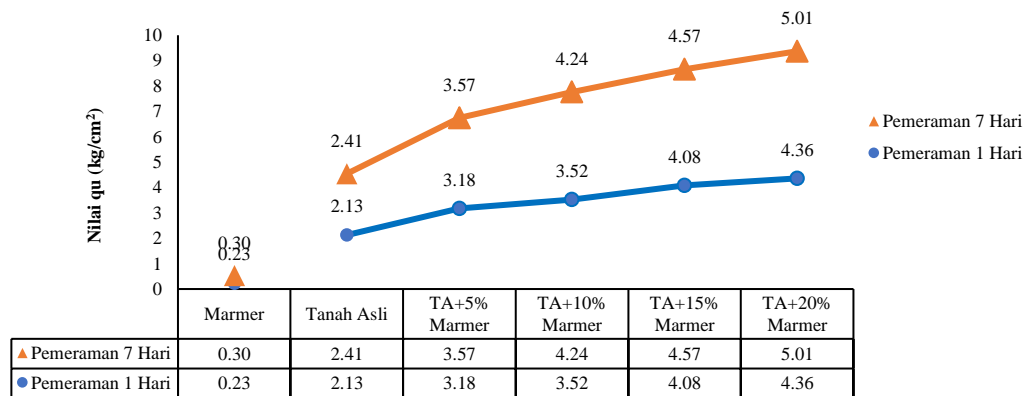
#### 1. Analisis Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ )

Berikut merupakan rekapitulasi perbandingan nilai kuat tekan bebas tanah dari pengujian kuat tekan bebas pada sampel tanah asli dan sampel dengan tambahan serbuk limbah marmer dengan lama pemeraman selama 1 dan 7 hari, yang dapat dilihat pada Tabel 5.25 di bawah ini.

**Tabel 5. 25 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ )**

No.	Variasi	Pemeraman 1	Pemeraman 7
		Hari	Hari
		$q_u$	$q_u$
		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1	Marmer	0,23	0,30
2	Tanah Asli	2,13	2,41
3	Tanah Asli+5% Marmer	3,18	3,57
4	Tanah Asli +10% Marmer	3,52	4,24
5	Tanah Asli +15% Marmer	4,08	4,57
6	Tanah Asli +20% Marmer	4,36	5,01

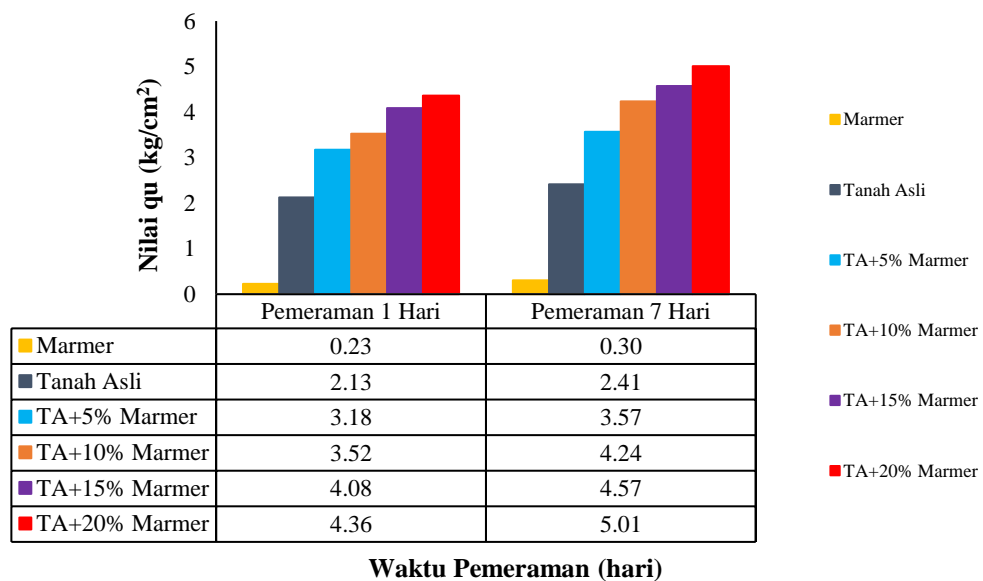
Berdasarkan Tabel 5.25 di atas, dapat dibuat grafik perbandingan antara kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap variasi penambahan serbuk limbah marmer dan lama pemeraman. Grafik yang menunjukkan perbandingan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap variasi penambahan serbuk limbah marmer dapat dilihat pada Gambar 5.15 di bawah ini.



#### Variasi

**Gambar 5. 15 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Serbuk Limbah Marmer**

Grafik pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) terhadap variasi campuran dengan lama pemeraman 1 dan 7 hari menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) seiring dengan bertambahnya jumlah campuran serbuk limbah marmer dan waktu pemeraman yang semakin lama. Rekapitulasi nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terhadap lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.16 di bawah ini.



#### Waktu Pemeraman (hari)

**Gambar 5. 16 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas terhadap Waktu Pemeraman**

Grafik hasil uji kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ). Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) pada tanah asli adalah  $2,13 \text{ kg/cm}^2$  dan meningkat setelah ditambahkan campuran serbuk limbah marmer. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tertinggi diperoleh pada variasi campuran serbuk limbah marmer sebesar 20% dengan lama pemeraman selama 7 hari, mencapai  $5,01 \text{ kg/cm}^2$ .

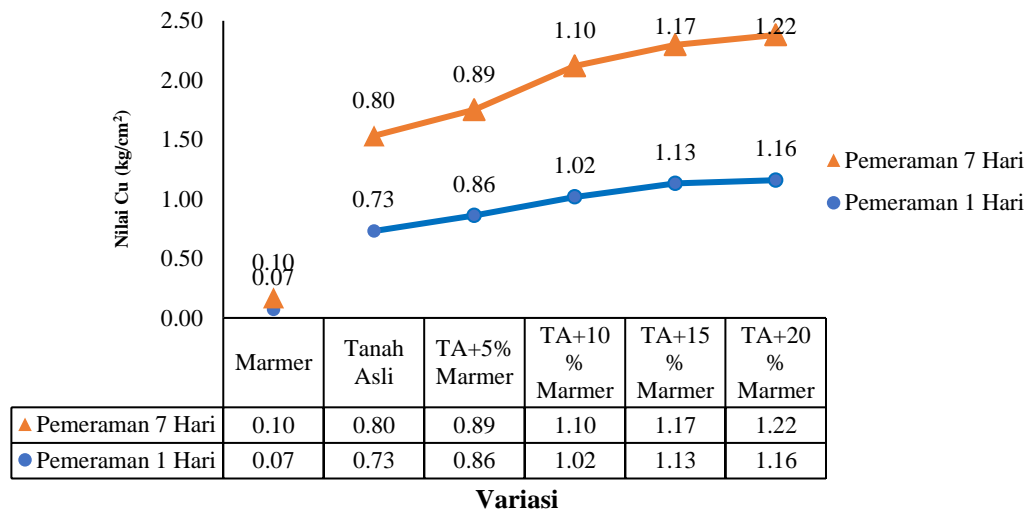
## 2. Kohesi (Cu)

Berikut merupakan rekapitulasi perbandingan nilai kohesi tanah pada pengujian kuat tekan bebas pada sampel tanah asli dan penambahan bahan tambah serbuk limbah marmer dengan lama pemeraman selama 1 dan 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.26 di bawah ini.

**Tabel 5. 26 Rekapitulasi Nilai Kohesi (Cu)**

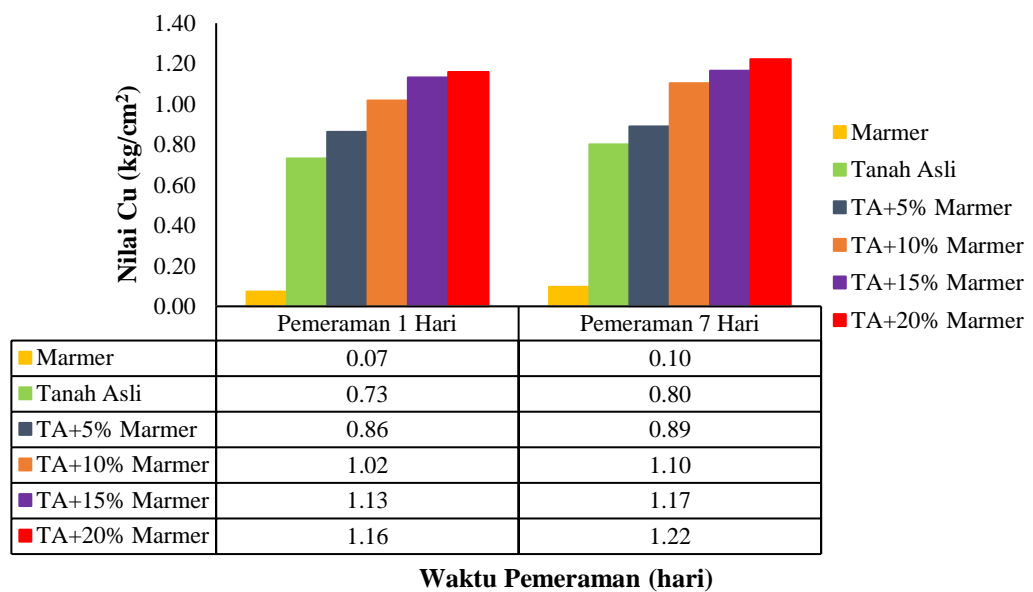
No.	Variasi	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari
		Kohesi, Cu	Kohesi, Cu
		$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$
1	Marmer	0,07	0,10
2	Tanah Asli	0,73	0,80
3	Tanah Asli+5% Marmer	0,86	0,89
4	Tanah Asli +10% Marmer	1,02	1,10
5	Tanah Asli +15% Marmer	1,13	1,17
6	Tanah Asli +20% Marmer	1,16	1,22

Berdasarkan Tabel 5.26 di atas, dapat dibuat grafik perbandingan antara nilai kohesi (Cu) terhadap variasi penambahan serbuk limbah marmer dan lama pemeraman. Grafik perbandingan nilai kohesi (Cu) terhadap variasi penambahan serbuk limbah marmer dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut ini.



**Gambar 5. 17 Grafik Nilai Kohesi terhadap Variasi Serbuk Limbah Marmer**

Grafik pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) terhadap variasi campuran dengan lama pemeraman 1 dan 7 hari menunjukkan adanya peningkatan nilai kohesi (Cu) seiring dengan bertambahnya jumlah campuran serbuk limbah marmer dan waktu pemeraman yang semakin lama. Rekapitulasi nilai kohesi (Cu) terhadap lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.16 di bawah ini.



**Gambar 5. 18 Grafik Nilai Kohesi terhadap Waktu Pemeraman**

Grafik hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) menunjukkan peningkatan nilai kohesi ( $C_u$ ). Nilai kohesi ( $C_u$ ) pada tanah asli adalah  $0,73 \text{ kg/cm}^2$  pada pemeraman 1 hari dan meningkat setelah ditambahkan campuran serbuk limbah marmer. Nilai kohesi ( $C_u$ ) tertinggi diperoleh pada variasi campuran serbuk limbah marmer sebesar 20% dengan lama pemeraman selama 7 hari, mencapai  $1,22 \text{ kg/cm}^2$ .

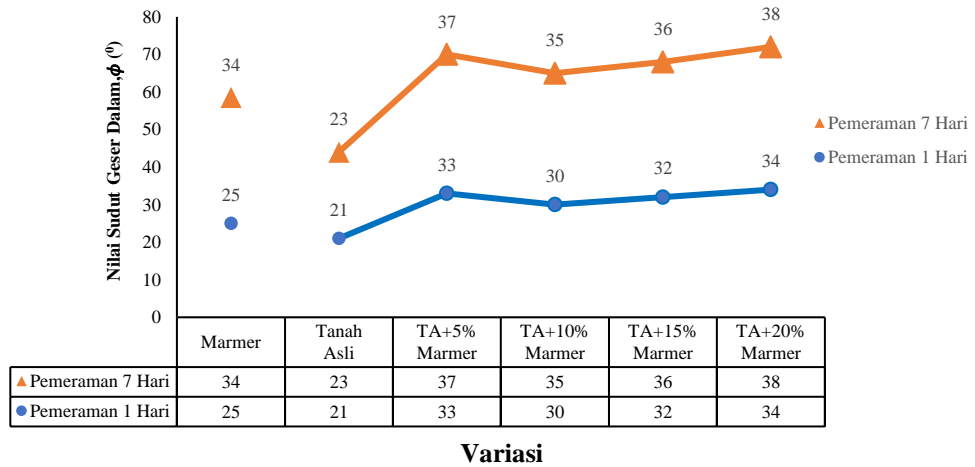
### 3. Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )

Berikut merupakan rekapitulasi perbandingan nilai sudut geser dalam tanah pada pengujian kuat tekan bebas pada sampel tanah asli dan penambahan bahan tambah serbuk limbah marmer dengan lama pemeraman selama 1 dan 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.27 di bawah ini.

**Tabel 5. 27 Rekapitulasi Nilai Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )**

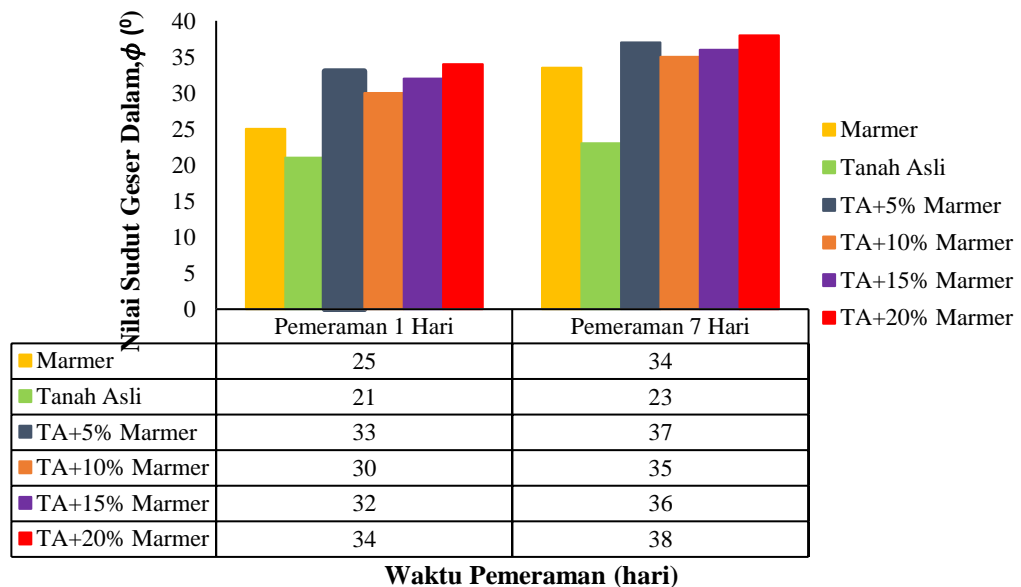
No.	Variasi	Pemeraman 1 Hari	Pemeraman 7 Hari
		Sudut Geser Dalam, $\phi$	Sudut Geser Dalam, $\phi$
		°	°
1	Marmer	25	34
2	Tanah Asli	21	23
3	Tanah Asli+5% Marmer	33	37
4	Tanah Asli +10% Marmer	30	35
5	Tanah Asli +15% Marmer	32	36
6	Tanah Asli +20% Marmer	34	38

Berdasarkan Tabel 5.27 di atas, grafik perbandingan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) terhadap variasi penambahan serbuk limbah marmer dan durasi pemeraman dapat dibuat. Grafik yang menunjukkan perbandingan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan durasi pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.19 di bawah ini.



**Gambar 5. 19 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam terhadap Variasi Serbuk Limbah Marmer**

Grafik pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) terhadap variasi campuran dengan lama pemeraman 1 dan 7 hari menunjukkan adanya peningkatan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) seiring dengan bertambahnya jumlah campuran serbuk limbah marmer dan waktu pemeraman yang semakin lama. Rekapitulasi nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) terhadap lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.20 di bawah ini.



**Gambar 5. 20 Grafik Nilai Sudut Geser Dalam terhadap Waktu Pemeraman**

Grafik hasil uji kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) menunjukkan peningkatan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Pada tanah asli, sudut geser dalam ( $\phi$ ) tercatat sebesar  $21^{\circ}$  pada pemeraman 1 hari dan meningkat setelah ditambahkan campuran serbuk limbah marmer. Sudut geser dalam ( $\phi$ ) tertinggi diperoleh pada variasi campuran serbuk limbah marmer sebesar 20% dengan lama pemeraman selama 7 hari, mencapai  $38^{\circ}$ .

Perbandingan nilai CBR Design dalam kondisi tidak terendam dan terendam serta nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) pada pengujian dengan menggunakan bahan tambahan serbuk limbah marmer dengan waktu pemeraman 1 dan 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut ini.

**Tabel 5. 28 Rekapitulasi Nilai CBR Design dan Kuat Tekan Bebas**

No,	Uraian	CBR Tidak Terendam (%)	CBR Terendam (%)	Kuat Tekan Bebas, $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
		1 hari		1 hari	7 hari
1	Marmer	48,05	0,17	0,23	0,30
2	Tanah Asli	4,39	3,41	2,13	2,41
3	TA+5% Marmer	8,27	4,08	3,18	3,57
4	TA+10% Marmer	11,26	5,22	3,52	4,24
5	TA+15% Marmer	12,14	5,53	4,08	4,57
6	TA+20% Marmer	14,73	6,46	4,36	5,01

Berdasarkan hasil pengujian CBR Design dalam kondisi tidak terendam (*unsoaked*) dan terendam (*soaked*) serta uji kuat tekan bebas di atas, grafik perbandingan nilai CBR dan kuat tekan bebas terhadap variasi penambahan campuran serbuk limbah marmer serta lama pemeraman 1 dan 7 hari menunjukkan adanya peningkatan nilai setelah tanah asli diberikan bahan tambahan serbuk limbah marmer. Peningkatan ini terjadi baik pada pemeraman selama 1 hari maupun 7 hari. Nilai CBR *design* tidak terendam, CBR *design* terendam, dan kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terus meningkat seiring dengan penambahan campuran serbuk limbah marmer dan semakin lamanya waktu pemeraman. Disimpulkan bahwa nilai CBR *design* tertinggi, baik dalam kondisi tidak terendam maupun terendam, diperoleh pada campuran serbuk limbah

marmer 20% dengan pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari. Sementara itu, nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tertinggi dicapai pada campuran serbuk limbah marmer 20% dengan pemeraman selama 7 hari.

#### 5.2.4 Pengujian *Swelling*

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai pengembangan tanah asli serta campuran tanah asli dengan serbuk limbah marmer, dengan variasi penambahan 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada tanah asli dari Desa Sumberingin Kulon. Pengujian dilakukan selama 5 hari perendaman. Rekapitulasi hasil pengujian *swelling* dapat dilihat pada Tabel 5.29 dan Tabel 5.30 berikut ini.

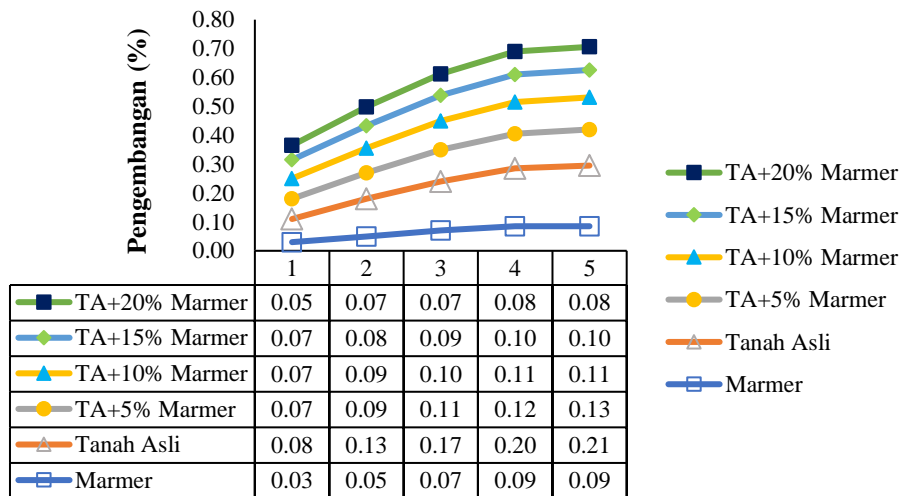
**Tabel 5. 29 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Swelling* Sampel 1**

No.	Uraian	Nilai Perendaman Hari Ke-				
		1	2	3	4	5
		cm	cm	cm	cm	cm
1	Marmer	0,03	0,05	0,07	0,09	0,09
2	Tanah Asli	0,08	0,13	0,17	0,20	0,21
3	TA+5% Marmer	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13
4	TA+10% Marmer	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11
5	TA+15% Marmer	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10
6	TA+20% Marmer	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08

**Tabel 5. 30 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Swelling* Sampel 1**

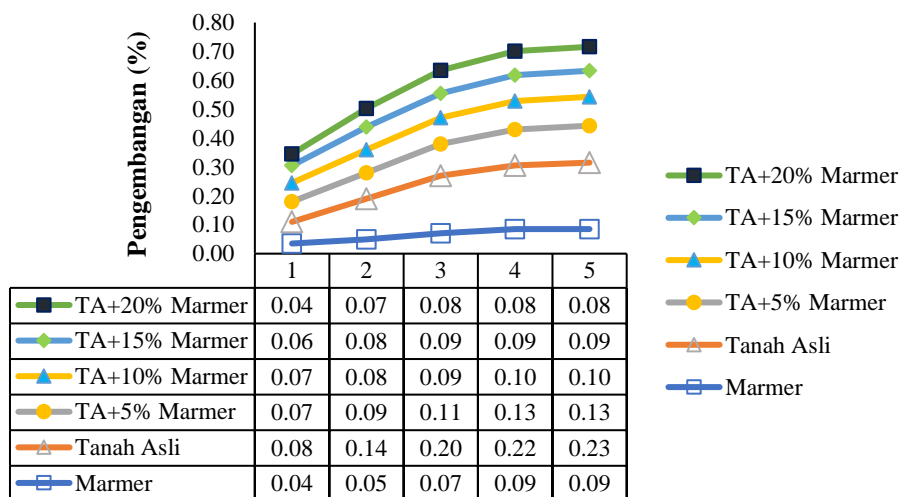
No.	Uraian	Nilai Perendaman Hari Ke-				
		1	2	3	4	5
		cm	cm	cm	cm	cm
1	Marmer	0,04	0,05	0,07	0,09	0,09
2	Tanah Asli	0,08	0,14	0,20	0,22	0,23
3	TA+5% Marmer	0,07	0,09	0,11	0,13	0,13
4	TA+10% Marmer	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10
5	TA+15% Marmer	0,06	0,08	0,09	0,09	0,09
6	TA+20% Marmer	0,04	0,07	0,08	0,08	0,08

Berdasarkan Tabel 5.29 dan Tabel 5.30 di atas, dapat dibuat grafik perbandingan antara nilai pengembangan terhadap variasi penambahan serbuk limbah marmer dan lama pemeraman. Grafik perbandingan nilai pengembangan dan lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 berikut ini.



Perendaman Hari ke-

**Gambar 5. 21 Nilai Pengembangan Terhadap Waktu Perendaman Sampel 1**



Perendaman Hari ke-

**Gambar 5. 22 Nilai Pengembangan Terhadap Waktu Perendaman Sampel 2**

Dari pembacaan grafik di atas dapat diketahui bahwa setelah ditambahkan bahan tambah atau campuran serbuk limbah marmer, nilai pengembangan mengalami penurunan. Penurunan pengembangan terjadi seiring bertambahnya persentase marmer yang ditambahkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai pengembangan terendah diperoleh pada variasi campuran serbuk limbah marmer 20%.

### 5.2.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Berdasarkan Manual Desain Perkerasan 2017

Manual desain perkerasan jalan tahun 2017 merupakan pedoman desain yang diterbitkan oleh Bina Marga, yang secara intensif mengadopsi prinsip-prinsip desain tebal perkerasan dari AASHTO 1993. Hal ini tercermin dalam metodologi perancangannya yang lebih sederhana, dengan menggunakan bagan desain sebagai dasar utama untuk menentukan tebal perkerasan, terutama pada jalan-jalan desa dengan nilai *Equivalent Standard Axle* (ESA) yang rendah. Langkah – langkah perancangan untuk metode desain perkerasan jalan adalah sebagai berikut.

#### 1. Tentukan Umur Rencana Jalan

Umur rencana jalan ditentukan berdasarkan jenis perkerasan dan elemen perkerasan yang digunakan. Umur rencana yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut ini.

**Tabel 5. 31 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)**

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) <sup>(1)</sup>
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir <sup>(2)</sup> .	20
	Fondasi jalan Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	40
	<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)	Minimum 10

Catatan :

- (1) Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana di atas, 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 <http://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/>.
- (2) Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

Dari Tabel 5.31 di atas dapat diketahui bahwa jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan lentur dengan elemen perkerasan yang terdiri dari lapisan aspal dan lapisan berbutir, oleh karena itu umur rencana yang digunakan yaitu 20 tahun.

## 2. Menentukan Beban Lalu Lintas Desain

Beban lalu lintas desain dengan memperhitungkan rata-rata lalu lintas harian dan pertumbuhan lalu lintas sebagai dasar perhitungan ekuivalen lintas sumbu standar (ESA). Hasil kebutuhan beban lalu lintas desain jalan dapat dilihat pada Gambar 5.23 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	Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG (kelompok sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban Lalu lintas desain (aktual) (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454*	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	$7 \times 10^4$
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	$8 \times 10^5$
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	$5 \times 10^6$

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

**Gambar 5. 23 Hasil Pemilihan Beban Lalu Lintas**

Dari Gambar 5.23 di atas dapat diketahui bahwa jalan Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur merupakan jalan lokal dengan nilai LHR dua arah 500 kendaraan/hari, persentase kendaraan berat yang lewat sebesar 6%. Umur rencana yang digunakan yaitu 20 tahun dengan beban lalu lintas desain (aktual) menggunakan ESA4 dengan nilai  $8 \times 10^5$ .

## 3. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan tipe perkerasan akan berbeda tergantung pada volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Perencana harus

mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, serta keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaannya. Hasil pemilihan struktur perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 5.24 di bawah ini.

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal $\geq$ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

**Gambar 5. 24 Hasil Pemilihan Struktur Perkerasan**

Dari Gambar 5.24 dapat diketahui bahwa jenis struktur perkerasan yang cocok digunakan untuk jalan Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur adalah bagan desain 3B karena menggunakan AC (*Asphaltic Concrete*) tebal  $\geq$  100mm dengan lapisan fondasi berbutir halus.

#### 4. Menentukan Desain Perkerasan Lentur

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan bagan desain untuk jalan Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung,

Provinsi Jawa Timur adalah bagan desain 3B. Berikut merupakan desain bagan 3B yang dapat dilihat pada Gambar 5.25 di bawah ini.

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 <sup>6</sup> ESA5)	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan			2		3				

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

**Gambar 5. 25 Hasil Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir**

Dari Gambar 5.25 dapat diketahui bahwa desain perkerasan yang cocok digunakan untuk jalan Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur adalah struktur FFF1 karena kebutuhan beban yang digunakan yaitu 0,8 (10<sup>6</sup>ESA5). Desain perkerasan lentur FFF1 terdiri dari AC WC dengan tebal 40 mm, AC BC dengan tebal 60 mm, dan LPA (lapis fondasi atas) kelas A dengan tebal 400 mm.

#### 5. Menentukan Tebal *Subgrade* Jalan

Penentuan tebal *subgrade* jalan didasarkan pada nilai CBR tanah asli yang ada di lapangan. Berikut merupakan gambar bagan desain fondasi jalan minimum yang dapat dilihat pada Gambar 5.26.

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar						
Tidak diperlukan perbaikan						
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	-	-	100	300
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	SG2.5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)			1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak <sup>(2)</sup>	SG1 <sup>(3)</sup>	-atau- lapis penopang dan geogrid <sup>(4)</sup>	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir <sup>(4)</sup> (5)	1000	1250	1500	

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2017)

**Gambar 5. 26 Hasil Desain Fondasi Jalan Minimum**

Dari pembahasan sebelumnya diketahui bahwa nilai CBR untuk tanah asli sebesar 4,39% untuk kondisi tidak terendam dan 3,14% untuk kondisi terendam. Berdasarkan Gambar 5.26 tanah asli masuk kategori SG4 untuk beban lalu lintas < 2 juta ESA5 diperlukan perbaikan minimum sebesar 100 mm.

Setelah dilakukan stabilisasi dengan serbuk limbah marmer sebesar 20% nilai CBR tanah asli tidak terendam dan terendam mengalami peningkatan. Nilai CBR tanah asli tidak terendam yang awalnya sebesar 4,39% mengalami peningkatan menjadi 14,73%, sedangkan untuk tanah asli yang terendam nilai CBRnya naik dari 3,41% menjadi 6,46%. Kelas kekuatan tanah dasar juga mengalami peningkatan setelah dilakukan stabilisasi, tanah dasar yang awalnya memiliki kelas kekuatan pada SG4 meningkat menjadi kelas SG6. Berikut merupakan cara untuk menentukan tebal perbaikan tanah dasar untuk tanah yang distabilisasi :

Diketahui :

$$\text{CBR perencanaan} = 4\%$$

$$\text{CBR1} = \text{nilai CBR tanah setelah distabilisasi} = 6,46\%$$

$$\text{CBR2} = \text{nilai CBR lapis peningkatan} = \frac{6,46+3,41}{2}$$

$$= 4,99\%$$

$$\text{CBR3} = \text{nilai CBR tanah asli} = 3,41\%$$

$$\sqrt[3]{\text{CBR perencanaan}} = \left[ \frac{(z-20)\text{CBR1}^{\frac{1}{3}} + 20 \times \text{CBR2}^{\frac{1}{3}} + (100-z)\text{CBR3}^{\frac{1}{3}}}{100} \right]$$

$$\sqrt[3]{4} = \left[ \frac{(z-20)6,46^{\frac{1}{3}} + 20 \times 4,99^{\frac{1}{3}} + (100-z)3,41^{\frac{1}{3}}}{100} \right]$$

$$1,587 = \left[ \frac{(z-20)1,862 + 34,265 + (100-z)1,519}{100} \right]$$

$$158,7 = [(z - 20)1,862 + 34,265 + (100 - z)1,519]$$

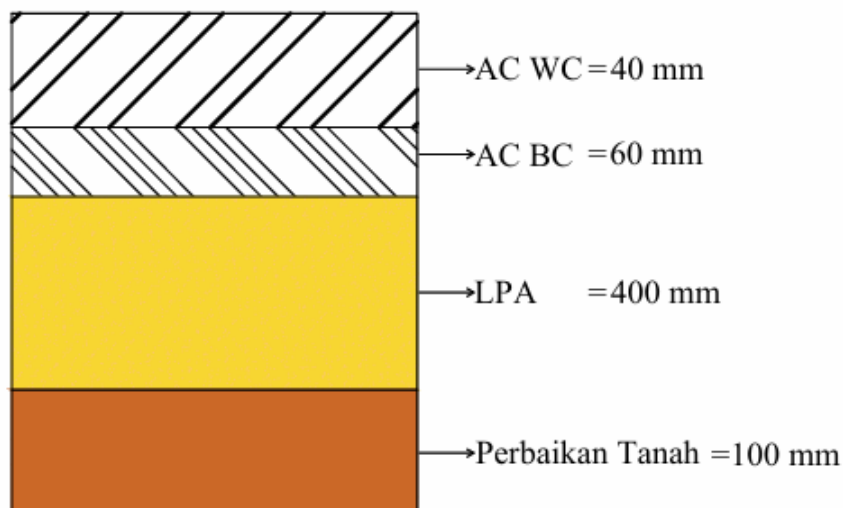
$$158,7 = 1,862z - 37,240 + 34,265 + 151,9 - 1,519z$$

$$158,7 = 0,343z + 148,825$$

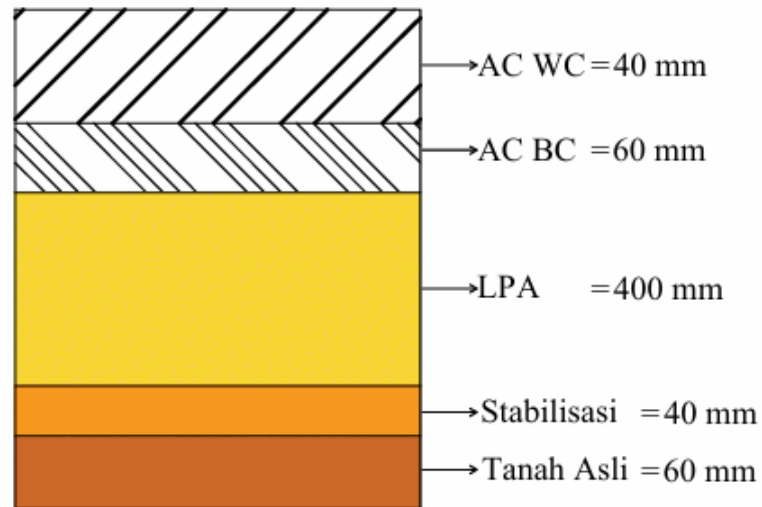
$$9,975 = 0,343z$$

$$z = 28,79 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}$$

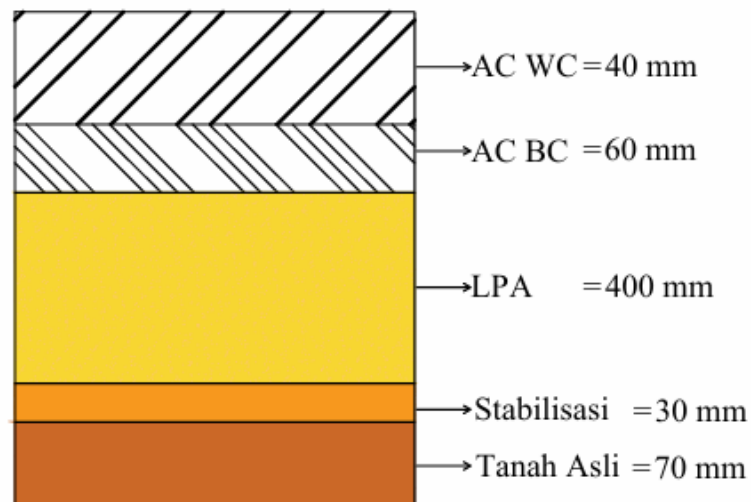
Hasil desain perkerasan jalan lentur pada jalan Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur yang sudah distabilisasi dengan serbuk limbah marmer sebesar 20% adalah perkerasan lentur masuk dalam kategori FFF1 yang terdiri dari AC WC dengan tebal 40 mm, AC BC dengan tebal 60 mm, LPA (lapis fondasi atas) kelas A dengan tebal 400 mm, dan tebal perbaikan tanah dasar sebesar 30 mm. Gambar desain perkerasan lentur untuk tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.27, gambar desain perkerasan lentur dengan stabilisasi subgrade menggunakan limbah marmer 15% dan 20% dapat dilihat pada Gambar 5.28 dan Gambar 2.29 berikut.



**Gambar 5. 27 Desain Perkerasan Lentur Tanah Asli**



**Gambar 5. 28 Desain Perkerasan Lentur Setelah Distabilisasi Menggunakan 15% Marmer**



**Gambar 5. 29 Desain Perkerasan Lentur Setelah Distabilisasi Menggunakan 20% Marmer**

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah asli yang berasal dari Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah serbuk limbah marmer sebagai bahan adiktif untuk meningkatkan kinerja *subgrade* jalan. Dari pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Tanah asli di Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur, diklasifikasikan sebagai kelompok CL menurut metode USCS, yang berarti tanah tersebut merupakan lempung tak organik dengan plastisitas rendah hingga sedang. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah ini termasuk dalam kelompok A-6, yang menunjukkan karakteristik tanah lempung dan kualitas tanah dasar yang tergolong sedang hingga buruk.
2. Dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) di laboratorium pada tanah asli dengan pemeraman selama 1 hari dan perendaman selama 5 hari, diperoleh nilai CBR *design* tidak terendam sebesar 4,39% dan nilai CBR *design* terendam sebesar 3,41%. Hasil pengujian tekan bebas (*unconfined compression test*) pada tanah asli dengan pemeraman selama 1 hari, diperoleh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) sebesar 2,13 kg/cm<sup>2</sup>, kohesi ( $C_u$ ) sebesar 0,73 kg/cm<sup>2</sup>, dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) sebesar 21%. Sedangkan pada pemeraman selama 7 hari, diperoleh nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) sebesar 2,41 kg/cm<sup>2</sup>, kohesi ( $C_u$ ) sebesar 0,80 kg/cm<sup>2</sup>, dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) sebesar 34%.
3. Pada pengujian CBR diketahui bahwa nilai CBR *design* meningkat seiring bertambahnya serbuk limbah marmer yang digunakan, peningkatan nilai CBR juga dipengaruhi oleh lama perendaman, semakin lama sampel direndam maka nilai CBR semakin menurun. Dari hasil pengujian tekan bebas diketahui bahwa

semakin banyak persentase serbuk limbah marmer yang digunakan maka nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ), nilai kohesi ( $C_u$ ), dan nilai sudut geser semakin meningkat.

4. Hasil desain perkerasan jalan lentur pada jalan Desa Sumberingin Kulon, Kecamatan Ngunut, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur yang sudah distabilisasi dengan serbuk limbah marmer sebesar 20% adalah perkerasan lentur masuk dalam kategori FFF1 yang terdiri dari AC WC dengan tebal 40 mm, AC BC dengan tebal 60 mm, LPA (lapis fondasi atas) kelas A dengan tebal 400 mm, dan tebal perbaikan tanah dasar sebesar 30 mm.

## 6.2 Saran

Penelitian yang dilakukan belum sepenuhnya sempurna, sehingga ada beberapa saran untuk penelitian stabilisasi berikutnya. Berikut adalah beberapa rekomendasi yang dapat diberikan:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan atau menambahkan bahan stabilisasi lainnya seperti, kapur, semen, abu terbang, matos, untuk melihat perbandingan yang lebih efektif.
2. Eksplorasi kandungan marmer yang lebih tinggi dari 20% untuk mengetahui batas optimal dan efeknya terhadap sifat mekanik tanah.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode pengujian tambahan seperti uji permeabilitas, uji geser langsung, dan uji triaksial untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang sifat tanah yang distabilisasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya C., Irawan, D., dan Silviana. 2018. Pasir dari Limbah Marmer sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Ekspansif. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M), Bidang Ilmu Teknik Sipil & Keairan, Transportasi, Dan Mitigasi Bencana*. Malang. PP.95-102.
- American Society for Testing and Materials (ASTM)*. 1972. Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants (*ASTM D 421-72*). *United States: ASTM International*.
- American Society for Testing and Materials (ASTM)*. 1966. Method of Test for Liquid Limit of Soils (*ASTM D 423-66*). *United States: ASTM International*.
- American Society for Testing and Materials (ASTM)*. 1974. Standard Test Method for Plastic Limit and Plasticity Index of Soils (*ASTM D 424-74*). *United States: ASTM International*.
- American Society for Testing and Materials (ASTM)*. 1970. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (*ASTM D 698-70*). *United States: ASTM International*.
- Association of State Highway and Transporting Official*. 1974. Standards for Highway Materials. *National Press Building, Washington, D.C.*
- Bowles, J. E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah* (J. K. Haimin, Trans.). Jakarta: Erlangga.
- Celline, F., Sinaga, R., Gandawijaya, G.D., dan Waruwu, A. 2024. Kajian Daya Dukung Tanah Lempung Distabilisasi dengan Abu Marmer. *Jurnal Saintis*. Vol.24 No.1: 11-20. Tangerang.
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Fardyansyah, Y dan Gofar, N. 2020. Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Daya Dukung Subgrade Jalan. *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil Cantilever*. Vol.9 No.2: 63-68. Palembang.

- Hardiyatmo. 2010. *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo. 2012. *Mekanika Tanah I*. Edisi Ke-6. Yogyakarta: Penerbit Gajah Mada University Press.
- Harianto, T dan Masri, A. 2016. Karakteristik Mekanis Tanah Kembang Susut yang Distabilisasi Dengan Limbah Marmer. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta*. Surakarta. PP. 293-430.
- Inglesh dan Metcalf. 1972. The deep Mixing Method. *Kitazume*. Et al Japan : CRC Press.
- Jaint, A.K., Jha, A.L., and Shivanshi. 2020. *Geotechnical Behaviour and Micro-analyses of Expansive Soil Amended with Marble Dust*. *International Journal of Soils and Foundations* 60. 737-751. Manipal University Jaipur and Indian Institute of Technology Patna. India.
- Manual Desain Perkerasan Jalan. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Republik Indonesia.
- Mufarrihah, Z. 2022. *Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Limbah Marmer dan Matos Soil Stabilizer terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Berbutir Halus*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Santoso, H., Cahyo, Y., dan Ridwan, A. 2020. Meningkatkan Berat Volume Kering Tanah *Vermiculite* Menggunakan Serbuk Marmer. *Jurmateks*. Vol.3 No.1: 108-117. Kediri.
- Setyono, E., Sunarto., dan Gumilang, A.M. 2018. Pengaruh Penggunaan Bahan Serbuk Marmer pada Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif. *Jurnal UMM*. Vol.16 No.2: 99-107. Malang.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. *Metode Uji CBR Laboratorium (SNI 1744:2012)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Syahril, S., Suyono, A., Muchtar., Hendry., Prujadi, R., dan Riandi, R. 2022. *Perbaikan Tanah Problematik Lempung Lunak dengan Metode Stabilisasi Kimiawi Ditinjau dari Nilai Kadar Air dan Indeks Plastisitas*. Penelitian: 1-8. Politeknik Negeri Bandung. Bandung.

Tjokrodimuljo, K.. 1992. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.


*USCS (Unifield Soil Classification System), Soil Classification System used in Engineering and Geology.*





# LAMPIRAN




## Lampiran 1 Hasil Pengujian Kadar Air

 <b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584					
<b>PENGUJIAN KADAR AIR</b> <b>ASTM 2216</b>					
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 20 Februari 2024 Sampel : Tanah Dasar Jalan Desa Sumberingin Kulon					
No.	Uraian	Smbol	1	2	Satuan
1	Berat Cawan	$W_1$	8,92	9,19	gram
2	Berat Cawan + tanah basah	$W_2$	27,81	34,08	gram
3	Berat Cawan + tanah kering	$W_3$	26,77	32,61	gram
4	Berat air	$W_w$	1,04	1,47	gram
5	Berat tanah kering	$W_s$	17,85	23,42	gram
6	Kadar air	$w$	5,826	6,277	%
7	Kadar air rata-rata	$w$	6,052		%

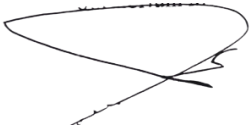

  

<p style="text-align: center;">Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p>  <p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>	<p style="text-align: right;">Yogyakarta, 25 Juli 2024</p> <p style="text-align: right;">Peneliti</p>  <p style="text-align: right;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>
--	--


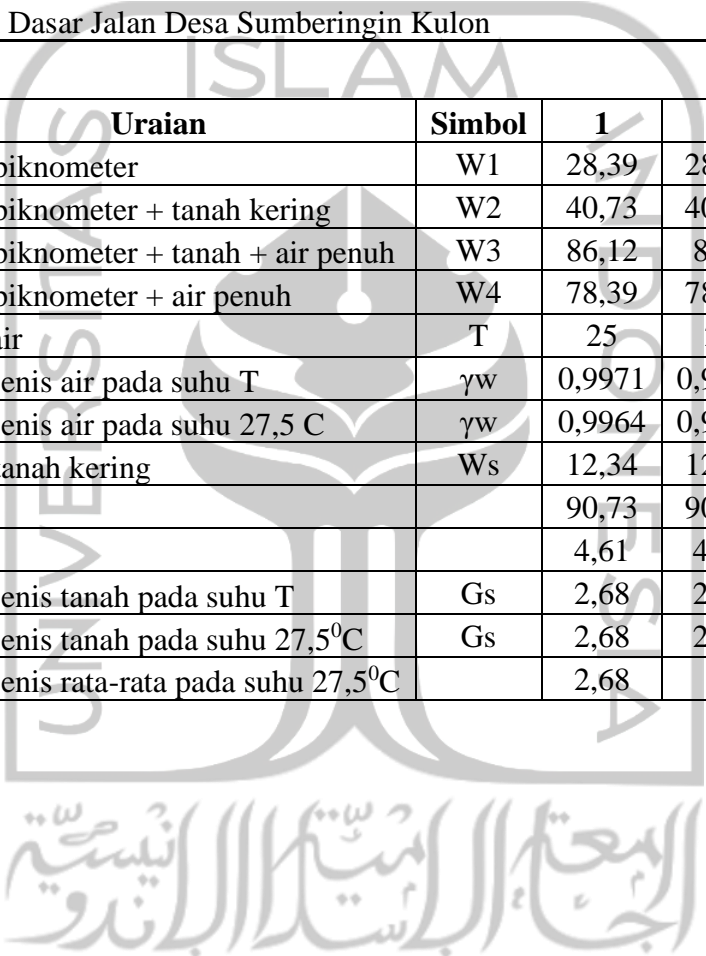
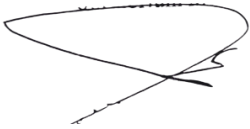

## Lampiran 2 Hasil Pengujian Berat Volume

 <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p style="text-align: center;">Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>					
<b>PENGUJIAN BERAT VOLUME</b>					
<b>ASTM 2216</b>					
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 20 Februari 2024 Sampel : Tanah Dasar Jalan Desa Sumberingin Kulon					
<b>No.</b>	<b>Uraian</b>	<b>Simbol</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Satuan</b>
1	Diameter ring	d	5,05	5,05	cm
2	Tinggi ring	t	1,90	1,90	cm
3	Volume ring	V	38,06	38,06	cm <sup>3</sup>
4	Berat ring	W1	36,22	36,22	gram
5	Berat ring + tanah basah	W2	98,28	98,11	gram
6	Berat tanah basah	W3	62,06	61,89	gram
7	Berat volume tanah	$\gamma_b$	1,63	1,63	gram /cm <sup>3</sup>
8	Berat volume rata-rata		1,63		gram /cm <sup>3</sup>


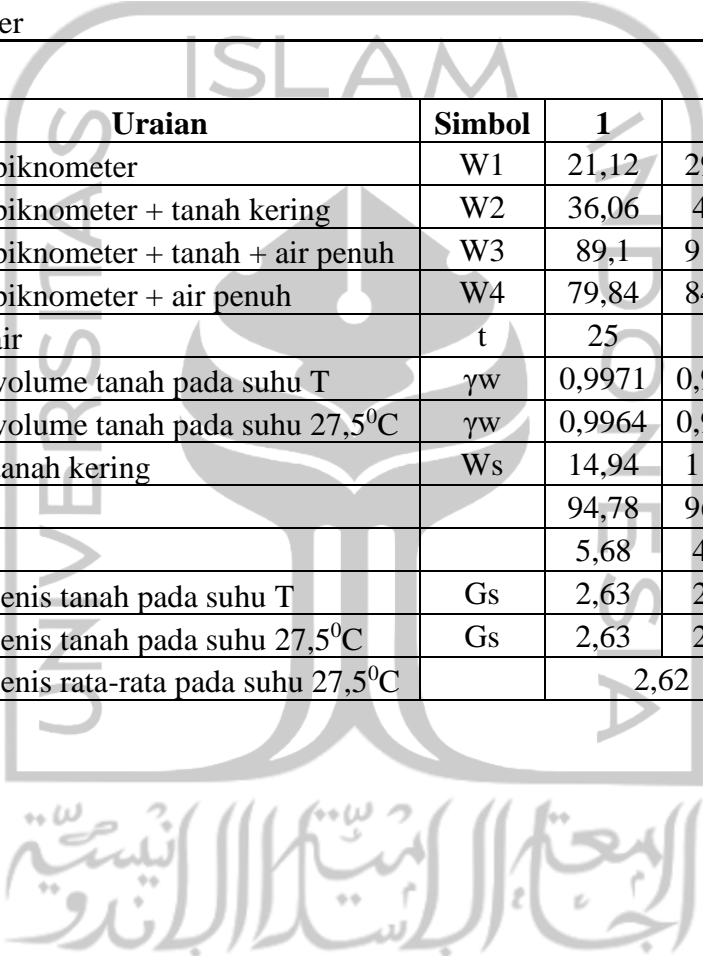
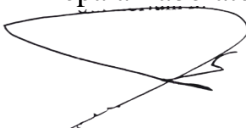

  

<p>Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p>  <p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>	<p style="text-align: right;">Yogyakarta, 25 Juli 2024</p> <p style="text-align: right;">Peneliti</p>  <p style="text-align: right;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>
--	--




## Lampiran 3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

 <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p style="text-align: center;">Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p> <p style="text-align: center;"><b>PENGUJIAN BERAT JENIS</b> <b>ASTM D 854-72</b></p>					
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 20 Februari 2024 Sampel : Tanah Dasar Jalan Desa Sumberingin Kulon					
					
No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
1	Berat piknometer	W1	28,39	28,24	gram
2	Berat piknometer + tanah kering	W2	40,73	40,63	gram
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	86,12	86,2	gram
4	Berat piknometer + air penuh	W4	78,39	78,42	gram
5	Suhu air	T	25	25	<sup>0</sup> C
6	Berat jenis air pada suhu T	$\gamma_w$	0,9971	0,9971	
7	Berat jenis air pada suhu 27,5 C	$\gamma_w$	0,9964	0,9964	
8	Berat tanah kering	Ws	12,34	12,39	gram
9	A		90,73	90,81	gram
10	I		4,61	4,61	gram
11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2,68	2,69	
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	Gs	2,68	2,69	
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C		2,68		
Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah 			Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti 		
<b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b>			<b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b>		

## Lampiran 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Marmer

 <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p style="text-align: center;">Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>					
<b>PENGUJIAN BERAT JENIS</b> <b>ASTM D 854-72</b>					
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 20 Februari 2024 Sampel : Marmer					
					
No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
1	Berat piknometer	W1	21,12	29,39	gram
2	Berat piknometer + tanah kering	W2	36,06	41,1	gram
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	89,1	91,97	gram
4	Berat piknometer + air penuh	W4	79,84	84,74	gram
5	Suhu air	t	25	25	<sup>0</sup> C
6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0,9971	0,9971	
7	Berat volume tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	$\gamma_w$	0,9964	0,9964	
8	Berat tanah kering	Ws	14,94	11,17	gram
9	A		94,78	96,45	gram
10	I		5,68	4,48	gram
11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2,63	2,61	
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	Gs	2,63	2,62	
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C		2,62		
Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah 			Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti 		
<b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b>			<b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b>		


**Lampiran 5 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 5% Marmer**

 <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p style="text-align: center;">Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>																																																																																				
<p><b>PENGUJIAN BERAT JENIS</b>  <b>ASTM D 854-72</b></p>																																																																																				
<p>Proyek : Tugas Akhir  Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  Tanggal : 20 Februari 2024  Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer</p>																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 45%;">Uraian</th> <th style="width: 10%;">Simbol</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Berat piknometer</td> <td>W1</td> <td>27.37</td> <td>29.67</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Berat piknometer + tanah kering</td> <td>W2</td> <td>42.02</td> <td>42.47</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Berat piknometer + tanah + air penuh</td> <td>W3</td> <td>86.97</td> <td>88.15</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Berat piknometer + air penuh</td> <td>W4</td> <td>77.99</td> <td>80.05</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Suhu air</td> <td>t</td> <td>25</td> <td>25</td> <td><sup>0</sup>C</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Berat volume tanah pada suhu T</td> <td><math>\gamma_w</math></td> <td>0.9971</td> <td>0.9971</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Berat volume tanah pada suhu 27,5<sup>0</sup>C</td> <td><math>\gamma_w</math></td> <td>0.9964</td> <td>0.9964</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Berat tanah kering</td> <td>Ws</td> <td>14.65</td> <td>12.8</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>A</td> <td></td> <td>92.64</td> <td>92.85</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>I</td> <td></td> <td>5.67</td> <td>4.7</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Berat jenis tanah pada suhu T</td> <td>Gs</td> <td>2.58</td> <td>2.72</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Berat jenis tanah pada suhu 27,5<sup>0</sup>C</td> <td>Gs</td> <td>2.59</td> <td>2.73</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5<sup>0</sup>C</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">2.66</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan	1	Berat piknometer	W1	27.37	29.67	gram	2	Berat piknometer + tanah kering	W2	42.02	42.47	gram	3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	86.97	88.15	gram	4	Berat piknometer + air penuh	W4	77.99	80.05	gram	5	Suhu air	t	25	25	<sup>0</sup> C	6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0.9971	0.9971		7	Berat volume tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	$\gamma_w$	0.9964	0.9964		8	Berat tanah kering	Ws	14.65	12.8	gram	9	A		92.64	92.85	gram	10	I		5.67	4.7	gram	11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2.58	2.72		12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	Gs	2.59	2.73		13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C		2.66		
No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan																																																																															
1	Berat piknometer	W1	27.37	29.67	gram																																																																															
2	Berat piknometer + tanah kering	W2	42.02	42.47	gram																																																																															
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	86.97	88.15	gram																																																																															
4	Berat piknometer + air penuh	W4	77.99	80.05	gram																																																																															
5	Suhu air	t	25	25	<sup>0</sup> C																																																																															
6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0.9971	0.9971																																																																																
7	Berat volume tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	$\gamma_w$	0.9964	0.9964																																																																																
8	Berat tanah kering	Ws	14.65	12.8	gram																																																																															
9	A		92.64	92.85	gram																																																																															
10	I		5.67	4.7	gram																																																																															
11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2.58	2.72																																																																																
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C	Gs	2.59	2.73																																																																																
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>0</sup> C		2.66																																																																																	
<p>Mengetahui,  Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p>  <p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>	<p style="text-align: right;">Yogyakarta, 25 Juli 2024</p> <p style="text-align: right;">Peneliti</p>  <p style="text-align: right;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>																																																																																			



**Lampiran 6 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 10% Marmer**

	<p><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p>Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>																																																																																				
<p><b>PENGUJIAN BERAT JENIS</b>  <b>ASTM D 854-72</b></p>																																																																																					
<p>Proyek : Tugas Akhir  Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  Tanggal : 20 Februari 2024  Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer</p>																																																																																					
																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 45%;">Uraian</th> <th style="width: 10%;">Simbol</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Berat piknometer</td> <td style="text-align: center;">W1</td> <td style="text-align: center;">27</td> <td style="text-align: center;">31.29</td> <td style="text-align: center;">gram</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Berat piknometer + tanah kering</td> <td style="text-align: center;">W2</td> <td style="text-align: center;">41.22</td> <td style="text-align: center;">43.04</td> <td style="text-align: center;">gram</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Berat piknometer + tanah + air penuh</td> <td style="text-align: center;">W3</td> <td style="text-align: center;">85.62</td> <td style="text-align: center;">88.23</td> <td style="text-align: center;">gram</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Berat piknometer + air penuh</td> <td style="text-align: center;">W4</td> <td style="text-align: center;">77.01</td> <td style="text-align: center;">81.02</td> <td style="text-align: center;">gram</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Suhu air</td> <td style="text-align: center;">t</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td>Berat volume tanah pada suhu T</td> <td style="text-align: center;"><math>\gamma_w</math></td> <td style="text-align: center;">0.9971</td> <td style="text-align: center;">0.9971</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td>Berat volume tanah pada suhu 27,5°C</td> <td style="text-align: center;"><math>\gamma_w</math></td> <td style="text-align: center;">0.9964</td> <td style="text-align: center;">0.9964</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8</td> <td>Berat tanah kering</td> <td style="text-align: center;">Ws</td> <td style="text-align: center;">14.22</td> <td style="text-align: center;">11.75</td> <td style="text-align: center;">gram</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9</td> <td>A</td> <td></td> <td style="text-align: center;">91.23</td> <td style="text-align: center;">92.77</td> <td style="text-align: center;">gram</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td>I</td> <td></td> <td style="text-align: center;">5.61</td> <td style="text-align: center;">4.54</td> <td style="text-align: center;">gram</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">11</td> <td>Berat jenis tanah pada suhu T</td> <td style="text-align: center;">Gs</td> <td style="text-align: center;">2.53</td> <td style="text-align: center;">2.59</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12</td> <td>Berat jenis tanah pada suhu 27,5°C</td> <td style="text-align: center;">Gs</td> <td style="text-align: center;">2.54</td> <td style="text-align: center;">2.59</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13</td> <td>Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5°C</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">2.56</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan	1	Berat piknometer	W1	27	31.29	gram	2	Berat piknometer + tanah kering	W2	41.22	43.04	gram	3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	85.62	88.23	gram	4	Berat piknometer + air penuh	W4	77.01	81.02	gram	5	Suhu air	t	25	25	°C	6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0.9971	0.9971		7	Berat volume tanah pada suhu 27,5°C	$\gamma_w$	0.9964	0.9964		8	Berat tanah kering	Ws	14.22	11.75	gram	9	A		91.23	92.77	gram	10	I		5.61	4.54	gram	11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2.53	2.59		12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5°C	Gs	2.54	2.59		13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5°C		2.56			
No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan																																																																																
1	Berat piknometer	W1	27	31.29	gram																																																																																
2	Berat piknometer + tanah kering	W2	41.22	43.04	gram																																																																																
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	85.62	88.23	gram																																																																																
4	Berat piknometer + air penuh	W4	77.01	81.02	gram																																																																																
5	Suhu air	t	25	25	°C																																																																																
6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0.9971	0.9971																																																																																	
7	Berat volume tanah pada suhu 27,5°C	$\gamma_w$	0.9964	0.9964																																																																																	
8	Berat tanah kering	Ws	14.22	11.75	gram																																																																																
9	A		91.23	92.77	gram																																																																																
10	I		5.61	4.54	gram																																																																																
11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2.53	2.59																																																																																	
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5°C	Gs	2.54	2.59																																																																																	
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5°C		2.56																																																																																		
<p style="text-align: center;">Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>	<p style="text-align: center;">Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>																																																																																				




**Lampiran 7 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 15% Marmer**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p>Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p> </div> </div>					
<b>PENGUJIAN BERAT JENIS</b> <b>ASTM D 854-72</b>					
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 20 Februari 2024 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer					
No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan
1	Berat piknometer	W1	28.77	27.65	gram
2	Berat piknometer + tanah kering	W2	48.15	45.58	gram
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	91.11	89.32	gram
4	Berat piknometer + air penuh	W4	79.5	78.32	gram
5	Suhu air	t	25	25	°C
6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0.9971	0.9971	
7	Berat volume tanah pada suhu 27,5°C	$\gamma_w$	0.9964	0.9964	
8	Berat tanah kering	Ws	19.38	17.93	gram
9	A		98.88	96.25	gram
10	I		7.77	6.93	gram
11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2.49	2.59	
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5°C	Gs	2.50	2.59	
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5°C		2.54		

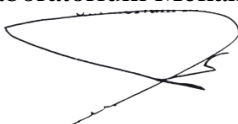

  

<p style="text-align: center;">Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>	<p style="text-align: center;">Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>
---	---

**Lampiran 8 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli + 20% Marmer**

 <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p style="text-align: center;">Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p> <p style="text-align: center;"><b>PENGUJIAN BERAT JENIS</b> <b>ASTM D 854-72</b></p>																																																																																									
<p>Proyek : Tugas Akhir  Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  Tanggal : 20 Februari 2024  Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer</p>																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 45%;">Uraian</th> <th style="width: 10%;">Simbol</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Berat piknometer</td> <td>W1</td> <td>27.17</td> <td>28.83</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Berat piknometer + tanah kering</td> <td>W2</td> <td>43.39</td> <td>44.06</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Berat piknometer + tanah + air penuh</td> <td>W3</td> <td>86.1</td> <td>84.63</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Berat piknometer + air penuh</td> <td>W4</td> <td>76.34</td> <td>75.71</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Suhu air</td> <td>t</td> <td>25</td> <td>25</td> <td><sup>o</sup>C</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Berat volume tanah pada suhu T</td> <td><math>\gamma_w</math></td> <td>0.9971</td> <td>0.9971</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Berat volume tanah pada suhu 27,5<sup>o</sup>C</td> <td><math>\gamma_w</math></td> <td>0.9964</td> <td>0.9964</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Berat tanah kering</td> <td>Ws</td> <td>16.22</td> <td>15.23</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>A</td> <td></td> <td>92.56</td> <td>90.94</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>I</td> <td></td> <td>6.46</td> <td>6.31</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Berat jenis tanah pada suhu T</td> <td>Gs</td> <td>2.51</td> <td>2.41</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Berat jenis tanah pada suhu 27,5<sup>o</sup>C</td> <td>Gs</td> <td>2.51</td> <td>2.42</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5<sup>o</sup>C</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">2.46</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan	1	Berat piknometer	W1	27.17	28.83	gram	2	Berat piknometer + tanah kering	W2	43.39	44.06	gram	3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	86.1	84.63	gram	4	Berat piknometer + air penuh	W4	76.34	75.71	gram	5	Suhu air	t	25	25	<sup>o</sup> C	6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0.9971	0.9971		7	Berat volume tanah pada suhu 27,5 <sup>o</sup> C	$\gamma_w$	0.9964	0.9964		8	Berat tanah kering	Ws	16.22	15.23	gram	9	A		92.56	90.94	gram	10	I		6.46	6.31	gram	11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2.51	2.41		12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>o</sup> C	Gs	2.51	2.42		13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>o</sup> C		2.46		
No.	Uraian	Simbol	1	2	Satuan																																																																																				
1	Berat piknometer	W1	27.17	28.83	gram																																																																																				
2	Berat piknometer + tanah kering	W2	43.39	44.06	gram																																																																																				
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	86.1	84.63	gram																																																																																				
4	Berat piknometer + air penuh	W4	76.34	75.71	gram																																																																																				
5	Suhu air	t	25	25	<sup>o</sup> C																																																																																				
6	Berat volume tanah pada suhu T	$\gamma_w$	0.9971	0.9971																																																																																					
7	Berat volume tanah pada suhu 27,5 <sup>o</sup> C	$\gamma_w$	0.9964	0.9964																																																																																					
8	Berat tanah kering	Ws	16.22	15.23	gram																																																																																				
9	A		92.56	90.94	gram																																																																																				
10	I		6.46	6.31	gram																																																																																				
11	Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2.51	2.41																																																																																					
12	Berat jenis tanah pada suhu 27,5 <sup>o</sup> C	Gs	2.51	2.42																																																																																					
13	Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 <sup>o</sup> C		2.46																																																																																						
Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah  <b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b>			Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti  <b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b>																																																																																						

**Lampiran 9 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli**

<b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584					
<b>PENGUJIAN ANALISA SARINGAN</b> <b>ASTM D 422-72</b>					
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 20 Februari 2024 Sampel : Tanah Asli					
<b>Sampel 1</b>					
No. Saringan	Diameter Saringan mm	Berat Tertahan gr	Berat Lolos gr	Persentase Tertahan %	Persentase Lolos %
4	4,76	0	110	0,00	100,00
10	2	0,08	109,92	0,07	99,93
20	0,84	0,2	109,72	0,18	99,75
40	0,42	1,65	108,07	1,50	98,25
60	0,25	7,08	100,99	6,44	91,81
100	0,149	18,76	82,23	17,05	74,75
200	0,075	2,83	79,4	2,57	72,18
Pan		79,4	0	72,18	0,00
TOTAL		110		100	
Berat tanah mula-mula				110	gram
Prosentase lolos saringan 200				72,182	%
<b>Sampel 2</b>					
No. Saringan	Diameter Saringan mm	Berat Tertahan gr	Berat Lolos gr	Persentase Tertahan %	Persentase Lolos %
4	4,76	0	110	0,00	100,00
10	2	0,08	109,92	0,07	99,93
20	0,84	0,6	109,32	0,55	99,38
40	0,42	2,07	107,25	1,88	97,50
60	0,25	9,48	97,77	8,62	88,88
100	0,149	15,06	82,71	13,69	75,19
200	0,075	1,65	81,06	1,50	73,69
Pan		81	0	73,69	0,00
TOTAL		110		100	
Berat tanah mula-mula				110	gram
Prosentase lolos saringan 200				73,69	%
Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah			Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti		
					
<b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b>			<b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b>		

## Lampiran 10 Hasil Pengujian Hidrometer Tanah Asli



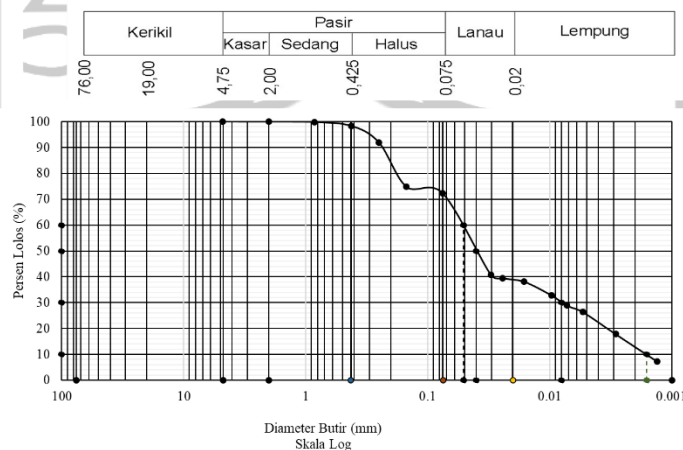
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER**  
**ASTM D 421-72**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 20 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Waktu (menit)	Suhu	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Hidrometer Terkoreksi Miniskus	Kedalaman Efektif	L/t	Konstanta	Diameter
(t)	(T)	Ra	Rc	R	L (cm)		k	
0	26	65	67	68	5,8	0,000	0,01291	0,000
1	26	60	62	63	5,5	5,500	0,01291	0,030
2	26	57	60	61	7,0	3,500	0,01291	0,024
5	26	52	58	59	7,8	1,560	0,01291	0,016
15	26	48	50	51	8,4	0,560	0,01291	0,010
30	26	42	44	45	9,4	0,313	0,01291	0,007
60	26	38	40	41	10,1	0,168	0,01291	0,005
250	26	25	27	28	12,1	0,048	0,01291	0,003
1440	26	9	11	12	14,8	0,010	0,01291	0,001



Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



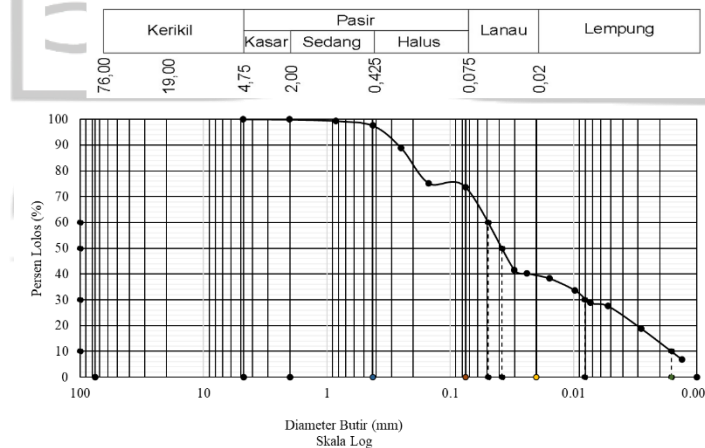
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN ANALISIS HIDROMETER**  
**ASTM D 421-72**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 20 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Waktu (menit)	Suhu	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Hidrometer Terkoreksi Miniskus	Kedalaman Efektif	L/t	Konstanta	Diameter
(t)	(T)	Ra	Rc	R	L (cm)		k	
0	26	64	66	67	58	0,000	0,01291	0,000
1	26	60	62	63	5,5	5,500	0,01291	0,030
2	26	58	60	61	6,8	3,400	0,01291	0,024
5	26	55	57	58	7,3	1,460	0,01291	0,016
15	26	48	50	51	8,4	0,560	0,01291	0,010
30	26	41	43	44	9,6	0,320	0,01291	0,007
60	26	39	41	42	9,9	0,165	0,01291	0,005
250	26	26	28	29	12	0,048	0,01291	0,003
1440	26	8	10	11	15	0,010	0,01291	0,001



Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 11 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli



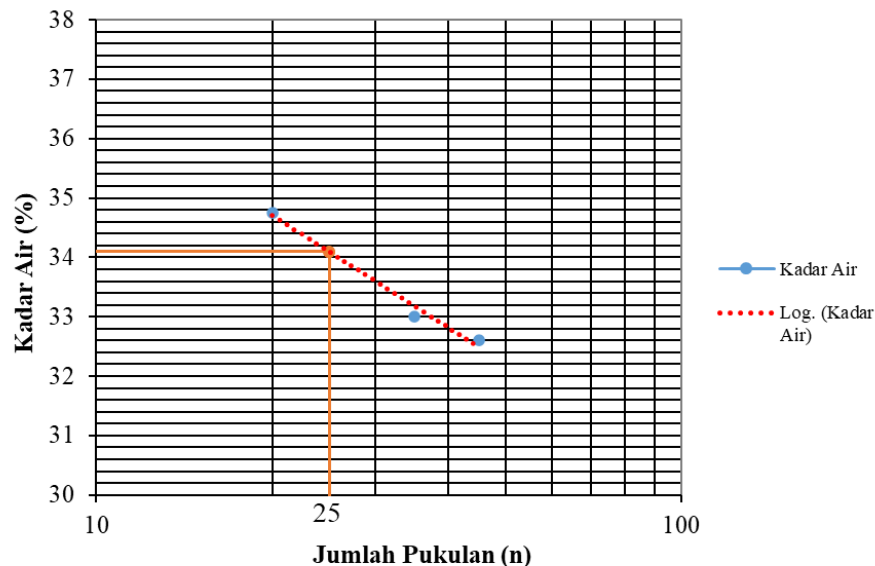
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN BATAS CAIR**  
**ASTM D 423-66**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 20 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Uraian No Cawan	I		II		III		IV	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Berat Cawan, gram	8,95	12,83	8,79	8,91	9,08	12,88	12,81	13,05
Berat Cawan+Tanah Basah, gram	47,03	46,10	37,65	40,53	39,71	49,76	50,96	38,07
Berat Cawan+Tanah Kering, gram	36,72	37,10	30,22	32,36	32,14	40,57	41,32	32,09
Berat Air, gram	10,31	9,00	7,43	8,17	7,57	9,19	9,64	5,98
Berat Tanah Kering, gram	27,77	24,27	21,43	23,45	23,06	27,69	28,51	19,04
Kadar Air, gram	37,13	37,08	34,67	34,84	32,83	33,19	33,81	31,41
Kadar Air Rata-Rata, gram	37,10		34,76		33,01		32,61	
Jumlah Pukulan, n	13		20		35		45	



Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



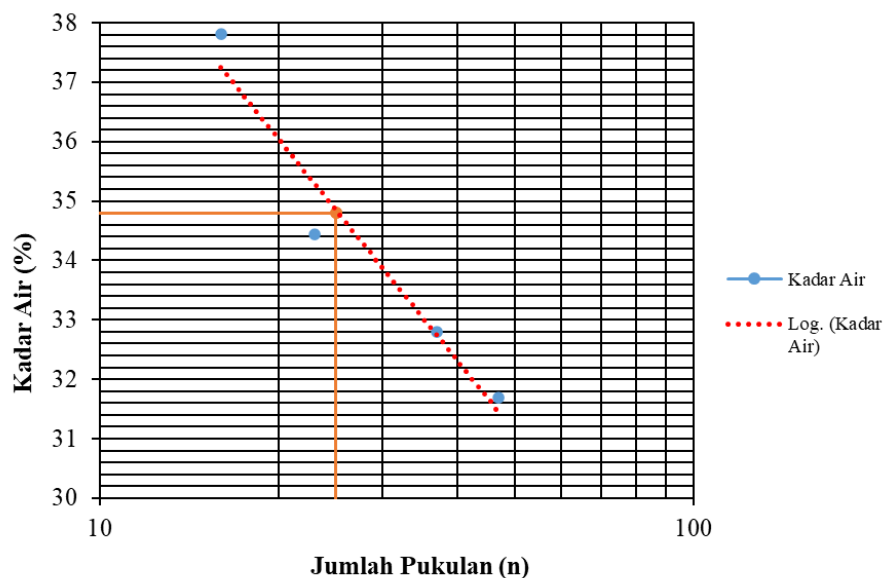
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN BATAS CAIR**  
**ASTM D 423-66**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 20 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Uraian	I		II		III		IV	
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>No Cawan</b>								
Berat Cawan, gram	8,83	9,01	8,91	12,91	12,76	8,98	12,91	13,17
Berat Cawan+Tanah Basah, gram	36,67	36,94	41,52	43,32	38,45	39,21	48,97	49,08
Berat Cawan+Tanah Kering, gram	29,09	29,22	33,22	35,48	32,10	31,75	40,26	40,47
Berat Air, gram	7,58	7,72	8,30	7,84	6,35	7,46	8,71	8,61
Berat Tanah Kering, gram	20,26	20,21	24,31	22,57	19,34	22,77	27,35	27,30
Kadar Air, gram	37,41	38,20	34,14	34,74	32,83	32,76	31,85	31,54
Kadar Air Rata-Rata, gram	37,81		34,44		32,80		31,69	
Jumlah Pukulan, n	16		23		37		47	




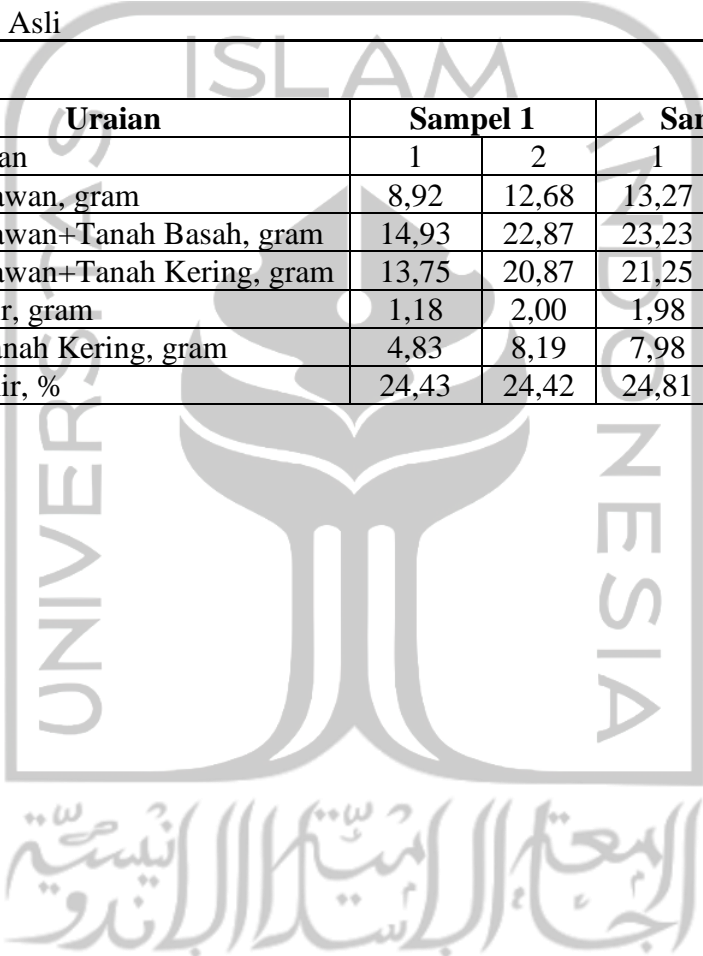


Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 12 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli

 <b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584				
<b>PENGUJIAN BATAS PLASTIS</b> <b>ASTM D 424-74</b>				
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 20 Februari 2024 Sampel : Tanah Asli				
				
Uraian	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No Cawan	1	2	1	2
Berat Cawan, gram	8,92	12,68	13,27	8,71
Berat Cawan+Tanah Basah, gram	14,93	22,87	23,23	20,06
Berat Cawan+Tanah Kering, gram	13,75	20,87	21,25	17,83
Berat Air, gram	1,18	2,00	1,98	2,23
Berat Tanah Kering, gram	4,83	8,19	7,98	9,12
Kadar Air, %	24,43	24,42	24,81	24,45
Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah 		Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti 		
<b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b>		<b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b>		

## Lampiran 13 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli



**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 424-74**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 20 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli

Uraian	Sampel 1		Sampel 2		Satuan
	1	2	1	2	
No Cawan					.
Berat cawan susut ( $W_1$ )	44,02	42,17	45,01	36,62	gram
Berat cawan susut + tanah basah ( $W_2$ )	72,42	70,51	74,69	65,72	gram
Berat cawan susut + tanah kering ( $W_3$ )	65,29	62,73	66,61	57,77	gram
Berat tanah kering ( $W_0$ )	21,27	20,56	21,60	21,15	gram
Kadar air ( $w$ )	33,52	37,84	37,41	37,59	
Diameter ring ( $d$ )	4,12	4,16	4,13	4,12	cm
Tinggi ring ( $t$ )	1,10	1,10	1,10	1,16	cm
Volume ring ( $V$ )	14,66	14,95	14,74	15,46	cm <sup>3</sup>
Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur ( $W_4$ )	212,98	206,42	203,28	212,85	gram
Berat gelas ukur ( $W_5$ )	52,03	52,03	52,03	52,03	gram
Berat air raksa ( $W_6$ )	160,95	154,39	151,25	160,82	gram
Berat tanah kering ( $W_0$ )	21,27	20,56	21,60	21,15	gram
Volume tanah kering ( $V_0$ )	11,83	11,35	11,12	11,83	cm <sup>3</sup>
Batas susut tanah (SL)	20,21	20,34	20,67	20,38	%
Batas susut rata - rata	20,4				%

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah



**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 14 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli

<b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584						
<b>PENGUJIAN PEMADATAN TANAH</b> <b>ASTM D 698-70</b>						
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 21 Februari 2024 Sampel : Tanah Asli Sampel 1						
<b>MOLD</b>				<b>HAMMER</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Simbol</b>	<b>Hasil</b>	<b>Satuan</b>	<b>Uraian</b>	<b>Hasil</b>	<b>Satuan</b>
Diameter	d	10,22	cm	Berat	4,536	kg
Tinggi	H	11,55	cm	Lapis	3	
Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>	Tumbukan	25	
Berat		1837	gram	Tinggi Jatuh	31,5	cm
<b>Uraian</b>	<b>No. Sampel</b>					<b>Satuan</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar air mula-mula	6,052	6,052	6,052	6,052	6,052	%
Penambahan air	5	10	15	20	25	%
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml
Berat cetakan + tanah basah	3356	3513	3641	3613	3530	gram
Berat tanah basah	1519	1676	1804	1776	1693	gram
Berat volume tanah basah	1,60	1,77	1,90	1,87	1,79	gram/cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram
Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah 			Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti 			
<b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b>			<b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b>			



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 21 Februari 2024  
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Uraian No Cawan	1		2		3		4		5		Satuan
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	8,72	13,27	8,89	13,06	12,67	8,99	8,87	12,84	13,18	12,92	gram
Berat cawan + tanah basah	22,13	25,15	17,76	30,32	28,26	24,85	24,04	26,45	39,20	40,06	gram
Berat cawan + tanah kering	20,23	23,42	16,24	27,42	25,43	21,92	20,82	23,30	32,98	33,57	gram
Berat air	1,90	1,73	1,52	2,90	2,83	2,93	3,22	3,15	6,22	6,49	gram
Berat tanah kering	11,51	10,15	7,35	14,36	12,76	12,93	11,95	10,46	19,80	20,65	gram
Kadar air	16,51	17,04	20,68	20,19	22,18	22,66	26,95	30,11	31,41	31,43	%
Kadar air rata-rata	16,78		20,44		22,42		28,53		31,42		
Berat volume tanah kering	1,37		1,47		1,56		1,46		1,36		gr/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

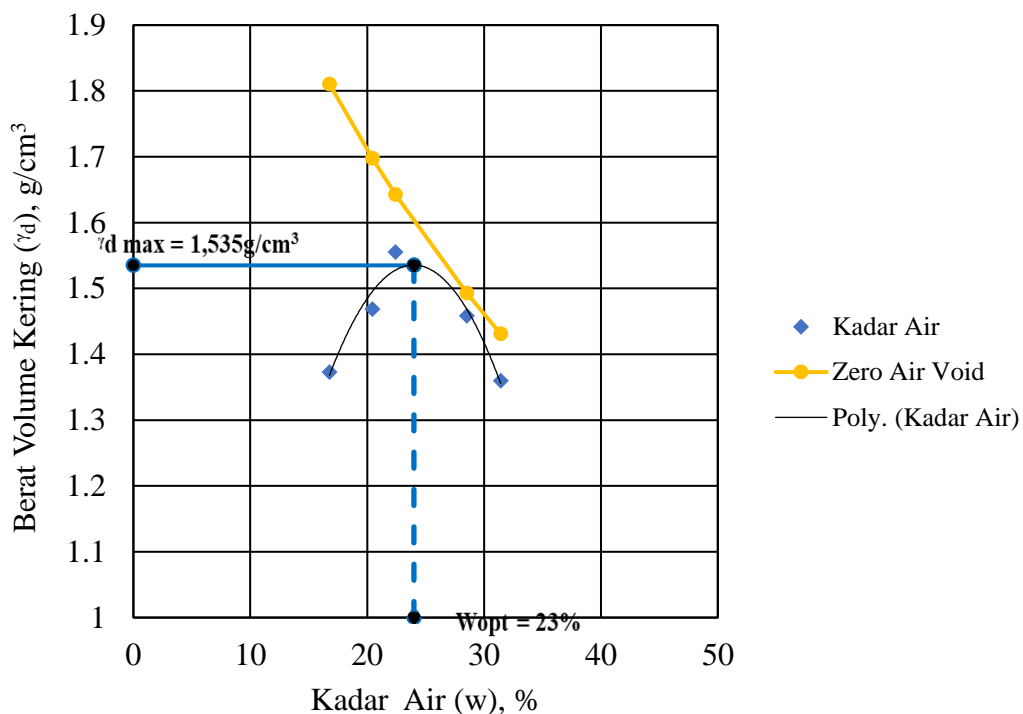


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 21 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Uraian	Hasil	Satuan
Kadar air optimum, Wopt	24	%
Berat volume kering maksimum, γd maks	1.535	gram/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 21 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2

MOLD			
Uraian	Simbol	Hasil	Satuan
Diameter	d	10,22	cm
Tinggi	H	11,55	cm
Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>
Berat		1837	gram

HAMMER		
Uraian	Hasil	Satuan
Berat	4,536	kg
Lapis	3	
Tumbukan	25	
Tinggi Jatuh	31,5	cm

Uraian	No. Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar air mula-mula	6,052	6,052	6,052	6,052	6,052	%
Penambahan air	5	10	15	20	25	%
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml
Berat cetakan + tanah basah	3347	3504	3632	3602	3518	gram
Berat tanah basah	1510	1667	1795	1765	1681	gram
Berat volume tanah basah	1.59	1.76	1.89	1.86	1.77	gram/cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram

الجامعة الإسلامية  
 البعث الإسلامية  
 البعث الإسلامي

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 21 Februari 2024  
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Uraian No Cawan	1		2		3		4		5		Satuan
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	8,82	13,18	8,88	13,14	11,62	8,86	8,92	12,83	12,14	12,86	gram
Berat cawan + tanah basah	22,04	24,85	16,96	29,87	27,98	24,52	23,95	25,92	38,86	39,84	gram
Berat cawan + tanah kering	20,15	23,05	15,62	27,05	24,96	21,63	20,62	22,98	32,58	33,57	gram
Berat air	1,89	1,80	1,34	2,82	3,02	2,89	3,33	2,94	6,28	6,27	gram
Berat tanah kering	11,33	9,87	6,74	13,91	13,34	12,77	11,70	10,15	20,44	20,71	gram
Kadar air	16,68	18,24	19,88	20,27	22,64	22,63	28,46	28,97	30,72	30,28	%
Kadar air rata-rata	17,46		20,08		22,63		28,71		30,50		
Berat volume tanah kering	1,36		1,47		1,54		1,45		1,36		g/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

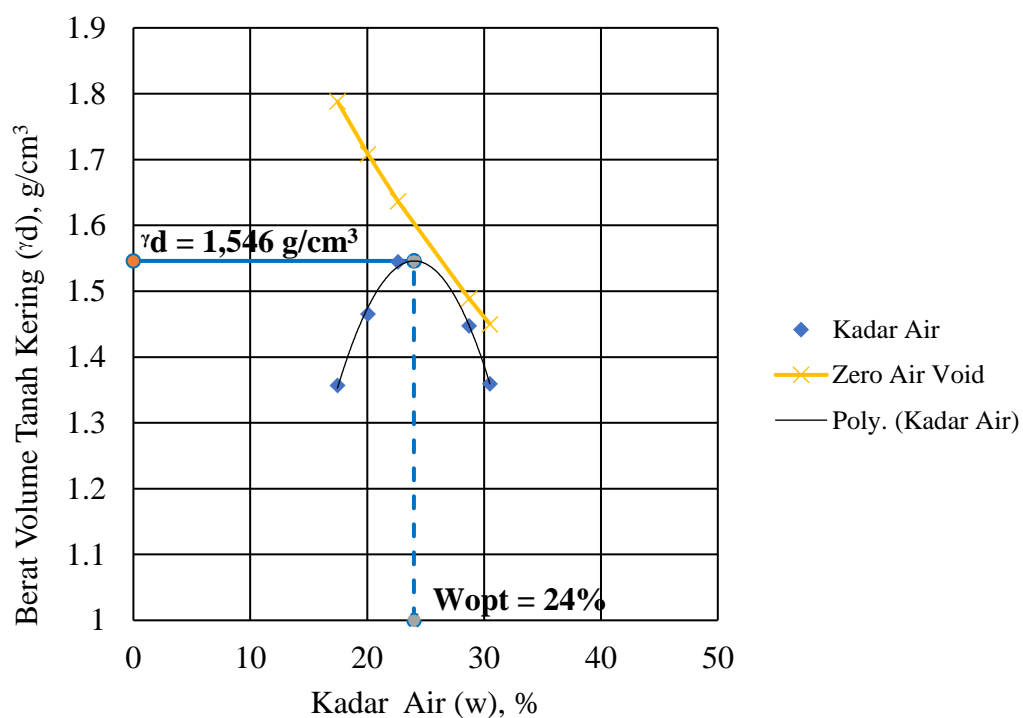


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 21 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Sampel 2



Uraian	Hasil	Satuan
Kadar air opt, $W_{opt}$	24	%
berat tanah maks, $\gamma_d maks$	1,546	gram/cm <sup>3</sup>




Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 15 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Marmer

 <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p style="text-align: center;">Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>																																																																																																														
<b>PENGUJIAN PEMADATAN TANAH</b> <b>ASTM D 698-70</b>																																																																																																														
<p>Proyek : Tugas Akhir  Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  Tanggal : 21 Februari 2024  Sampel : Marmer</p>																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">MOLD</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">HAMMER</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Uraian</th> <th style="width: 10%;">Simbol</th> <th style="width: 15%;">Hasil</th> <th style="width: 10%;">Satuan</th> <th style="width: 15%;">Uraian</th> <th style="width: 10%;">Hasil</th> <th style="width: 10%;">Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diameter</td> <td>d</td> <td>10,22</td> <td>cm</td> <td>Berat</td> <td>4,536</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Tinggi</td> <td>H</td> <td>11,55</td> <td>cm</td> <td>Lapis</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volume</td> <td>V</td> <td>947,488</td> <td>cm<sup>3</sup></td> <td>Tumbukan</td> <td>25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Berat</td> <td></td> <td>1837</td> <td>gram</td> <td>Tinggi Jatuh</td> <td>31,5</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 30%;">Uraian</th> <th colspan="5" style="text-align: center;">No. Sampel</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Satuan</th> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">3</th> <th style="width: 10%;">4</th> <th style="width: 10%;">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Berat sampel tanah</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Kadar air mula-mula</td> <td>0,119</td> <td>0,119</td> <td>0,119</td> <td>0,119</td> <td>0,119</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>300</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>ml</td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan + tanah basah</td> <td>3494</td> <td>3640</td> <td>3863</td> <td>3838</td> <td>3730</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat tanah basah</td> <td>1657</td> <td>1803</td> <td>2026</td> <td>2001</td> <td>1893</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat volume tanah basah</td> <td>1,75</td> <td>1,90</td> <td>2,14</td> <td>2,11</td> <td>2,00</td> <td>gram/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>gram</td> </tr> </tbody> </table>	MOLD				HAMMER			Uraian	Simbol	Hasil	Satuan	Uraian	Hasil	Satuan	Diameter	d	10,22	cm	Berat	4,536	kg	Tinggi	H	11,55	cm	Lapis	3		Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>	Tumbukan	25		Berat		1837	gram	Tinggi Jatuh	31,5	cm	Uraian	No. Sampel					Satuan	1	2	3	4	5	Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram	Kadar air mula-mula	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	%	Penambahan air	5	10	15	20	25	%	Penambahan air	100	200	300	400	500	ml	Berat cetakan + tanah basah	3494	3640	3863	3838	3730	gram	Berat tanah basah	1657	1803	2026	2001	1893	gram	Berat volume tanah basah	1,75	1,90	2,14	2,11	2,00	gram/cm <sup>3</sup>	Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram
MOLD				HAMMER																																																																																																										
Uraian	Simbol	Hasil	Satuan	Uraian	Hasil	Satuan																																																																																																								
Diameter	d	10,22	cm	Berat	4,536	kg																																																																																																								
Tinggi	H	11,55	cm	Lapis	3																																																																																																									
Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>	Tumbukan	25																																																																																																									
Berat		1837	gram	Tinggi Jatuh	31,5	cm																																																																																																								
Uraian	No. Sampel					Satuan																																																																																																								
	1	2	3	4	5																																																																																																									
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram																																																																																																								
Kadar air mula-mula	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	%																																																																																																								
Penambahan air	5	10	15	20	25	%																																																																																																								
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml																																																																																																								
Berat cetakan + tanah basah	3494	3640	3863	3838	3730	gram																																																																																																								
Berat tanah basah	1657	1803	2026	2001	1893	gram																																																																																																								
Berat volume tanah basah	1,75	1,90	2,14	2,11	2,00	gram/cm <sup>3</sup>																																																																																																								
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram																																																																																																								
<p>Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p>  <p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>	<p style="text-align: right;">Yogyakarta, 25 Juli 2024</p> <p style="text-align: right;">Peneliti</p>  <p style="text-align: right;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>																																																																																																													



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 21 Februari 2024  
Sampel : Marmer

Uraian No Cawan	1		2		3		4		5		Satuan
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	8,85	9,05	8,94	12,27	8,91	12,92	12,88	12,81	9,02	8,94	gram
Berat cawan + tanah basah	23,27	30,05	28,07	36,31	24,13	30,48	28,75	28,48	22,09	21,56	gram
Berat cawan + tanah kering	22,52	29,03	26,30	34,10	22,31	28,34	26,46	26,21	19,75	19,28	gram
Berat air	0,75	1,02	1,77	2,21	1,82	2,14	2,29	2,27	2,34	2,28	gram
Berat tanah kering	13,67	19,98	17,36	21,83	13,40	15,42	13,58	13,40	10,73	10,34	gram
Kadar air	5,49	5,11	10,20	10,12	13,58	13,88	16,86	16,94	21,81	22,05	%
Kadar air rata-rata	5,30		10,16		13,73		16,90		21,93		
Berat volume tanah kering	1,66		1,73		1,88		1,81		1,64		g/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

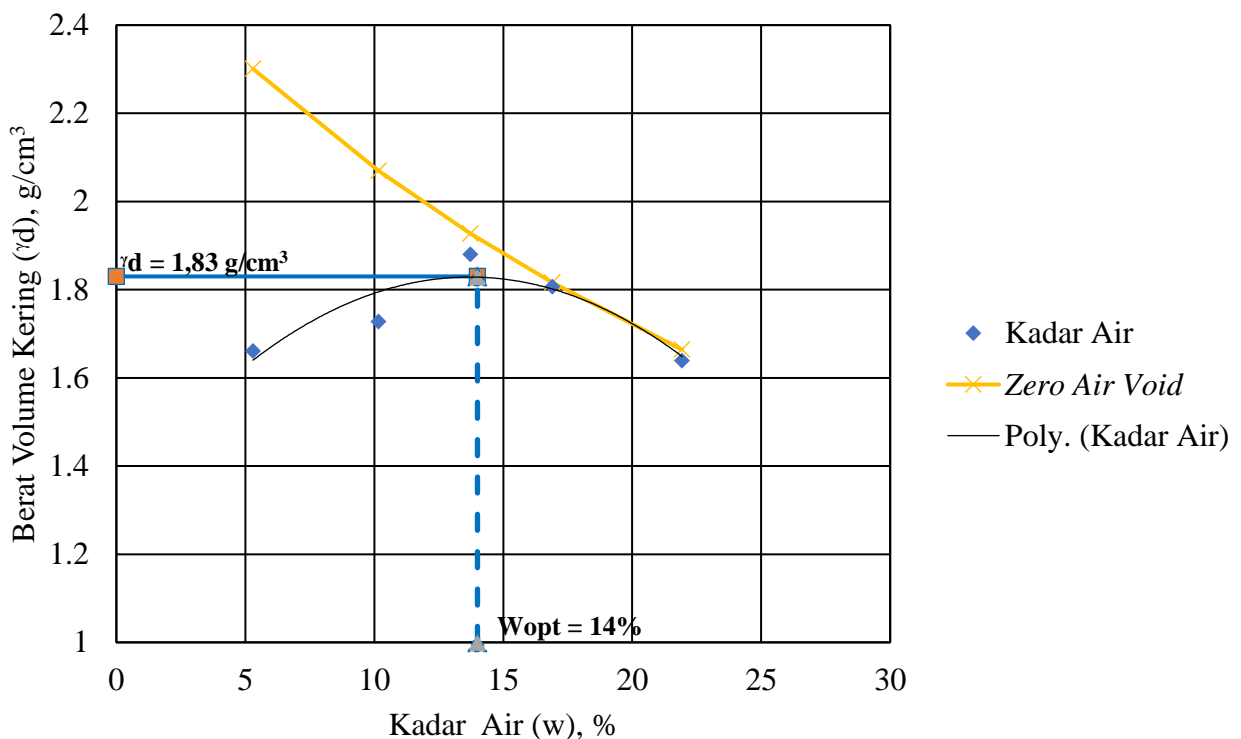


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 21 Februari 2024  
 Sampel : Marmer



Uraian	Hasil	Satuan
Kadar air optimum, $W_{opt}$	14	%
Berat volume kering maksimum, $\gamma_d$ maks	1,83	gram/cm <sup>3</sup>




Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 16 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 5% Marmer**

	<p><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p>Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>																																																																				
<p><b>PENGUJIAN PEMADATAN TANAH</b>  <b>ASTM D 698-70</b></p>																																																																					
<p>Proyek : Tugas Akhir  Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  Tanggal : 22 Februari 2024  Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer</p>																																																																					
<p><b>MOLD</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uraian</th> <th>Simbol</th> <th>Hasil</th> <th>Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diameter</td> <td>d</td> <td>10,22</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Tinggi</td> <td>H</td> <td>11,55</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Volume</td> <td>V</td> <td>947,488</td> <td>cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Berat</td> <td></td> <td>1837</td> <td>gram</td> </tr> </tbody> </table>	Uraian	Simbol	Hasil	Satuan	Diameter	d	10,22	cm	Tinggi	H	11,55	cm	Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>	Berat		1837	gram	<p><b>HAMMER</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uraian</th> <th>Hasil</th> <th>Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Berat</td> <td>4,536</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Lapis</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tumbukan</td> <td>25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tinggi Jatuh</td> <td>31,5</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table>	Uraian	Hasil	Satuan	Berat	4,536	kg	Lapis	3		Tumbukan	25		Tinggi Jatuh	31,5	cm																																	
Uraian	Simbol	Hasil	Satuan																																																																		
Diameter	d	10,22	cm																																																																		
Tinggi	H	11,55	cm																																																																		
Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>																																																																		
Berat		1837	gram																																																																		
Uraian	Hasil	Satuan																																																																			
Berat	4,536	kg																																																																			
Lapis	3																																																																				
Tumbukan	25																																																																				
Tinggi Jatuh	31,5	cm																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Uraian</th> <th colspan="5">No. Sampel</th> <th rowspan="2">Satuan</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Berat sampel tanah</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Kadar air mula-mula</td> <td>6,364</td> <td>6,364</td> <td>6,364</td> <td>6,364</td> <td>6,364</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>300</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>ml</td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan + tanah basah</td> <td>3360</td> <td>3505</td> <td>3625</td> <td>3600</td> <td>3542</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat tanah basah</td> <td>1523</td> <td>1668</td> <td>1788</td> <td>1763</td> <td>1705</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat volume tanah basah</td> <td>1,61</td> <td>1,76</td> <td>1,89</td> <td>1,86</td> <td>1,80</td> <td>gram/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>gram</td> </tr> </tbody> </table>		Uraian	No. Sampel					Satuan	1	2	3	4	5	Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram	Kadar air mula-mula	6,364	6,364	6,364	6,364	6,364	%	Penambahan air	5	10	15	20	25	%	Penambahan air	100	200	300	400	500	ml	Berat cetakan + tanah basah	3360	3505	3625	3600	3542	gram	Berat tanah basah	1523	1668	1788	1763	1705	gram	Berat volume tanah basah	1,61	1,76	1,89	1,86	1,80	gram/cm <sup>3</sup>	Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram
Uraian	No. Sampel					Satuan																																																															
	1	2	3	4	5																																																																
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram																																																															
Kadar air mula-mula	6,364	6,364	6,364	6,364	6,364	%																																																															
Penambahan air	5	10	15	20	25	%																																																															
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml																																																															
Berat cetakan + tanah basah	3360	3505	3625	3600	3542	gram																																																															
Berat tanah basah	1523	1668	1788	1763	1705	gram																																																															
Berat volume tanah basah	1,61	1,76	1,89	1,86	1,80	gram/cm <sup>3</sup>																																																															
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram																																																															
<p>Mengetahui,  Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>	<p style="text-align: right;">Yogyakarta, 25 Juli 2024</p> <p style="text-align: center;">Peneliti</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>																																																																				



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 22 Februari 2024  
Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer

Uraian No Cawan	1		2		3		4		5		Satuan
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	8,72	8,87	12,69	13,19	12,84	13,11	13,29	12,95	8,00	8,99	gram
Berat cawan + tanah basah	31,17	32,36	34,32	29,59	26,28	25,98	34,31	32,45	36,29	32,10	gram
Berat cawan + tanah kering	28,71	29,68	31,00	27,16	23,87	23,71	29,99	28,45	29,88	26,66	gram
Berat air	2,46	2,68	3,32	2,43	2,41	2,27	4,32	4,00	6,41	5,44	gram
Berat tanah kering	19,99	20,81	18,31	13,97	11,03	10,60	16,70	15,50	21,88	17,67	gram
Kadar air	12,31	12,88	18,13	17,39	21,85	21,42	25,87	25,81	29,30	30,79	%
Kadar air rata-rata	12,59		17,76		21,63		25,84		30,04		
Berat volume tanah kering	1,43		1,49		1,55		1,48		1,38		g/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

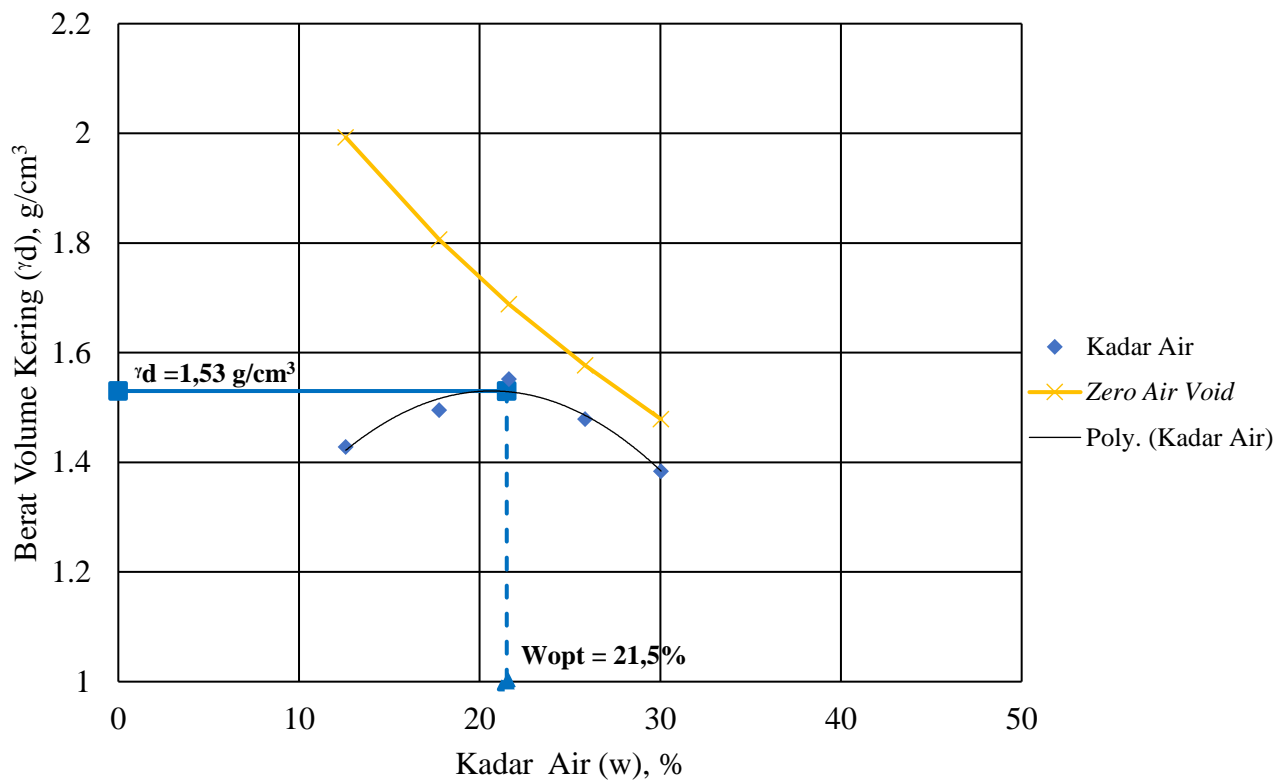


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 22 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer



Uraian	Hasil	Satuan
Kadar air optimum, $W_{opt}$	21,5	%
Berat volume kering maksimum, $\gamma_d$ maks	1,53	gram/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 17 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 10% Marmer**



**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  
ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 22 Februari 2024  
Sampel : Tanah Asli + 10%

MOLD			
Uraian	Simbol	Hasil	Satuan
Diameter	d	10,22	cm
Tinggi	H	11,55	cm
Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>
Berat		1837	gram

HAMMER		
Uraian	Hasil	Satuan
Berat	4,536	kg
Lapis	3	
Tumbukan	25	
Tinggi Jatuh	31,5	cm

Uraian	No. Sampel					Satuan
	1	2	3	4	5	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram
Kadar air mula-mula	5,572	5,572	5,572	5,572	5,572	%
Penambahan air	5	10	15	20	25	%
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml
Berat cetakan + tanah basah	3272	3431	3648	3620	3535	gram
Berat tanah basah	1435	1594	1811	1783	1698	gram
Berat volume tanah basah	1,51	1,68	1,91	1,88	1,79	gram/cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 22 Februari 2024  
Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer

Uraian No Cawan	1		2		3		4		5		Satuan
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	8,93	8,85	9,02	9,12	8,91	8,93	12,91	12,76	12,90	12,81	gram
Berat cawan + tanah basah	34,56	30,71	31,31	29,06	26,14	25,13	28,64	25,14	39,45	39,95	gram
Berat cawan + tanah kering	32,04	28,48	28,35	26,41	23,12	22,22	25,58	22,71	34,03	34,41	gram
Berat air	2,52	2,23	2,96	2,65	3,02	2,91	3,06	2,43	5,42	5,54	gram
Berat tanah kering	23,11	19,63	19,33	17,29	14,21	13,29	12,67	9,95	21,13	21,60	gram
Kadar air	10,90	11,36	15,31	15,33	21,25	21,90	24,15	24,42	25,65	25,65	%
Kadar air rata-rata	11,13		15,32		21,57		24,29		25,65		
Berat volume tanah kering	1,36		1,46		1,57		1,51		1,43		g/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

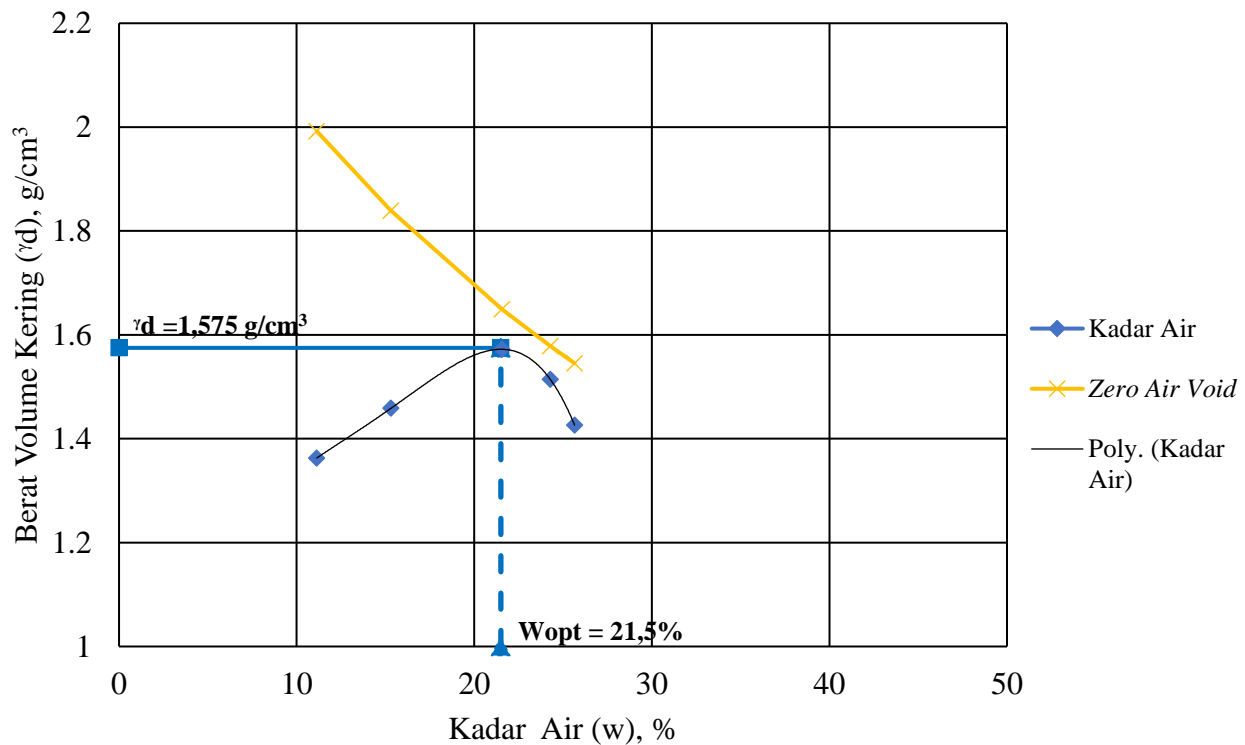


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 22 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer



Uraian	Hasil	Satuan
Kadar air optimum, Wopt	21,5	%
Berat volume kering maksimum, γd maks	1,575	gram/cm <sup>3</sup>




Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 18 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 15% Marmer**

	<p><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p>Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>																																																																									
<p><b>PENGUJIAN PEMADATAN TANAH</b>  <b>ASTM D 698-70</b></p>																																																																										
<p>Proyek : Tugas Akhir  Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  Tanggal : 23 Februari 2024  Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer</p>																																																																										
<p><b>MOLD</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uraian</th> <th>Simbol</th> <th>Hasil</th> <th>Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diameter</td> <td>d</td> <td>10,22</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Tinggi</td> <td>H</td> <td>11,55</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Volume</td> <td>V</td> <td>947,488</td> <td>cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Berat</td> <td></td> <td>1837</td> <td>gram</td> </tr> </tbody> </table>	Uraian	Simbol	Hasil	Satuan	Diameter	d	10,22	cm	Tinggi	H	11,55	cm	Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>	Berat		1837	gram	<p><b>HAMMER</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uraian</th> <th>Hasil</th> <th>Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Berat</td> <td>4,536</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Lapis</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tumbukan</td> <td>25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tinggi Jatuh</td> <td>31,5</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table>	Uraian	Hasil	Satuan	Berat	4,536	kg	Lapis	3		Tumbukan	25		Tinggi Jatuh	31,5	cm																																						
Uraian	Simbol	Hasil	Satuan																																																																							
Diameter	d	10,22	cm																																																																							
Tinggi	H	11,55	cm																																																																							
Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>																																																																							
Berat		1837	gram																																																																							
Uraian	Hasil	Satuan																																																																								
Berat	4,536	kg																																																																								
Lapis	3																																																																									
Tumbukan	25																																																																									
Tinggi Jatuh	31,5	cm																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Uraian</th> <th colspan="5">No. Sampel</th> <th rowspan="2">Satuan</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Berat sampel tanah</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Kadar air mula-mula</td> <td>5,224</td> <td>5,224</td> <td>5,224</td> <td>5,224</td> <td>5,224</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>300</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>ml</td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan + tanah basah</td> <td>3380</td> <td>3475</td> <td>3641</td> <td>3634</td> <td>3613</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat tanah basah</td> <td>1543</td> <td>1638</td> <td>1804</td> <td>1797</td> <td>1776</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat volume tanah basah</td> <td>1,63</td> <td>1,73</td> <td>1,90</td> <td>1,90</td> <td>1,87</td> <td>gram/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>gram</td> </tr> </tbody> </table>							Uraian	No. Sampel					Satuan	1	2	3	4	5	Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram	Kadar air mula-mula	5,224	5,224	5,224	5,224	5,224	%	Penambahan air	5	10	15	20	25	%	Penambahan air	100	200	300	400	500	ml	Berat cetakan + tanah basah	3380	3475	3641	3634	3613	gram	Berat tanah basah	1543	1638	1804	1797	1776	gram	Berat volume tanah basah	1,63	1,73	1,90	1,90	1,87	gram/cm <sup>3</sup>	Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram
Uraian	No. Sampel					Satuan																																																																				
	1	2	3	4	5																																																																					
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram																																																																				
Kadar air mula-mula	5,224	5,224	5,224	5,224	5,224	%																																																																				
Penambahan air	5	10	15	20	25	%																																																																				
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml																																																																				
Berat cetakan + tanah basah	3380	3475	3641	3634	3613	gram																																																																				
Berat tanah basah	1543	1638	1804	1797	1776	gram																																																																				
Berat volume tanah basah	1,63	1,73	1,90	1,90	1,87	gram/cm <sup>3</sup>																																																																				
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram																																																																				
<p>Mengetahui,  Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p> 			<p>Yogyakarta, 25 Juli 2024  Peneliti</p> 																																																																							
<p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>			<p><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>																																																																							



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 23 Februari 2024  
Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer

Uraian No Cawan	1		2		3		4		5		Satuan
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	8,91	9,06	12,85	12,92	12,78	13,16	12,12	12,13	8,64	9,27	gram
Berat cawan + tanah basah	36,25	33,91	33,26	32,82	26,28	25,01	35,21	36,26	35,41	38,43	gram
Berat cawan + tanah kering	33,22	31,15	30,46	30,03	24,01	23,08	30,73	31,58	29,77	32,32	gram
Berat air	3,03	2,76	2,80	2,79	2,27	1,93	4,48	4,68	5,64	6,11	gram
Berat tanah kering	24,31	22,09	17,61	17,11	11,23	9,92	18,61	19,45	21,13	23,05	gram
Kadar air	12,46	12,49	15,90	16,31	20,21	19,46	24,07	24,06	26,69	26,51	%
Kadar air rata-rata	12,48		16,10		19,83		24,07		26,60		
Berat volume tanah kering	1,45		1,49		1,59		1,53		1,48		g/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

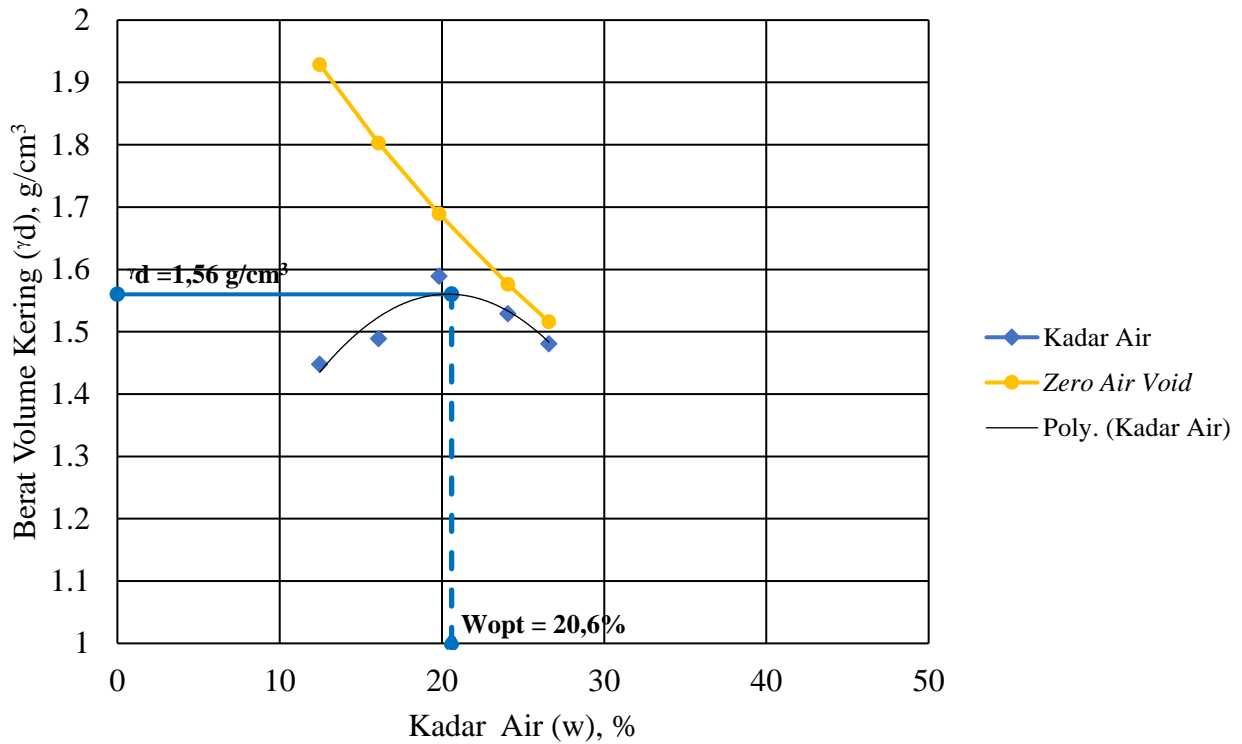


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 23 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer



Uraian	Hasil	Satuan
Kadar air optimum, $W_{opt}$	20,6	%
Berat volume kering maksimum, $\gamma_d$ maks	1,56	gram/cm <sup>3</sup>




Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 19 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli + 20% Marmer**

	<p><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p>Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>																																																																									
<p><b>PENGUJIAN PEMADATAN TANAH</b>  <b>ASTM D 698-70</b></p>																																																																										
<p>Proyek : Tugas Akhir  Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  Tanggal : 23 Februari 2024  Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer</p>																																																																										
<p><b>MOLD</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uraian</th> <th>Simbol</th> <th>Hasil</th> <th>Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diameter</td> <td>d</td> <td>10,22</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Tinggi</td> <td>H</td> <td>11,55</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Volume</td> <td>V</td> <td>947,488</td> <td>cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Berat</td> <td></td> <td>1837</td> <td>gram</td> </tr> </tbody> </table>	Uraian	Simbol	Hasil	Satuan	Diameter	d	10,22	cm	Tinggi	H	11,55	cm	Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>	Berat		1837	gram	<p><b>HAMMER</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Uraian</th> <th>Hasil</th> <th>Satuan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Berat</td> <td>4,536</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Lapis</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tumbukan</td> <td>25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tinggi Jatuh</td> <td>31,5</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table>	Uraian	Hasil	Satuan	Berat	4,536	kg	Lapis	3		Tumbukan	25		Tinggi Jatuh	31,5	cm																																						
Uraian	Simbol	Hasil	Satuan																																																																							
Diameter	d	10,22	cm																																																																							
Tinggi	H	11,55	cm																																																																							
Volume	V	947,488	cm <sup>3</sup>																																																																							
Berat		1837	gram																																																																							
Uraian	Hasil	Satuan																																																																								
Berat	4,536	kg																																																																								
Lapis	3																																																																									
Tumbukan	25																																																																									
Tinggi Jatuh	31,5	cm																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Uraian</th> <th colspan="5">No. Sampel</th> <th rowspan="2">Satuan</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Berat sampel tanah</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Kadar air mula-mula</td> <td>3,443</td> <td>3,443</td> <td>3,443</td> <td>3,443</td> <td>3,443</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Penambahan air</td> <td>100</td> <td>200</td> <td>300</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>ml</td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan + tanah basah</td> <td>3328</td> <td>3446</td> <td>3632</td> <td>3608</td> <td>3531</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat tanah basah</td> <td>1491</td> <td>1609</td> <td>1795</td> <td>1771</td> <td>1694</td> <td>gram</td> </tr> <tr> <td>Berat volume tanah basah</td> <td>1,57</td> <td>1,70</td> <td>1,89</td> <td>1,87</td> <td>1,79</td> <td>gram/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Berat cetakan</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>1837</td> <td>gram</td> </tr> </tbody> </table>							Uraian	No. Sampel					Satuan	1	2	3	4	5	Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram	Kadar air mula-mula	3,443	3,443	3,443	3,443	3,443	%	Penambahan air	5	10	15	20	25	%	Penambahan air	100	200	300	400	500	ml	Berat cetakan + tanah basah	3328	3446	3632	3608	3531	gram	Berat tanah basah	1491	1609	1795	1771	1694	gram	Berat volume tanah basah	1,57	1,70	1,89	1,87	1,79	gram/cm <sup>3</sup>	Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram
Uraian	No. Sampel					Satuan																																																																				
	1	2	3	4	5																																																																					
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gram																																																																				
Kadar air mula-mula	3,443	3,443	3,443	3,443	3,443	%																																																																				
Penambahan air	5	10	15	20	25	%																																																																				
Penambahan air	100	200	300	400	500	ml																																																																				
Berat cetakan + tanah basah	3328	3446	3632	3608	3531	gram																																																																				
Berat tanah basah	1491	1609	1795	1771	1694	gram																																																																				
Berat volume tanah basah	1,57	1,70	1,89	1,87	1,79	gram/cm <sup>3</sup>																																																																				
Berat cetakan	1837	1837	1837	1837	1837	gram																																																																				
<p>Mengetahui,  Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p> 			<p style="text-align: right;">Yogyakarta, 25 Juli 2024</p> <p style="text-align: right;">Peneliti</p> 																																																																							
<p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>			<p style="text-align: right;"><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>																																																																							



**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**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 23 Februari 2024  
Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer

Uraian No Cawan	1		2		3		4		5		Satuan
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Berat cawan	12,54	12,17	13,07	13,10	13,43	12,24	12,04	12,60	9,15	9,48	gram
Berat cawan + tanah basah	38,67	39,07	40,12	38,67	37,89	39,07	40,45	38,68	32,67	31,76	gram
Berat cawan + tanah kering	36,71	36,97	36,76	35,48	34,03	34,92	35,15	33,89	27,86	27,13	gram
Berat air	1,96	2,10	3,36	3,19	3,86	4,15	5,30	4,79	4,81	4,63	gram
Berat tanah kering	24,17	24,80	23,69	22,38	20,60	22,68	23,11	21,29	18,71	17,65	gram
Kadar air	8,11	8,47	14,18	14,25	18,74	18,30	22,93	22,50	25,71	26,23	%
Kadar air rata-rata	8,29		14,22		18,52		22,72		25,97		
Berat volume tanah kering	1,45		1,49		1,60		1,52		1,42		g/cm <sup>3</sup>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

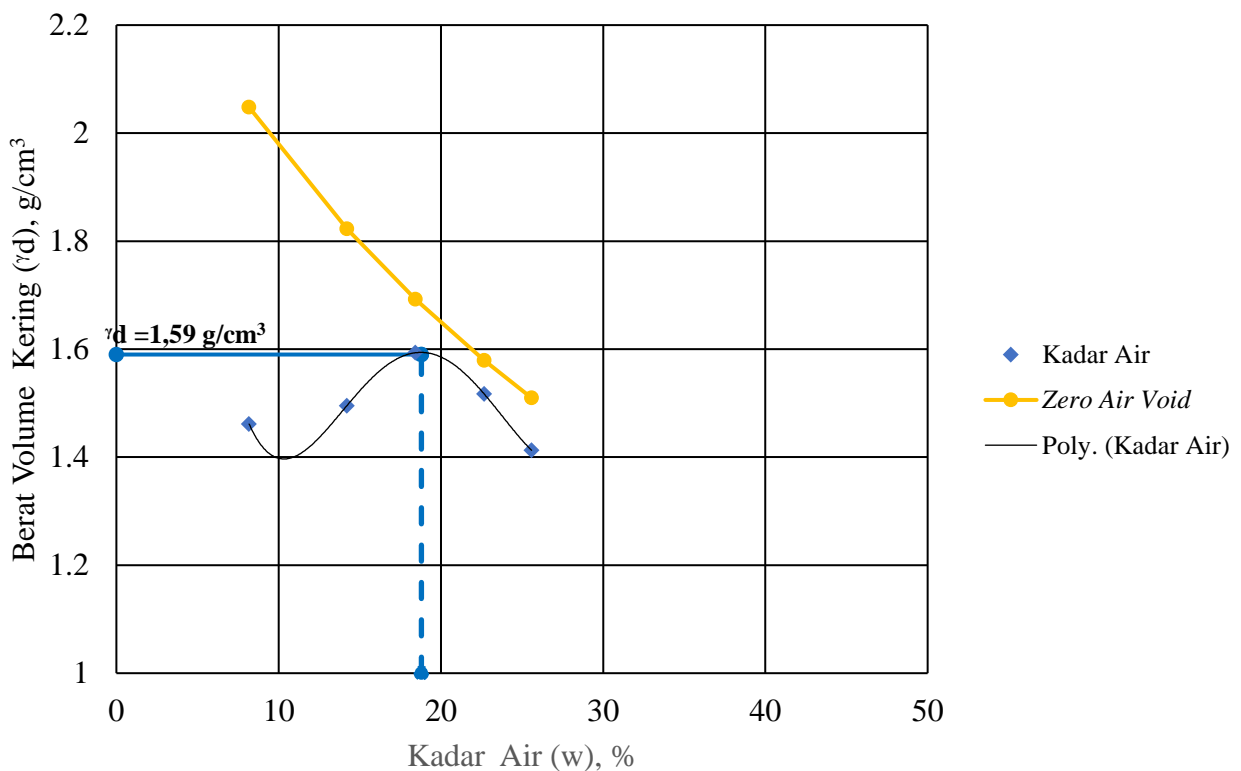


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

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

**PENGUJIAN CBR LABORATORIUM**  
**ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 23 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer



Uraian	Hasil	Satuan
Kadar air optimum, $W_{opt}$	18,8	%
Berat volume kering maksimum, $\gamma_d$ maks	1,59	gram/cm <sup>3</sup>




Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 20 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli

	<b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584			
<b>PENGUJIAN PEMADATAN TANAH</b> <b>SNI 1744:2012</b>				
Proyek : Tugas Akhir Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman Tanggal : 29 Februari 2024 Sampel : Tanah Asli Tidak terendam Sampel 1				
<b>Berat Volume Tanah</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>		
Tinggi cetakan	15,730	cm		
Diameter Cetakan	11,950	cm		
Volume Cetakan	1764	cm <sup>3</sup>		
Berat cetakan	3545	gram		
Berat cetakan + tanah basah	6455	gram		
Berat tanah basah	2910	gram		
Berat volume tanah basah	1.649	gram/ cm <sup>3</sup>		
Berat volume tanah kering	1.555	gram/ cm <sup>3</sup>		
<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	12,98	13,14	12,24	13,11
Berat cawan+tanah basah (gram)	21,87	34,79	31,04	24,39
Berat cawan+tanah kering(gram)	20,11	30,56	27,38	22,16
Berat air(gram)	1,76	4,23	3,66	2,23
Berat tanah kering (gram)	7,13	17,42	15,14	9,05
Kadar air (%)	24,684	24,282	24,174	24,641
Kadar air rata-rata (%)	24,483		24.408	
Mengetahui, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah 		Yogyakarta, 25 Juli 2024 Peneliti 		
<b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b>		<b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b>		



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

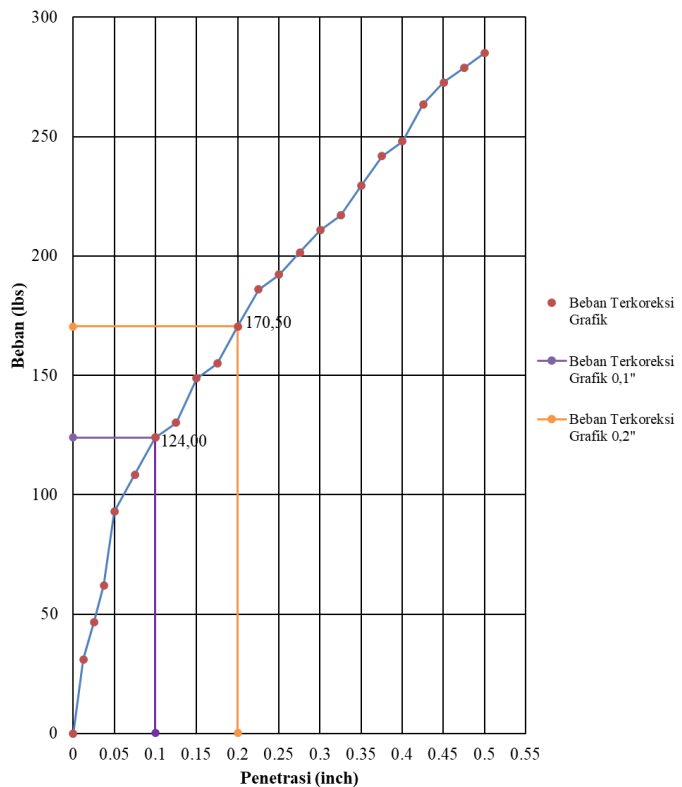
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Tidak terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1	31
0.0252	1.5	47
0.0374	2	62
0.0500	3	93
0.0753	3.5	109
0.1001	4	124
0.1253	4.2	130
0.1501	4.8	149
0.1753	5	155
0.2002	5.5	171
0.2254	6	186
0.2502	6.2	192
0.2754	6.5	202
0.3002	6.8	211
0.3254	7	217
0.3503	7.4	229
0.3755	7.8	242
0.4003	8	248
0.4255	8.5	264
0.4503	8.8	273
0.4756	9	279
0.5004	9.2	285



Nilai CBR		
0,1"	4,13	%
0,2"	3,79	%
<b>CBR Design</b>	<b>4,13</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Tidak terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.730	cm
Diameter Cetakan	11.950	cm
Volume Cetakan	1764	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3545	gram
Berat cetakan + tanah basah	6450	gram
Berat tanah basah	2905	gram
Berat volume tanah basah	1.647	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.553	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.3	8.23	9.33	9.17
Berat cawan+tanah basah (gram)	21.87	24.16	24.58	20.22
Berat cawan+tanah kering(gram)	19.25	21.09	21.67	18.13
Berat air(gram)	2.62	3.07	2.91	2.09
Berat tanah kering (gram)	10.95	12.86	12.34	8.96
Kadar air (%)	23.927	23.872	23.582	23.326
Kadar air rata-rata (%)	23.900		23.454	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

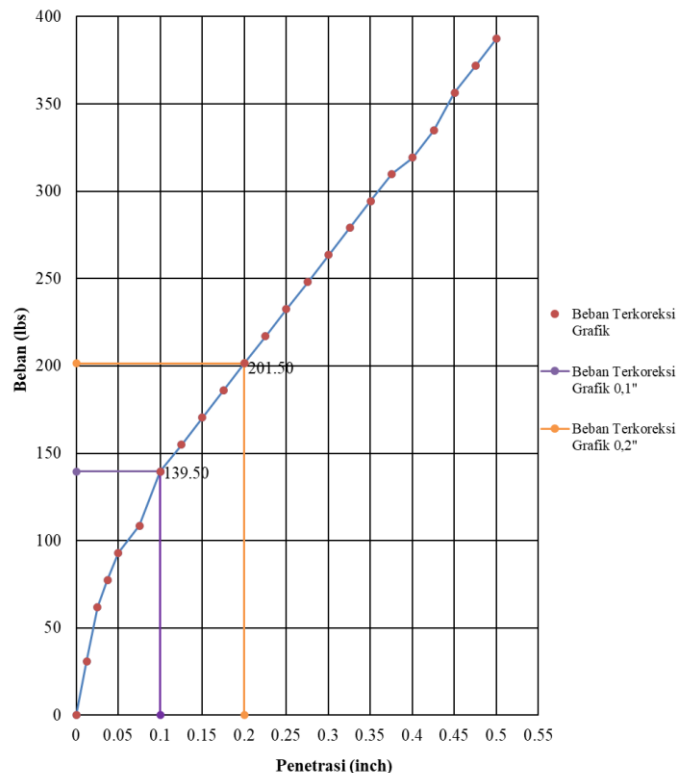
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 Februari 2024  
 Sampel : Tanah Asli Tidak terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1	31
0.0252	2	62
0.0374	2.5	78
0.0500	3	93
0.0753	3.5	109
0.1001	4.5	140
0.1253	5	155
0.1501	5.5	171
0.1753	6	186
0.2002	6.5	202
0.2254	7	217
0.2502	7.5	233
0.2754	8	248
0.3002	8.5	264
0.3254	9	279
0.3503	9.5	295
0.3755	10	310
0.4003	10.3	319
0.4255	10.8	335
0.4503	11.5	357
0.4756	12	372
0.5004	12.5	388



Nilai CBR		
0,1"	4,65	%
0,2"	4,48	%
<b>CBR Design</b>	<b>4,65</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli Terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.730	cm
Diameter Cetakan	11.950	cm
Volume Cetakan	1764	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3545	gram
Berat cetakan + tanah basah	6436	gram
Berat tanah basah	2891	gram
Berat volume tanah basah	1.639	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.545	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.2	8.12	9.21	9.04
Berat cawan+tanah basah (gram)	22.28	25.61	23.24	26.62
Berat cawan+tanah kering(gram)	19.59	22.25	20.18	22.82
Berat air(gram)	2.69	3.36	3.06	3.8
Berat tanah kering (gram)	11.39	14.13	10.97	13.78
Kadar air (%)	23.617	23.779	27.894	27.576
Kadar air rata-rata (%)	23.698		27.735	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

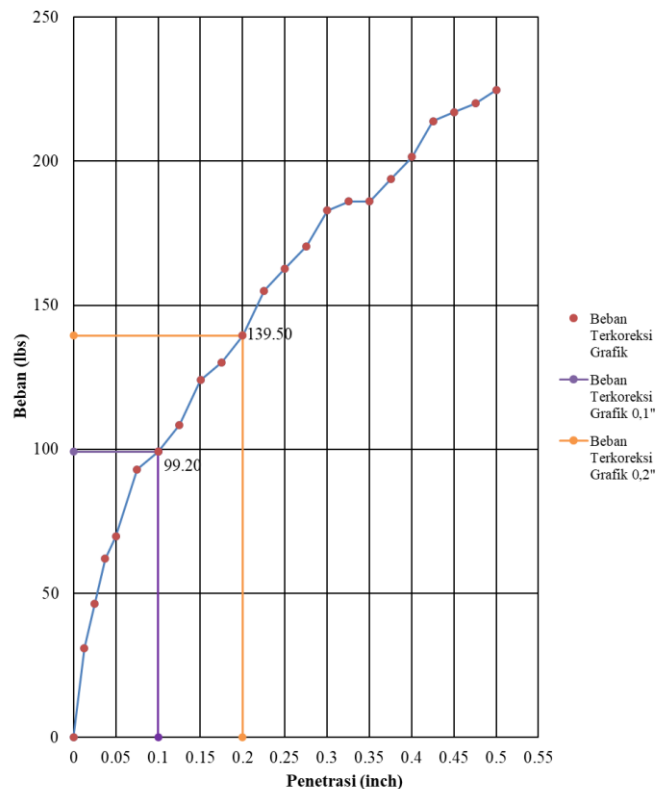
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli Terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0.00
0.0126	1	31.00
0.0252	1.5	46.50
0.0374	2	62.00
0.0500	2.25	69.75
0.0753	3	93.00
0.1001	3.2	99.20
0.1253	3.5	108.50
0.1501	4	124.00
0.1753	4.2	130.20
0.2002	4.5	139.50
0.2254	5	155.00
0.2502	5.25	162.75
0.2754	5.5	170.50
0.3002	5.9	182.90
0.3254	6	186.00
0.3503	6	186.00
0.3755	6.25	193.75
0.4003	6.5	201.50
0.4255	6.9	213.90
0.4503	7	217.00
0.4756	7.1	220.10
0.5004	7.25	224.75



Nilai CBR		
0,1"	3,31	%
0,2"	3,10	%
<b>CBR Design</b>	<b>3,31</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli Terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.730	cm
Diameter Cetakan	11.950	cm
Volume Cetakan	1764	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3545	gram
Berat cetakan + tanah basah	6438	gram
Berat tanah basah	2893	gram
Berat volume tanah basah	1.640	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.546	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.30	8.23	9.33	9.17
Berat cawan+tanah basah (gram)	21.87	24.16	24.58	20.22
Berat cawan+tanah kering(gram)	19.15	21.16	21.13	17.88
Berat air(gram)	2.72	3.00	3.45	2.34
Berat tanah kering (gram)	10.85	12.93	11.80	8.71
Kadar air (%)	25.07	23.20	29.24	26.87
Kadar air rata-rata (%)	24.14		28.05	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

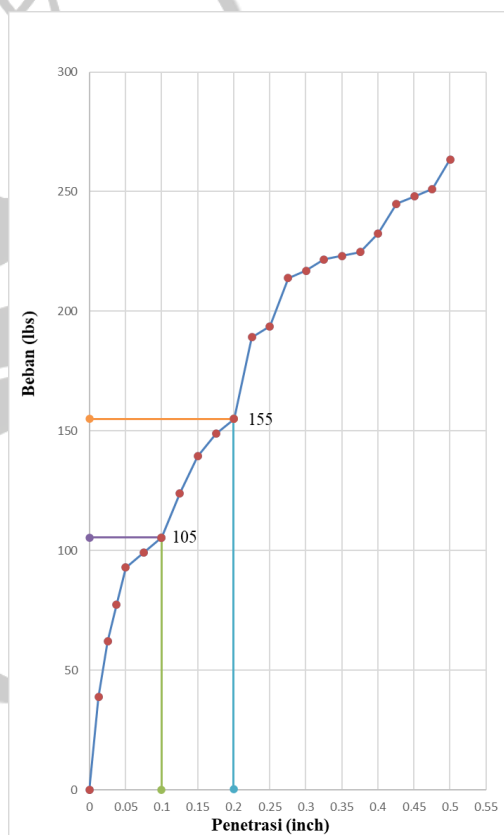
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli Terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1.25	39
0.0252	2	62
0.0374	2.5	78
0.0500	3	93
0.0753	3.2	99
0.1001	3.4	105
0.1253	4	124
0.1501	4.5	140
0.1753	4.8	149
0.2002	5	155
0.2254	6.1	189
0.2502	6.25	194
0.2754	6.9	214
0.3002	7	217
0.3254	7.15	222
0.3503	7.2	223
0.3755	7.25	225
0.4003	7.5	233
0.4255	7.9	245
0.4503	8	248
0.4756	8.1	251
0.5004	8.5	264



Nilai CBR		
0,1"	3,51	%
0,2"	3,44	%
<b>CBR Design</b>	<b>3,51</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 21 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Marmer



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 Februari 2024  
 Sampel : Marmer Tidak terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15,30	cm
Diameter Cetakan	11,85	cm
Volume Cetakan	1687	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	4130	gram
Berat cetakan + tanah basah	7505	gram
Berat tanah basah	3375	gram
Berat volume tanah basah	2,00	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1,89	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8,89	9,03	7,89	8,03
Berat cawan+tanah basah (gram)	31,02	31,3	31,02	31,3
Berat cawan+tanah kering(gram)	28,3	28,5	28,18	28,45
Berat air(gram)	2,72	2,8	2,84	2,85
Berat tanah kering (gram)	19,41	19,47	20,29	20,42
Kadar air (%)	14,01	14,38	14,00	13,96
Kadar air rata-rata (%)	14,20		13,98	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

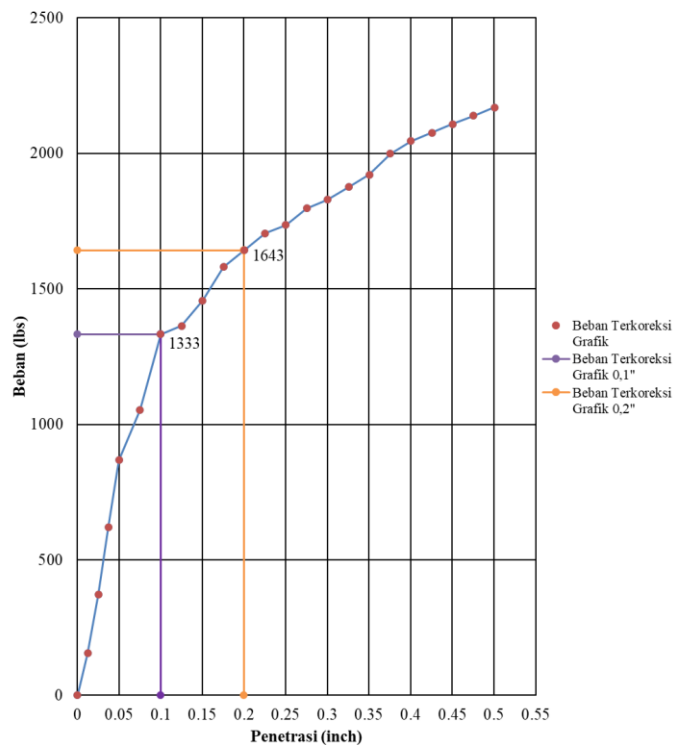
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 Februari 2024  
 Sampel : Marmer Tidak terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	5	155
0.0252	12	372
0.0374	20	620
0.0500	28	868
0.0753	34	1054
0.1001	43	1333
0.1253	44	1364
0.1501	47	1457
0.1753	51	1581
0.2002	53	1643
0.2254	55	1705
0.2502	56	1736
0.2754	58	1798
0.3002	59	1829
0.3254	60.5	1876
0.3503	62	1922
0.3755	64.5	2000
0.4003	66	2046
0.4255	67	2077
0.4503	68	2108
0.4756	69	2139
0.5004	70	2170



Nilai CBR		
0,1"	44,43	%
0,2"	36,51	%
<b>CBR Design</b>	<b>44,43</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 Februari 2024  
 Sampel : Marmer Tidak terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15,20	cm
Diameter Cetakan	11,50	cm
Volume Cetakan	1579	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3775	gram
Berat cetakan + tanah basah	6940	gram
Berat tanah basah	3165	gram
Berat volume tanah basah	2,00	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1,89	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9,23	9,055	9,24	9,056
Berat cawan+tanah basah (gram)	31,34	34,65	31,32	34,63
Berat cawan+tanah kering(gram)	28,6	31,5	28,64	31,49
Berat air(gram)	2,74	3,15	2,68	3,14
Berat tanah kering (gram)	19,37	22,445	19,4	22,434
Kadar air (%)	14,15	14,03	13,81	14,00
Kadar air rata-rata (%)	14,09		13,91	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

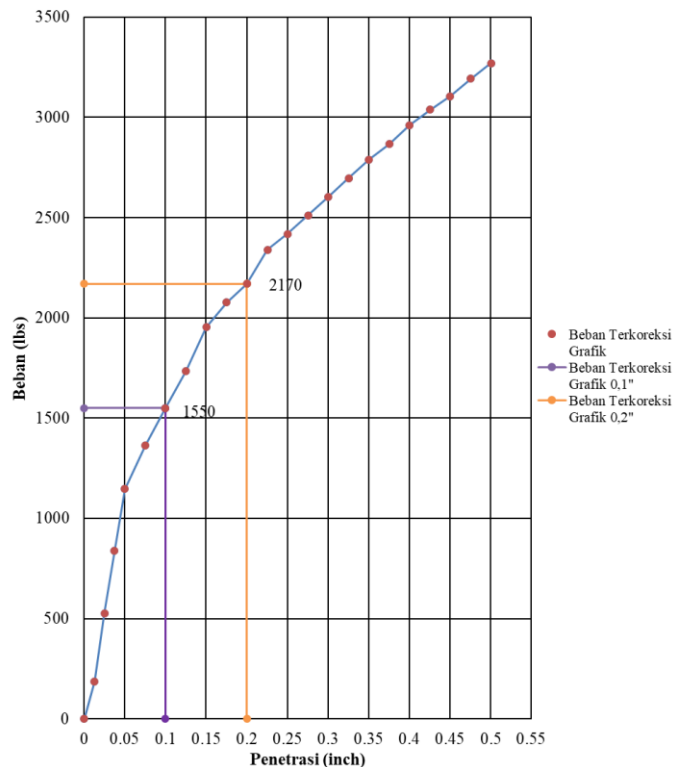
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 Februari 2024  
 Sampel : Marmer Tidak terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	6	186
0.0252	17	527
0.0374	27	837
0.0500	37	1147
0.0753	44	1364
0.1001	50	1550
0.1253	56	1736
0.1501	63	1953
0.1753	67	2077
0.2002	70	2170
0.2254	75.5	2341
0.2502	78	2418
0.2754	81	2511
0.3002	84	2604
0.3254	87	2697
0.3503	90	2790
0.3755	92.5	2868
0.4003	95.5	2961
0.4255	98	3038
0.4503	100.2	3106
0.4756	103	3193
0.5004	105.5	3271



Nilai CBR		
0,1"	51,67	%
0,2"	48,22	%
<b>CBR Design</b>	<b>51,67</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Marmer Terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.30	cm
Diameter Cetakan	11.85	cm
Volume Cetakan	1687	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	4130	gram
Berat cetakan + tanah basah	7420	gram
Berat tanah basah	3290	gram
Berat volume tanah basah	1.95	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.84	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.89	9.03	8.95	8.88
Berat cawan+tanah basah (gram)	31.02	31.3	44.98	33.1
Berat cawan+tanah kering(gram)	26.81	27.05	38.23	28.46
Berat air(gram)	4.21	4.25	6.75	4.64
Berat tanah kering (gram)	17.92	18.02	29.28	19.58
Kadar air (%)	23.49	23.58	23.05	23.70
Kadar air rata-rata (%)	23.54		23.38	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

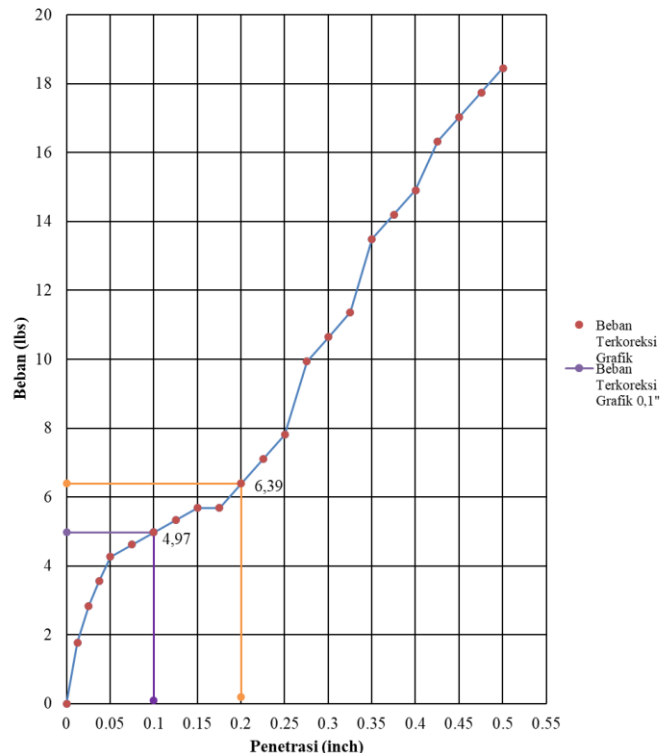
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Marmer Terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi
		0.00
0.000	0	1.78
0.0126	0.25	2.84
0.0252	0.4	3.55
0.0374	0.5	4.26
0.0500	0.6	4.62
0.0753	0.65	4.97
0.1001	0.7	5.33
0.1253	0.75	5.68
0.1501	0.8	5.68
0.1753	0.8	6.39
0.2002	0.9	7.10
0.2254	1	7.81
0.2502	1.1	9.94
0.2754	1.4	10.65
0.3002	1.5	11.36
0.3254	1.6	13.49
0.3503	1.9	14.20
0.3755	2	14.91
0.4003	2.1	16.33
0.4255	2.3	17.04
0.4503	2.4	17.75
0.4756	2.5	18.46
0.5004	2.6	0.00



Nilai CBR		
0,1"	0,17	%
0,2"	0,14	%
<b>CBR Design</b>	<b>0,17</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Marmer Terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.20	cm
Diameter Cetakan	11.50	cm
Volume Cetakan	1579	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3775	gram
Berat cetakan + tanah basah	6873	gram
Berat tanah basah	3098	gram
Berat volume tanah basah	1.96	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.85	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.23	9.055	9.07	9.01
Berat cawan+tanah basah (gram)	31.34	34.65	31.31	33.83
Berat cawan+tanah kering(gram)	27.08	29.78	27.09	29.15
Berat air(gram)	4.26	4.87	4.22	4.68
Berat tanah kering (gram)	17.85	20.725	18.02	20.14
Kadar air (%)	23.87	23.50	23.42	23.24
Kadar air rata-rata (%)	23.68		23.33	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

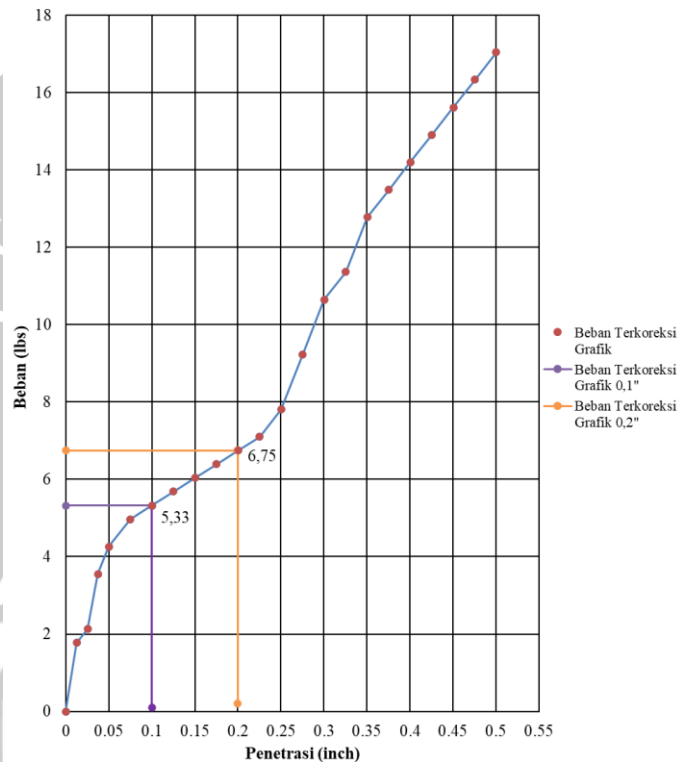
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 5 Maret 2024  
 Sampel : Marmer Terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0.00
0.0126	0.25	1.78
0.0252	0.3	2.13
0.0374	0.5	3.55
0.0500	0.6	4.26
0.0753	0.7	4.97
0.1001	0.75	5.33
0.1253	0.8	5.68
0.1501	0.85	6.04
0.1753	0.9	6.39
0.2002	0.95	6.75
0.2254	1	7.10
0.2502	1.1	7.81
0.2754	1.3	9.23
0.3002	1.5	10.65
0.3254	1.6	11.36
0.3503	1.8	12.78
0.3755	1.9	13.49
0.4003	2	14.20
0.4255	2.1	14.91
0.4503	2.2	15.62
0.4756	2.3	16.33
0.5004	2.4	17.04



Nilai CBR		
0,1"	0,18	%
0,2"	0,15	%
<b>CBR Design</b>	<b>0,18</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 22 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 5% Marmer**



**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  
SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 1 Maret 2024  
Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Tidak terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.31	cm
Diameter Cetakan	12.10	cm
Volume Cetakan	1760	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3530	gram
Berat cetakan + tanah basah	6495	gram
Berat tanah basah	2965	gram
Berat volume tanah basah	1.68	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.59	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.04	8.8	13.1	12.91
Berat cawan+tanah basah (gram)	19.36	19.51	28.71	25.8
Berat cawan+tanah kering(gram)	17.59	17.56	26	23.52
Berat air(gram)	1.77	1.95	2.71	2.28
Berat tanah kering (gram)	8.55	8.76	12.9	10.61
Kadar air (%)	20.70	22.26	21.01	21.49
Kadar air rata-rata (%)	21.48		21.25	

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

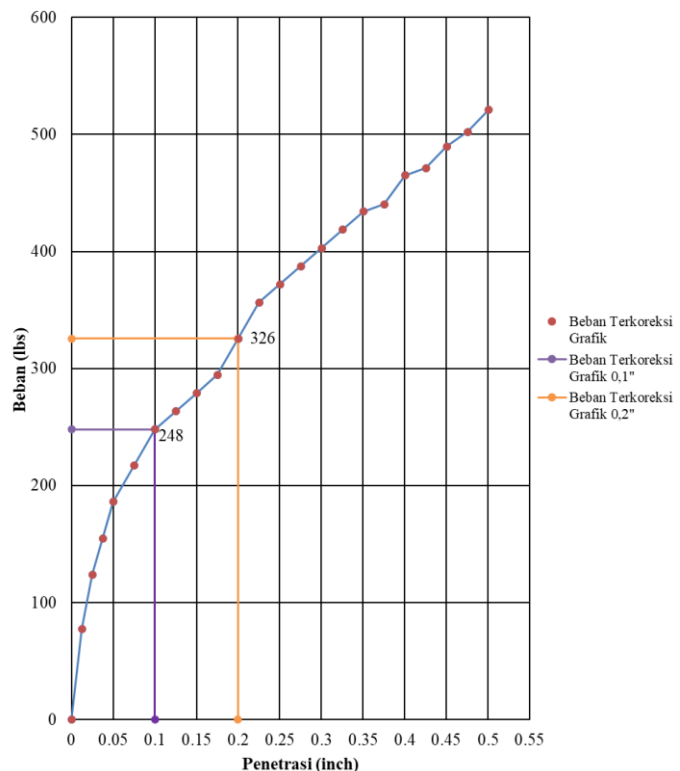
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 1 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Tidak terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	2.5	78
0.0252	4	124
0.0374	5	155
0.0500	6	186
0.0753	7	217
0.1001	8	248
0.1253	8.5	264
0.1501	9	279
0.1753	9.5	295
0.2002	10.5	326
0.2254	11.5	357
0.2502	12	372
0.2754	12.5	388
0.3002	13	403
0.3254	13.5	419
0.3503	14	434
0.3755	14.2	440
0.4003	15	465
0.4255	15.2	471
0.4503	15.8	490
0.4756	16.2	502
0.5004	16.8	521



Nilai CBR		
0,1"	8,27	%
0,2"	7,23	%
<b>CBR Design</b>	<b>8,27</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 1 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Tidak terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.22	cm
Diameter Cetakan	11.66	cm
Volume Cetakan	1625	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3395	gram
Berat cetakan + tanah basah	6125	gram
Berat tanah basah	2730	gram
Berat volume tanah basah	1.68	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.58	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.27	8.63	12.9	12.82
Berat cawan+tanah basah (gram)	18.09	18.68	28.91	25.92
Berat cawan+tanah kering(gram)	16.55	16.82	26.12	23.58
Berat air(gram)	1.54	1.86	2.79	2.34
Berat tanah kering (gram)	7.28	8.19	13.22	10.76
Kadar air (%)	21.15	22.71	21.10	21.75
Kadar air rata-rata (%)	21.93		21.43	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

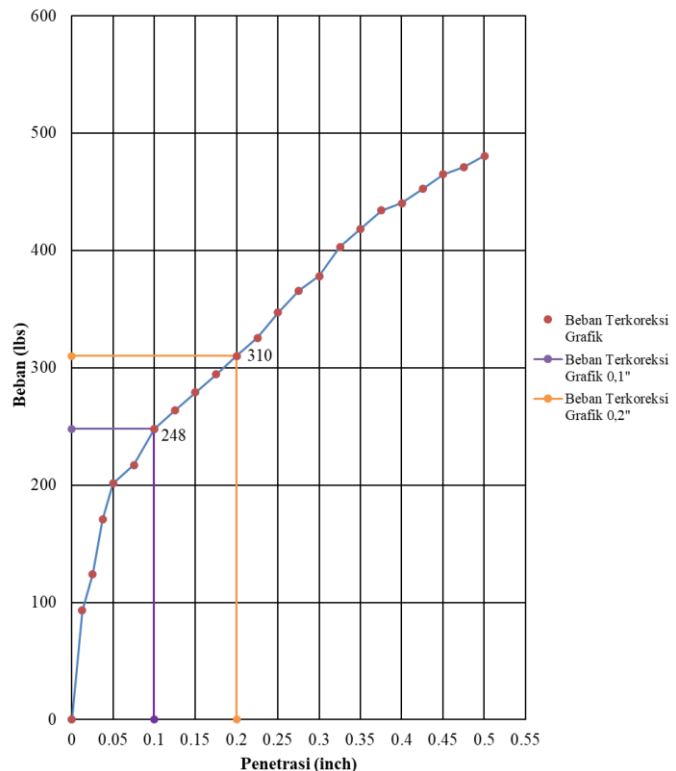
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 1 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Tidak terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	3	93
0.0252	4	124
0.0374	5.5	171
0.0500	6.5	202
0.0753	7	217
0.1001	8	248
0.1253	8.5	264
0.1501	9	279
0.1753	9.5	295
0.2002	10	310
0.2254	10.5	326
0.2502	11.2	347
0.2754	11.8	366
0.3002	12.2	378
0.3254	13	403
0.3503	13.5	419
0.3755	14	434
0.4003	14.2	440
0.4255	14.6	453
0.4503	15	465
0.4756	15.2	471
0.5004	15.5	481



Nilai CBR		
0,1"	8,27	%
0,2"	6,89	%
<b>CBR Design</b>	<b>8,27</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.73	cm
Diameter Cetakan	11.95	cm
Volume Cetakan	1764	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3545	gram
Berat cetakan + tanah basah	6488	gram
Berat tanah basah	2943	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.57	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	12.56	12.65	12.67	12.86
Berat cawan+tanah basah (gram)	27.42	28.82	28.62	29.72
Berat cawan+tanah kering(gram)	24.03	25.14	24.74	25.59
Berat air(gram)	3.39	3.68	3.88	4.13
Berat tanah kering (gram)	11.47	12.49	12.07	12.73
Kadar air (%)	29.56	29.46	32.15	32.44
Kadar air rata-rata (%)	29.51		32.29	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

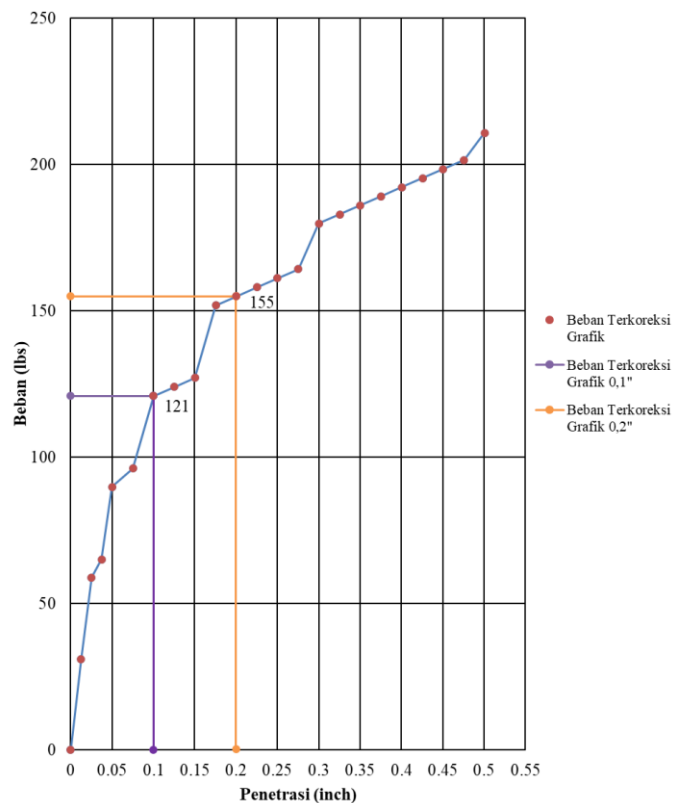
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1	31
0.0252	1.9	59
0.0374	2.1	65
0.0500	2.9	90
0.0753	3.1	96
0.1001	3.9	121
0.1253	4	124
0.1501	4.1	127
0.1753	4.9	152
0.2002	5	155
0.2254	5.1	158
0.2502	5.2	161
0.2754	5.3	164
0.3002	5.8	180
0.3254	5.9	183
0.3503	6	186
0.3755	6.1	189
0.4003	6.2	192
0.4255	6.3	195
0.4503	6.4	198
0.4756	6.5	202
0.5004	6.8	211



Nilai CBR		
0,1"	4,03	%
0,2"	3,44	%
<b>CBR Design</b>	<b>4,03</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer r Terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.73	cm
Diameter Cetakan	11.95	cm
Volume Cetakan	1764	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3545	gram
Berat cetakan + tanah basah	6515	gram
Berat tanah basah	2970	gram
Berat volume tanah basah	1.68	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.59	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.21	8.7	9.33	9.17
Berat cawan+tanah basah (gram)	29.33	33.76	24.58	20.22
Berat cawan+tanah kering(gram)	24.76	27.99	20.85	17.52
Berat air(gram)	4.57	5.77	3.73	2.7
Berat tanah kering (gram)	15.55	19.29	11.52	8.35
Kadar air (%)	29.39	29.91	32.38	32.34
Kadar air rata-rata (%)	29.65		32.36	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

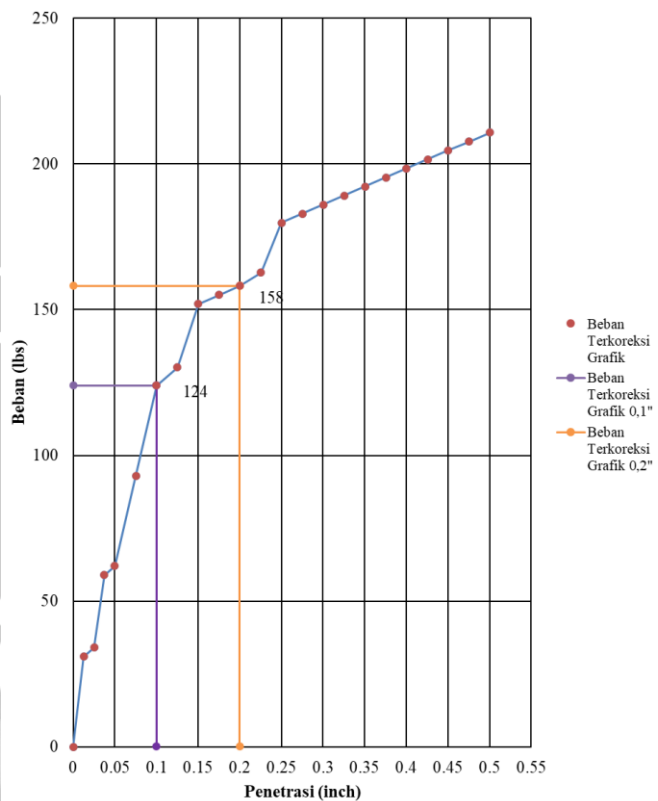
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31 lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1	31
0.0252	1.1	34
0.0374	1.9	59
0.0500	2	62
0.0753	3	93
0.1001	4	124
0.1253	4.2	130
0.1501	4.9	152
0.1753	5	155
0.2002	5.1	158
0.2254	5.25	163
0.2502	5.8	180
0.2754	5.9	183
0.3002	6	186
0.3254	6.1	189
0.3503	6.2	192
0.3755	6.3	195
0.4003	6.4	198
0.4255	6.5	202
0.4503	6.6	205
0.4756	6.7	208
0.5004	6.8	211



Nilai CBR		
0,1"	4,13	%
0,2"	3,51	%
<b>CBR Design</b>	<b>4,13</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 23 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 10% Marmer**



**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  
SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 2 Maret 2024  
Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Tidak terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.18	cm
Diameter Cetakan	11.80	cm
Volume Cetakan	1660	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	4165	gram
Berat cetakan + tanah basah	6940	gram
Berat tanah basah	2775	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.58	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	13.12	13.00	12.59	12.23
Berat cawan+tanah basah (gram)	21.34	29.18	19.45	29.84
Berat cawan+tanah kering(gram)	19.90	26.28	18.26	26.80
Berat air(gram)	1.44	2.90	1.19	3.04
Berat tanah kering (gram)	6.78	13.28	5.67	14.57
Kadar air (%)	21.24	21.84	20.99	20.86
Kadar air rata-rata (%)	21.54		20.93	

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

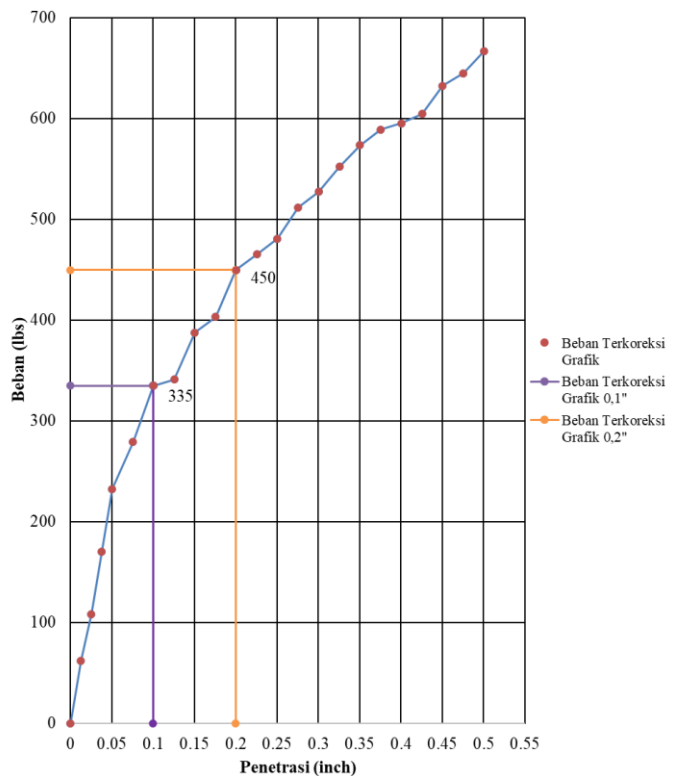
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 2 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Tidak terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31 lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi lbs
0.000	0	0
0.0126	2	62
0.0252	3.5	109
0.0374	5.5	171
0.0500	7.5	233
0.0753	9	279
0.1001	10.8	335
0.1253	11	341
0.1501	12.5	388
0.1753	13	403
0.2002	14.5	450
0.2254	15	465
0.2502	15.5	481
0.2754	16.5	512
0.3002	17	527
0.3254	17.8	552
0.3503	18.5	574
0.3755	19	589
0.4003	19.2	595
0.4255	19.5	605
0.4503	20.4	632
0.4756	20.8	645
0.5004	21.5	667



Nilai CBR		
0,1"	11,16	%
0,2"	9,99	%
<b>CBR Design</b>	<b>11,16</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 2 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Tidak terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.30	cm
Diameter Cetakan	11.70	cm
Volume Cetakan	1645	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3775	gram
Berat cetakan + tanah basah	6530	gram
Berat tanah basah	2755	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.58	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	5.66	5.67	9.35	8.81
Berat cawan+tanah basah (gram)	17.22	15.39	27.98	30.80
Berat cawan+tanah kering(gram)	15.14	13.65	24.74	26.99
Berat air(gram)	2.08	1.74	3.24	3.81
Berat tanah kering (gram)	9.48	7.98	15.39	18.18
Kadar air (%)	21.94	21.80	21.05	20.96
Kadar air rata-rata (%)	21.87		21.00	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

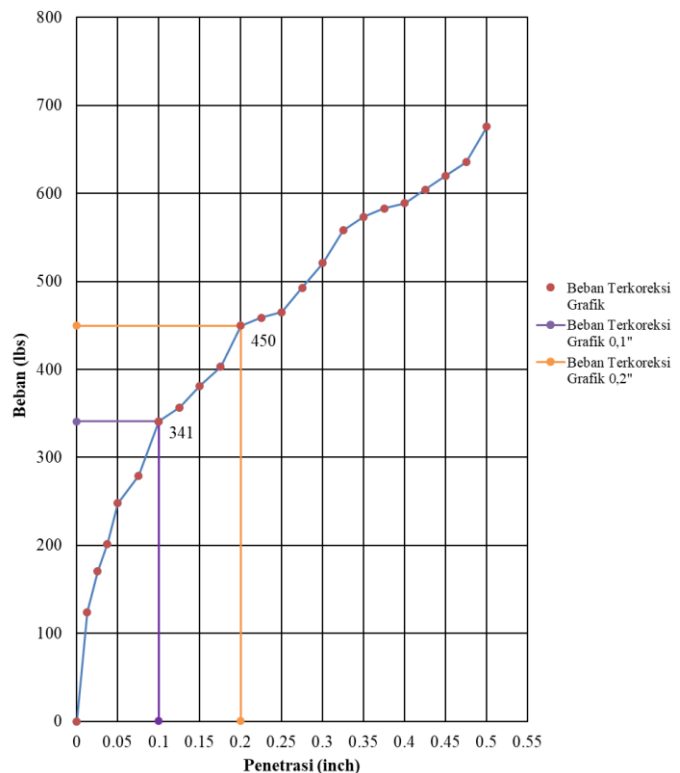
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 2 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Tidak terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	4	124
0.0252	5.5	171
0.0374	6.5	202
0.0500	8	248
0.0753	9	279
0.1001	11	341
0.1253	11.5	357
0.1501	12.3	381
0.1753	13	403
0.2002	14.5	450
0.2254	14.8	459
0.2502	15	465
0.2754	15.9	493
0.3002	16.8	521
0.3254	18	558
0.3503	18.5	574
0.3755	18.8	583
0.4003	19	589
0.4255	19.5	605
0.4503	20	620
0.4756	20.5	636
0.5004	21.8	676



Nilai CBR		
0,1"	11,37	%
0,2"	9,99	%
<b>CBR Design</b>	<b>11,27</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 7 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.18	cm
Diameter Cetakan	11.80	cm
Volume Cetakan	1660	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	4165	gram
Berat cetakan + tanah basah	6939	gram
Berat tanah basah	2774	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.58	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.20	8.61	8.91	9.29
Berat cawan+tanah basah (gram)	30.68	25.52	33.80	33.02
Berat cawan+tanah kering(gram)	26.88	22.51	28.94	28.36
Berat air(gram)	3.80	3.01	4.86	4.66
Berat tanah kering (gram)	17.68	13.90	20.03	19.07
Kadar air (%)	21.49	21.65	24.26	24.44
Kadar air rata-rata (%)	21.57		24.35	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

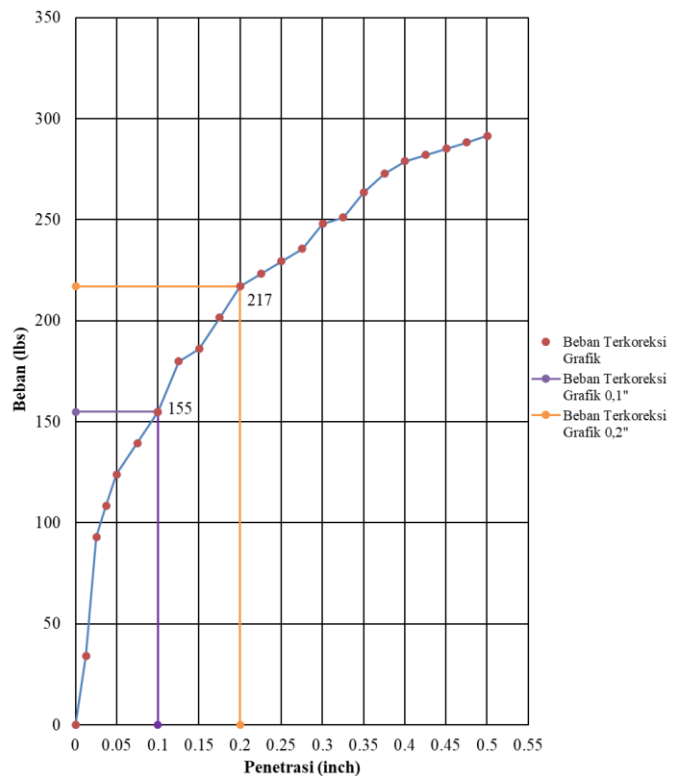
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 7 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1.1	34
0.0252	3	93
0.0374	3.5	109
0.0500	4	124
0.0753	4.5	140
0.1001	5	155
0.1253	5.8	180
0.1501	6	186
0.1753	6.5	202
0.2002	7	217
0.2254	7.2	223
0.2502	7.4	229
0.2754	7.6	236
0.3002	8	248
0.3254	8.1	251
0.3503	8.5	264
0.3755	8.8	273
0.4003	9	279
0.4255	9.1	282
0.4503	9.2	285
0.4756	9.3	288
0.5004	9.4	291



Nilai CBR		
0,1''	5,17	%
0,2''	4,82	%
<b>CBR Design</b>	<b>5,17</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 7 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.30	cm
Diameter Cetakan	11.70	cm
Volume Cetakan	1645	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3775	gram
Berat cetakan + tanah basah	6525	gram
Berat tanah basah	2750	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.58	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.11	9.22	9.08	9.18
Berat cawan+tanah basah (gram)	27.53	29.80	31.94	28.32
Berat cawan+tanah kering(gram)	24.29	26.13	27.52	24.50
Berat air(gram)	3.24	3.67	4.42	3.82
Berat tanah kering (gram)	15.18	16.91	18.44	15.32
Kadar air (%)	21.34	21.70	23.97	24.93
Kadar air rata-rata (%)	21.52		24.45	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

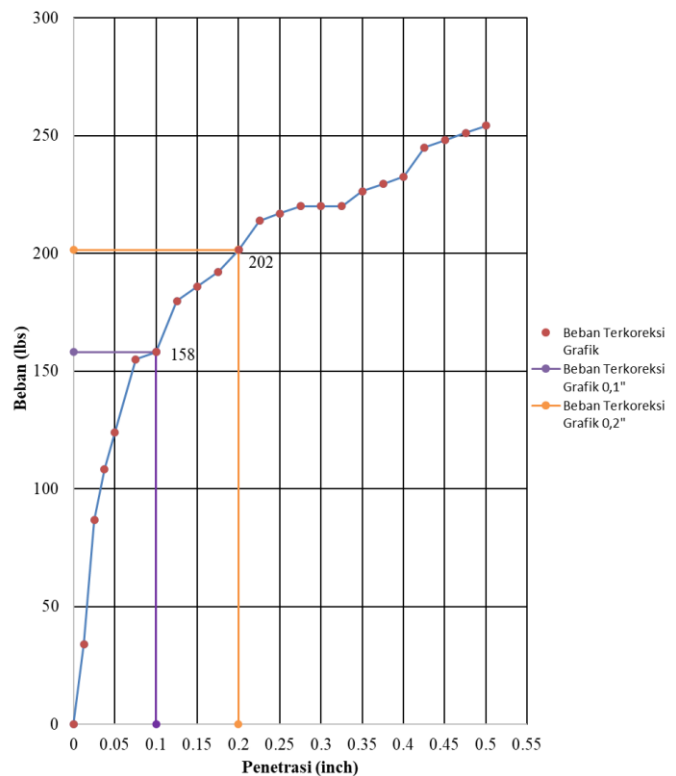
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 7 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31 lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi lbs
0.000	0	0
0.0126	1.1	34
0.0252	2.8	87
0.0374	3.5	109
0.0500	4	124
0.0753	5	155
0.1001	5.1	158
0.1253	5.8	180
0.1501	6	186
0.1753	6.2	192
0.2002	6.5	202
0.2254	6.9	214
0.2502	7	217
0.2754	7.1	220
0.3002	7.1	220
0.3254	7.1	220
0.3503	7.3	226
0.3755	7.4	229
0.4003	7.5	233
0.4255	7.9	245
0.4503	8	248
0.4756	8.1	251
0.5004	8.2	254



Nilai CBR		
0,1"	5,27	%
0,2"	4,48	%
<b>CBR Design</b>	<b>5,27</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 24 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 15% Marmer**



**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  
SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 3 Maret 2024  
Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Tidak terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.30	cm
Diameter Cetakan	12.10	cm
Volume Cetakan	1759	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3530	gram
Berat cetakan + tanah basah	6455	gram
Berat tanah basah	2925	gram
Berat volume tanah basah	1.66	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.57	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.90	9.07	13.10	12.91
Berat cawan+tanah basah (gram)	26.26	28.21	28.31	25.40
Berat cawan+tanah kering(gram)	23.15	24.81	25.58	23.18
Berat air(gram)	3.11	3.40	2.73	2.22
Berat tanah kering (gram)	14.25	15.74	12.48	10.27
Kadar air (%)	21.82	21.60	21.88	21.62
Kadar air rata-rata (%)	21.71		21.75	

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

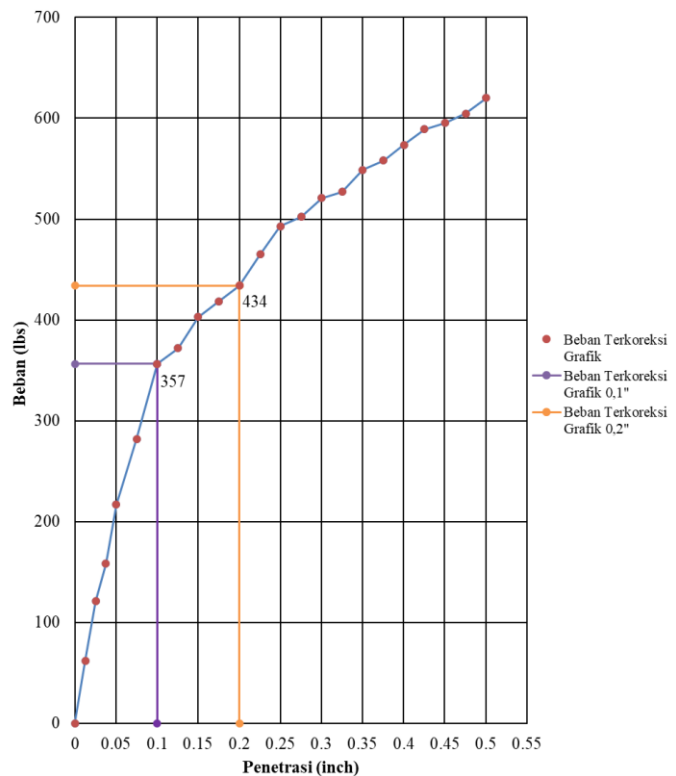
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 3 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Tidak terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31 lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi lbs
0.000	0	0
0.0126	2	62
0.0252	3.9	121
0.0374	5.1	158
0.0500	7	217
0.0753	9.1	282
0.1001	11.5	357
0.1253	12	372
0.1501	13	403
0.1753	13.5	419
0.2002	14	434
0.2254	15	465
0.2502	15.9	493
0.2754	16.2	502
0.3002	16.8	521
0.3254	17	527
0.3503	17.7	549
0.3755	18	558
0.4003	18.5	574
0.4255	19	589
0.4503	19.2	595
0.4756	19.5	605
0.5004	20	620



Nilai CBR		
0,1"	11,88	%
0,2"	9,64	%
<b>CBR Design</b>	<b>11,88</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 3 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Tidak terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.22	cm
Diameter Cetakan	11.66	cm
Volume Cetakan	1625	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3395	gram
Berat cetakan + tanah basah	6100	gram
Berat tanah basah	2705	gram
Berat volume tanah basah	1.66	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.57	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.67	8.63	12.90	12.82
Berat cawan+tanah basah (gram)	26.88	18.68	28.91	25.92
Berat cawan+tanah kering(gram)	23.65	16.87	26.05	23.58
Berat air(gram)	3.23	1.81	2.86	2.34
Berat tanah kering (gram)	14.98	8.24	13.15	10.76
Kadar air (%)	21.56	21.97	21.75	21.75
Kadar air rata-rata (%)	21.76		21.75	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

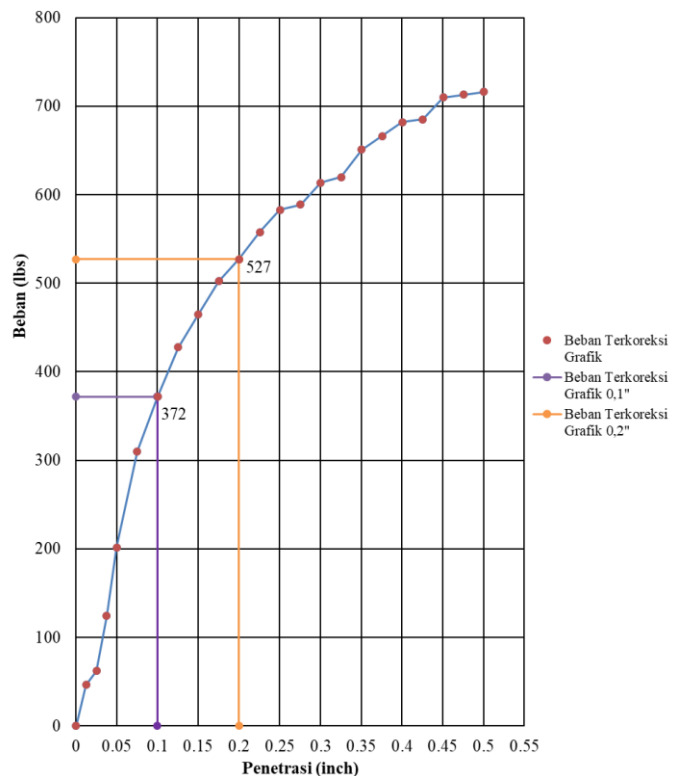
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 3 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Tidak terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1.5	47
0.0252	2	62
0.0374	4	124
0.0500	6.5	202
0.0753	10	310
0.1001	12	372
0.1253	13.8	428
0.1501	15	465
0.1753	16.2	502
0.2002	17	527
0.2254	18	558
0.2502	18.8	583
0.2754	19	589
0.3002	19.8	614
0.3254	20	620
0.3503	21	651
0.3755	21.5	667
0.4003	22	682
0.4255	22.1	685
0.4503	22.9	710
0.4756	23	713
0.5004	23.1	716



Nilai CBR		
0,1"	12,40	%
0,2"	11,71	%
<b>CBR Design</b>	<b>12,40</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.30	cm
Diameter Cetakan	12.10	cm
Volume Cetakan	1759	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3545	gram
Berat cetakan + tanah basah	6465	gram
Berat tanah basah	2920	gram
Berat volume tanah basah	1.66	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.56	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.90	9.07	9.05	8.81
Berat cawan+tanah basah (gram)	26.26	28.21	42.77	29.30
Berat cawan+tanah kering(gram)	23.16	24.79	36.42	25.45
Berat air(gram)	3.10	3.42	6.35	3.85
Berat tanah kering (gram)	14.26	15.72	27.37	16.64
Kadar air (%)	21.74	21.76	23.20	23.14
Kadar air rata-rata (%)	21.75		23.17	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

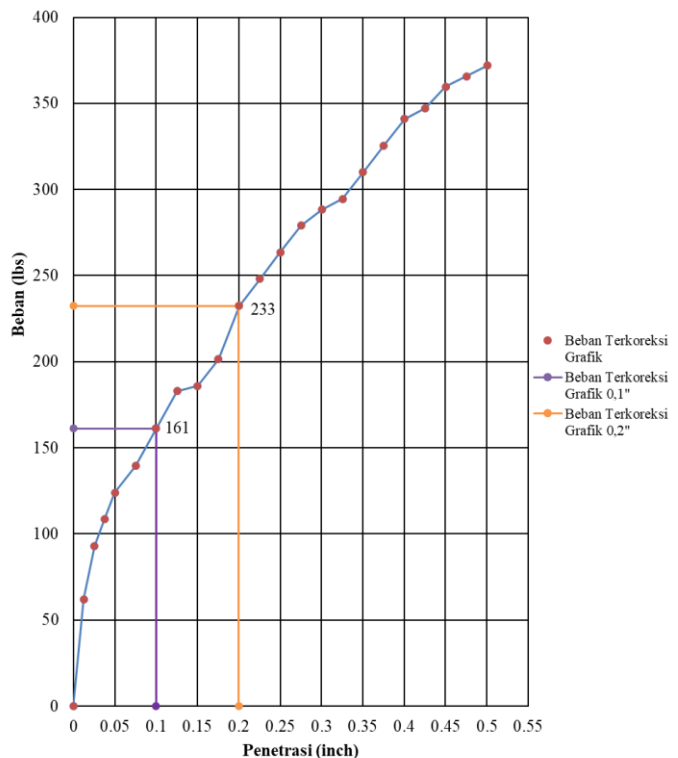
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	2	62
0.0252	3	93
0.0374	3.5	109
0.0500	4	124
0.0753	4.5	140
0.1001	5.2	161
0.1253	5.9	183
0.1501	6	186
0.1753	6.5	202
0.2002	7.5	233
0.2254	8	248
0.2502	8.5	264
0.2754	9	279
0.3002	9.3	288
0.3254	9.5	295
0.3503	10	310
0.3755	10.5	326
0.4003	11	341
0.4255	11.2	347
0.4503	11.6	360
0.4756	11.8	366
0.5004	12	372



Nilai CBR		
0,1"	5,37	%
0,2"	5,17	%
<b>CBR Design</b>	<b>5,37</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
           : Tanah Asli + 15% Marmer  
 Sampel : Terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.22	cm
Diameter Cetakan	11.66	cm
Volume Cetakan	1625	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3545	gram
Berat cetakan + tanah basah	6245	gram
Berat tanah basah	2700	gram
Berat volume tanah basah	1.66	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.57	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	8.57	8.65	9.25	8.90
Berat cawan+tanah basah (gram)	25.76	28.68	34.21	36.45
Berat cawan+tanah kering(gram)	22.69	25.10	29.51	31.23
Berat air(gram)	3.07	3.58	4.70	5.22
Berat tanah kering (gram)	14.12	16.45	20.26	22.33
Kadar air (%)	21.74	21.76	23.20	23.38
Kadar air rata-rata (%)	21.75		23.29	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

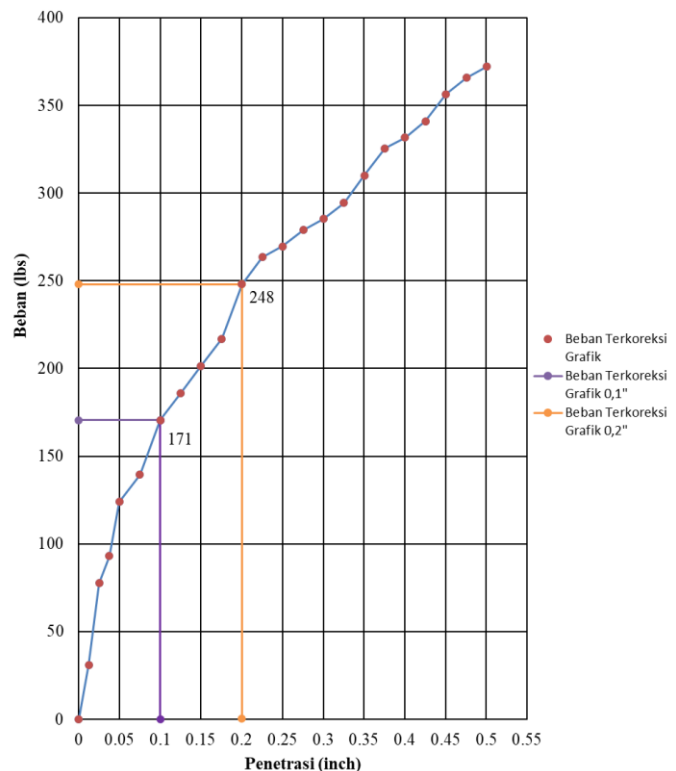
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	1	31
0.0252	2.5	78
0.0374	3	93
0.0500	4	124
0.0753	4.5	140
0.1001	5.5	171
0.1253	6	186
0.1501	6.5	202
0.1753	7	217
0.2002	8	248
0.2254	8.5	264
0.2502	8.7	270
0.2754	9	279
0.3002	9.2	285
0.3254	9.5	295
0.3503	10	310
0.3755	10.5	326
0.4003	10.7	332
0.4255	11	341
0.4503	11.5	357
0.4756	11.8	366
0.5004	12	372



Nilai CBR		
0,1"	5,68	%
0,2"	5,51	%
<b>CBR Design</b>	<b>5,68</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 25 Hasil Pengujian CBR Laboratorium Tanah Asli + 20% Marmer**



**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  
SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 3 Maret 2024  
Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Tidak terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.18	cm
Diameter Cetakan	11.80	cm
Volume Cetakan	1660	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	4165	gram
Berat cetakan + tanah basah	6940	gram
Berat tanah basah	2775	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.58	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.20	9.27	8.81	12.95
Berat cawan+tanah basah (gram)	21.74	23.84	22.81	30.68
Berat cawan+tanah kering(gram)	19.51	21.25	20.40	27.49
Berat air(gram)	2.23	2.59	2.41	3.19
Berat tanah kering (gram)	10.31	11.98	11.59	14.54
Kadar air (%)	21.63	21.62	20.79	21.94
Kadar air rata-rata (%)	21.62		21.37	

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

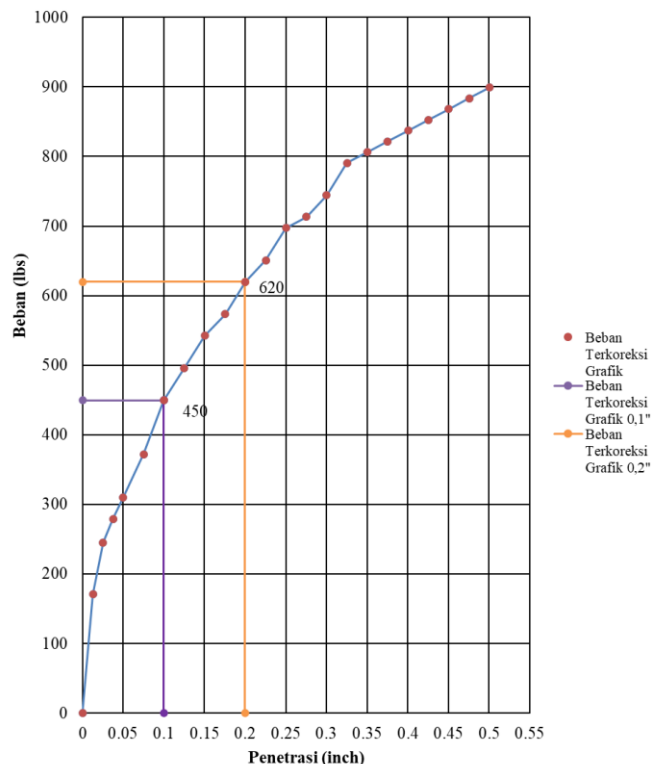
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 3 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Tidak terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	5.5	171
0.0252	7.9	245
0.0374	9	279
0.0500	10	310
0.0753	12	372
0.1001	14.5	450
0.1253	16	496
0.1501	17.5	543
0.1753	18.5	574
0.2002	20	620
0.2254	21	651
0.2502	22.5	698
0.2754	23	713
0.3002	24	744
0.3254	25.5	791
0.3503	26	806
0.3755	26.5	822
0.4003	27	837
0.4255	27.5	853
0.4503	28	868
0.4756	28.5	884
0.5004	29	899



Nilai CBR		
0,1"	14,98	%
0,2"	13,78	%
<b>CBR Design</b>	<b>14,98</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 3 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Tidak terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.30	cm
Diameter Cetakan	11.70	cm
Volume Cetakan	1645	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3775	gram
Berat cetakan + tanah basah	6520	gram
Berat tanah basah	2745	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.57	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.04	8.8	12.24	12.97
Berat cawan+tanah basah (gram)	25.43	24.19	30.3	27.18
Berat cawan+tanah kering(gram)	22.62	21.55	27.25	24.786
Berat air(gram)	2.81	2.64	3.05	2.394
Berat tanah kering (gram)	13.58	12.75	15.01	11.816
Kadar air (%)	20.692	20.706	20.320	20.261
Kadar air rata-rata (%)	20.699		20.290	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

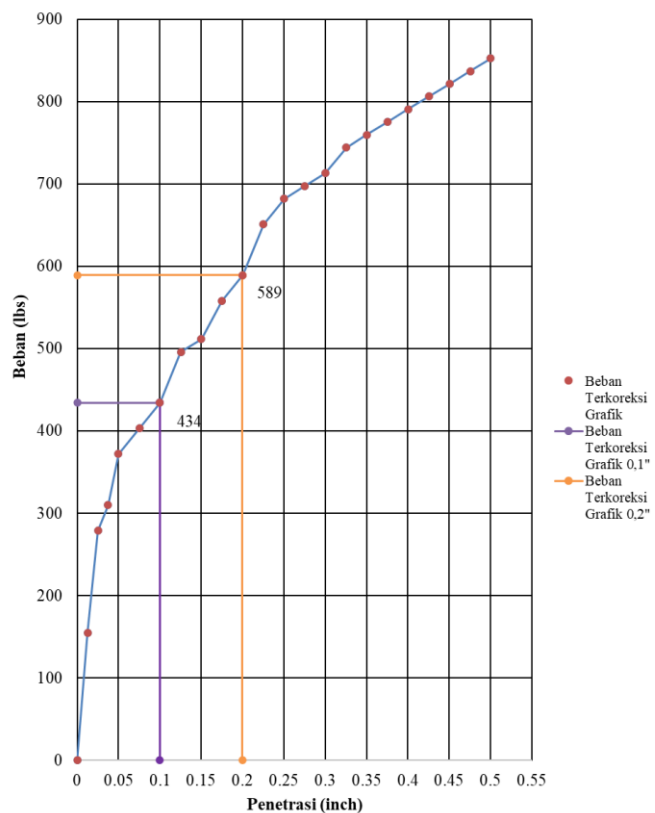
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 3 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Tidak terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	5	155
0.0252	9	279
0.0374	10	310
0.0500	12	372
0.0753	13	403
0.1001	14	434
0.1253	16	496
0.1501	16.5	512
0.1753	18	558
0.2002	19	589
0.2254	21	651
0.2502	22	682
0.2754	22.5	698
0.3002	23	713
0.3254	24	744
0.3503	24.5	760
0.3755	25	775
0.4003	25.5	791
0.4255	26	806
0.4503	26.5	822
0.4756	27	837
0.5004	27.5	853



Nilai CBR		
0,1"	14,47	%
0,2"	13,09	%
<b>CBR Design</b>	<b>14,47</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Terendam Sampel 1

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.18	cm
Diameter Cetakan	11.80	cm
Volume Cetakan	1660	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	4165	gram
Berat cetakan + tanah basah	6929	gram
Berat tanah basah	2764	gram
Berat volume tanah basah	1.66	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.57	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.20	9.27	9.14	8.97
Berat cawan+tanah basah (gram)	21.74	23.84	36.11	29.60
Berat cawan+tanah kering(gram)	19.51	21.25	31.10	25.79
Berat air(gram)	2.23	2.59	5.01	3.81
Berat tanah kering (gram)	10.31	11.98	21.96	16.82
Kadar air (%)	21.63	21.62	22.81	22.65
Kadar air rata-rata (%)	21.62		22.73	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

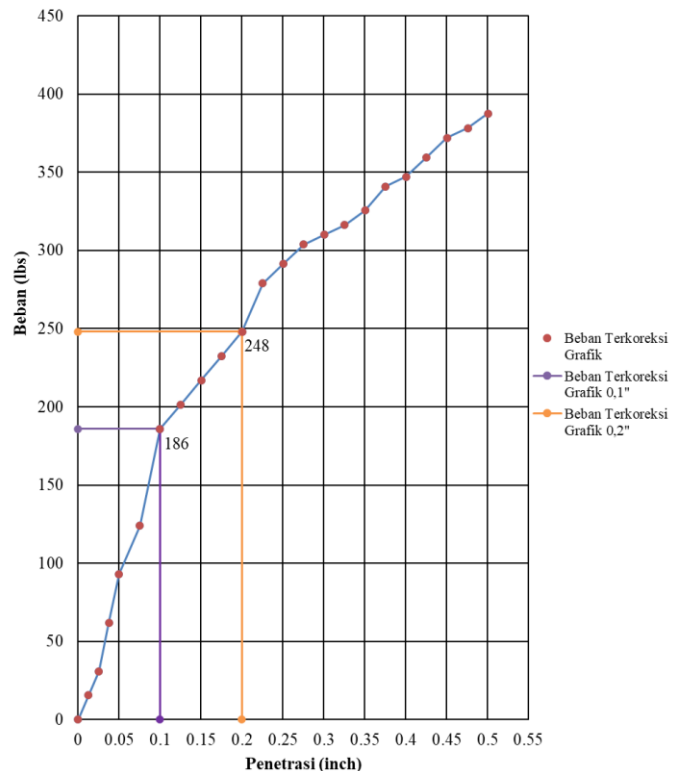
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Terendam Sampel 1

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	0.5	16
0.0252	1	31
0.0374	2	62
0.0500	3	93
0.0753	4	124
0.1001	6	186
0.1253	6.5	202
0.1501	7	217
0.1753	7.5	233
0.2002	8	248
0.2254	9	279
0.2502	9.4	291
0.2754	9.8	304
0.3002	10	310
0.3254	10.2	316
0.3503	10.5	326
0.3755	11	341
0.4003	11.2	347
0.4255	11.6	360
0.4503	12	372
0.4756	12.2	378
0.5004	12.5	388



Nilai CBR		
0,1"	6,20	%
0,2"	5,51	%
<b>CBR Design</b>	<b>6,20</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Terendam Sampel 2

<b>Berat Volume Tanah</b>		
<b>Uraian</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Satuan</b>
Tinggi cetakan	15.30	cm
Diameter Cetakan	11.70	cm
Volume Cetakan	1645	cm <sup>3</sup>
Berat cetakan	3775	gram
Berat cetakan + tanah basah	6515	gram
Berat tanah basah	2740	gram
Berat volume tanah basah	1.67	gram/ cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering	1.57	gram/ cm <sup>3</sup>

<b>Kadar Air</b>				
<b>Uraian</b>	<b>Sebelum</b>		<b>Sesudah</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat cawan (gram)	9.04	8.80	8.88	8.93
Berat cawan+tanah basah (gram)	25.43	24.19	38.17	25.88
Berat cawan+tanah kering(gram)	22.50	21.49	32.87	22.79
Berat air(gram)	2.93	2.70	5.30	3.09
Berat tanah kering (gram)	13.46	12.69	23.99	13.86
Kadar air (%)	21.77	21.28	22.09	22.29
Kadar air rata-rata (%)	21.52		22.19	

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

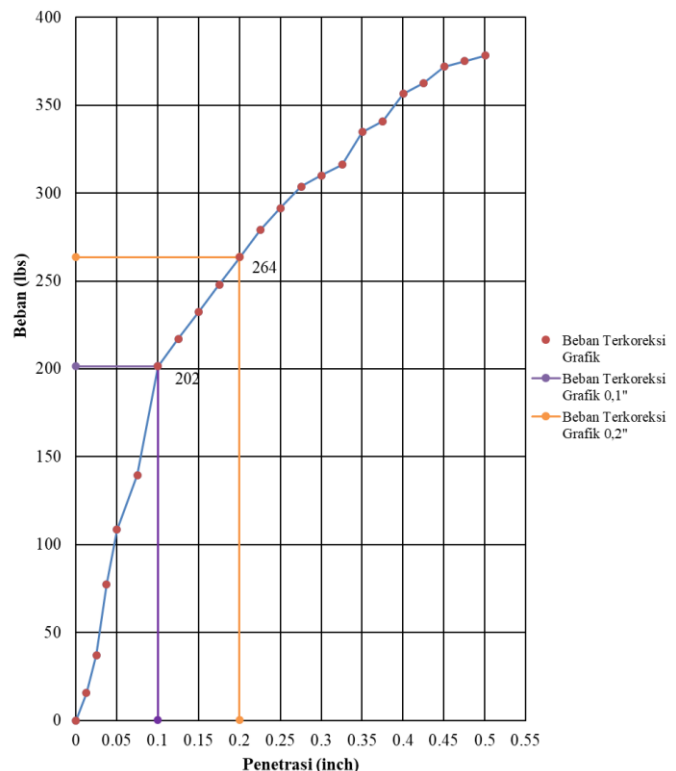
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN CBR**  
**SNI 1744:2012**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 8 Maret 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Terendam Sampel 2

Kalibrasi Alat = 31Lbs

Penetrasi inch	Pembacaan Dial (0,001mm)	Beban Terkoreksi Lbs
0.000	0	0
0.0126	0.5	16
0.0252	1.2	37
0.0374	2.5	78
0.0500	3.5	109
0.0753	4.5	140
0.1001	6.5	202
0.1253	7	217
0.1501	7.5	233
0.1753	8	248
0.2002	8.5	264
0.2254	9	279
0.2502	9.4	291
0.2754	9.8	304
0.3002	10	310
0.3254	10.2	316
0.3503	10.8	335
0.3755	11	341
0.4003	11.5	357
0.4255	11.7	363
0.4503	12	372
0.4756	12.1	375
0.5004	12.2	378



Nilai CBR		
0,1''	6,72	%
0,2''	5,86	%
<b>CBR Design</b>	<b>6,72</b>	<b>%</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 26 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli Pemeraman 1 hari

KADAR AIR				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No. Cawan				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	11.62	8.86	8.92	12.83
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	27.98	24.52	23.95	25.92
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	24.79	21.47	21.04	23.36
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	16.36	15.66	15.03	13.09
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	13.17	12.61	12.12	10.53
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	3.19	3.05	2.91	2.56
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	24.22	24.19	24.01	24.31
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	24.20		24.16	

DATA SAMPEL		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	173.82	173.82
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	24.20	24.16
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.85
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.49	1.49

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

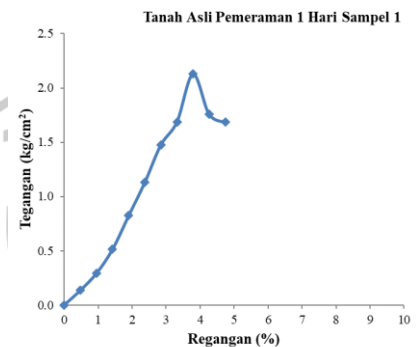
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli Pemeraman 1 hari

**Sampel 1**

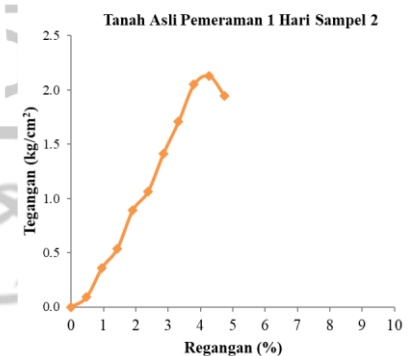
Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
40	3.00	1.52	0.47	0.14
80	6.50	3.29	0.95	0.29
120	11.50	5.82	1.42	0.51
160	18.50	9.36	1.90	0.82
200	25.50	12.90	2.37	1.13
240	33.50	16.95	2.85	1.48
280	38.50	19.48	3.32	1.69
320	48.80	24.69	3.80	2.13
360	40.50	20.49	4.27	1.76
400	39.00	19.73	4.74	1.68



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	2,13
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,72
a (°)	56
φ (°)	55

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	0.00
40	2.00	1.01	0.47	0.09
80	8.00	4.05	0.95	0.36
120	12.00	6.07	1.42	0.54
160	20.00	10.12	1.90	0.89
200	24.00	12.14	2.37	1.06
240	32.00	16.19	2.85	1.41
280	39.00	19.73	3.32	1.71
320	47.00	23.78	3.80	2.05
360	49.00	24.79	4.27	2.13
400	45.00	22.77	4.74	1.94
440	42.00	21.25	5.22	1.80



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	2,13
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,74
a (°)	55
φ (°)	20

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli Pemeraman 7 hari

<b>KADAR AIR</b>				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No. Cawan				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	9.33	9.17	12.56	12.29
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	24.58	20.22	18.75	19.03
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	22.03	18.25	17.68	17.89
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	15.25	11.05	6.19	6.74
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	12.70	9.08	5.12	5.60
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2.55	1.97	1.07	1.14
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	20.08	21.70	20.90	20.36
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	20.89		20.63	

<b>DATA SAMPEL</b>		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	173.82	173.82
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	20.89	20.63
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.85
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.53	1.53

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

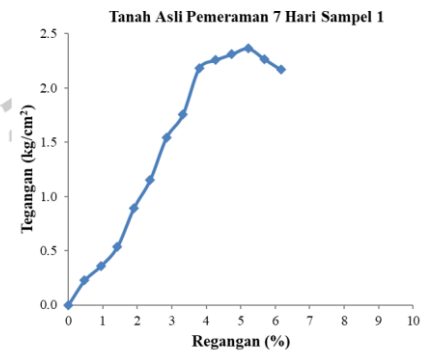
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli Pemeraman 7 hari

**Sampel 1**

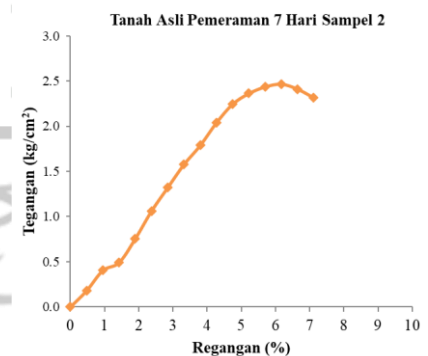
Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	5.0	2.53	0.47	0.23
80	8.0	4.05	0.95	0.36
120	12.0	6.07	1.42	0.54
160	20.0	10.12	1.90	0.89
200	26.0	13.16	2.37	1.15
240	35.0	17.71	2.85	1.54
280	40.0	20.24	3.32	1.75
320	50.0	25.30	3.80	2.18
360	52.0	26.31	4.27	2.26
400	53.5	27.07	4.74	2.31
440	55.0	27.83	5.22	2.36
480	53.0	26.82	5.69	2.27
520	51.0	25.81	6.17	2.17



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	2,36
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,74
a (°)	58
φ (°)	26

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	4.0	2.02	0.47	0.18
80	9.0	4.55	0.95	0.40
120	11.0	5.57	1.42	0.49
160	17.0	8.60	1.90	0.76
200	24.0	12.14	2.37	1.06
240	30.0	15.18	2.85	1.32
280	36.0	18.22	3.32	1.58
320	41.0	20.75	3.80	1.79
360	47.0	23.78	4.27	2.04
400	52.0	26.31	4.74	2.25
440	55.0	27.83	5.22	2.36
480	57.0	28.84	5.69	2.44
520	58.0	29.35	6.17	2.47
560	57.0	28.84	6.64	2.41
600	55.0	27.83	7.12	2.32



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	2,47
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,86
a (°)	55
φ (°)	20

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 27 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Marmer



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Marmer Pemeraman 1 hari

KADAR AIR				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No. Cawan				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	8.91	12.92	12.88	12.81
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	24.13	30.48	28.75	28.48
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	21.89	27.89	26.43	26.19
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	15.22	17.56	15.87	15.67
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	12.98	14.97	13.55	13.38
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2.24	2.59	2.32	2.29
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	17.257	17.301	17.122	17.115
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	17.279		17.118	

DATA SAMPEL		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	202.03	202.03
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	24.00	24.00
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.15
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.73	1.73

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

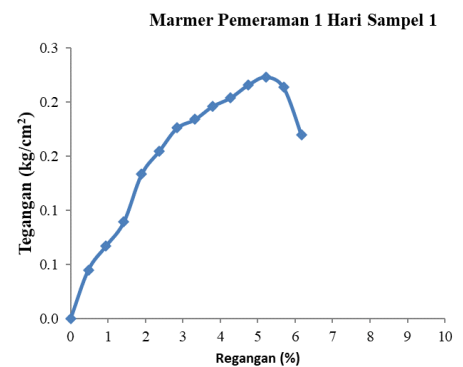
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Marmer Pemeraman 1 hari

**Sampel 1**

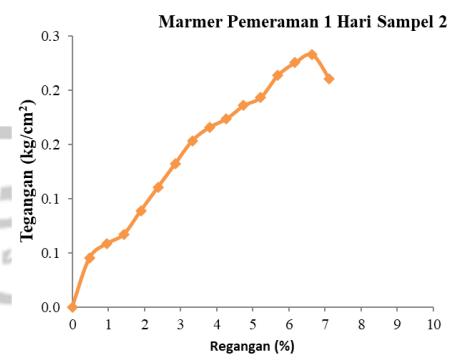
Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	1.0	0.51	0.47	0.05
80	1.5	0.76	0.95	0.07
120	2.0	1.01	1.42	0.09
160	3.0	1.52	1.90	0.13
200	3.5	1.77	2.37	0.15
240	4.0	2.02	2.85	0.18
280	4.2	2.13	3.32	0.18
320	4.5	2.28	3.80	0.20
360	4.7	2.38	4.27	0.20
400	5.0	2.53	4.74	0.22
440	5.2	2.63	5.22	0.22
480	5.0	2.53	5.69	0.21
520	4.0	2.02	6.17	0.17



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,223
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,064
$\alpha$ (°)	60
$\phi$ (°)	30

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	1.0	0.51	0.47	0.05
80	1.3	0.66	0.95	0.06
120	1.5	0.76	1.42	0.07
160	2.0	1.01	1.90	0.09
200	2.5	1.27	2.37	0.11
240	3.0	1.52	2.85	0.13
280	3.5	1.77	3.32	0.15
320	3.8	1.92	3.80	0.17
360	4.0	2.02	4.27	0.17
400	4.3	2.18	4.74	0.19
440	4.5	2.28	5.22	0.19
480	5.0	2.53	5.69	0.21
520	5.3	2.68	6.17	0.23
560	5.5	2.78	6.64	0.23
600	5	2.53	7.12	0.21



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,233
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,081
$\alpha$ (°)	55
$\phi$ (°)	20

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Marmer Pemeraman 7 hari

<b>KADAR AIR</b>				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No. Cawan				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	12.25	12.56	9.34	10.56
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	28.67	28.79	22.58	28.97
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	26.4	26.54	20.7	26.34
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	16.42	16.23	13.24	18.41
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	14.15	13.98	11.36	15.78
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2.27	2.25	1.88	2.63
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	16.042	16.094	16.549	16.667
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	16.068		16.608	

<b>DATA SAMPEL</b>		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	200.87	200.87
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	16.07	16.61
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.83

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

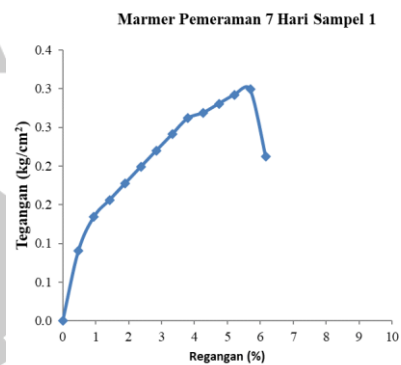
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Marmer Pemeraman 7 hari

**Sampel 1**

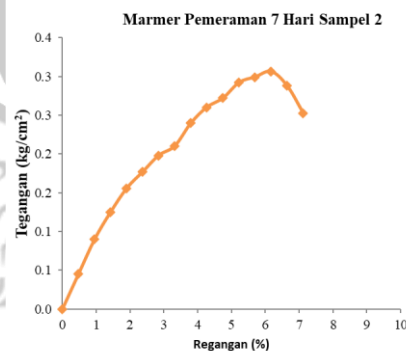
Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon=AL/L_0$	Tegangan $\sigma=P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	25	12.65	0.47	1.13
80	36	18.22	0.95	1.62
120	47	23.78	1.42	2.10
160	54	27.32	1.90	2.40
200	61	30.87	2.37	2.70
240	69	34.91	2.85	3.04
280	73	36.94	3.32	3.20
320	78	39.47	3.80	3.40
360	85	43.01	4.27	3.69
400	89	45.03	4.74	3.84
440	93	47.06	5.22	4.00
480	98	49.59	5.69	4.19
520	102	51.61	6.17	4.34
560	105	53.13	6.64	4.44
600	109	55.15	7.12	4.59
640	113	57.18	7.59	4.73
680	116	58.70	8.07	4.83
720	119	60.21	8.54	4.93
760	121	61.23	9.02	4.99
800	116	58.70	9.49	4.76
840	108	54.65	9.96	4.41
880	95	48.07	10.44	3.86



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,299
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,086
$\alpha$ (°)	60
$\phi$ (°)	35

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi	$\epsilon=AL/L_0$	Tegangan $\sigma=P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	24	12.14	0.47	1.08
80	38	19.23	0.95	1.71
120	46	23.28	1.42	2.06
160	52	26.31	1.90	2.31
200	64	32.38	2.37	2.83
240	73	36.94	2.85	3.21
280	81	40.99	3.32	3.55
320	88	44.53	3.80	3.84
360	95	48.07	4.27	4.12
400	99	50.09	4.74	4.27
440	102	51.61	5.22	4.38
480	106	53.64	5.69	4.53
520	110	55.66	6.17	4.68
560	113	57.18	6.64	4.78
600	115	58.19	7.12	4.84
640	117	59.20	7.59	4.90
680	119	60.21	8.07	4.96
720	121	61.23	8.54	5.02
760	122	61.73	9.02	5.03
800	118	59.71	9.49	4.84
840	112	56.67	9.96	4.57



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,306
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,107
$\alpha$ (°)	55
$\phi$ (°)	32

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 28 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 5% Marmer**



**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 TEKAN BEBAS  
ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 29 April 2024  
Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Pemeraman 1 hari

KADAR AIR				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No. Cawan				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	13.25	13.67	12.54	12.79
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	26.35	25.98	30.58	31.12
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	24.03	23.80	27.40	27.87
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13.10	12.31	18.04	18.33
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	10.78	10.13	14.86	15.08
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2.32	2.18	3.18	3.25
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	21.52	21.52	21.40	21.55
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	21.52		21.48	

DATA SAMPEL		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	198.97	198.97
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	21.52	21.48
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.11	2.11
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.74	1.74

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

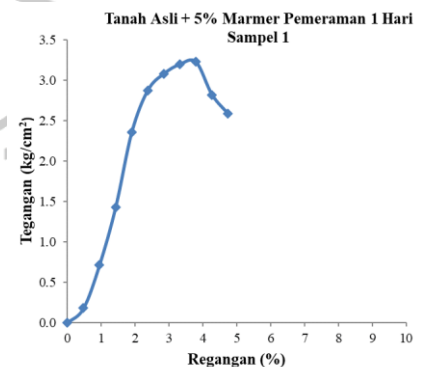
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Pemeraman 1 hari

**Sampel 1**

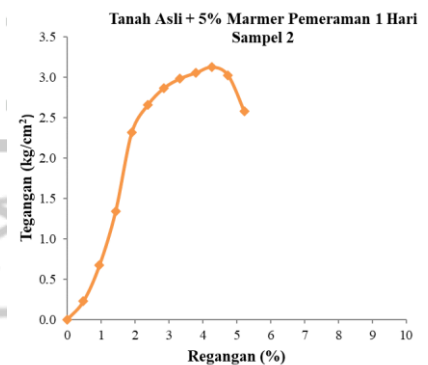
Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi) kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	4	2.02	0.47	0.18
80	16	8.10	0.95	0.72
120	32	16.19	1.42	1.43
160	53	26.82	1.90	2.36
200	65	32.89	2.37	2.88
240	70	35.42	2.85	3.08
280	73	36.94	3.32	3.20
320	74	37.44	3.80	3.23
360	65	32.89	4.27	2.82
400	60	30.36	4.74	2.59



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	3,227
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,585
a (°)	62
φ (°)	34

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi) kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	5	2.53	0.47	0.23
80	15	7.59	0.95	0.67
120	30	15.18	1.42	1.34
160	52	26.31	1.90	2.31
200	60	30.36	2.37	2.66
240	65	32.89	2.85	2.86
280	68	34.41	3.32	2.98
320	70	35.42	3.80	3.05
360	72	36.43	4.27	3.12
400	70	35.42	4.74	3.02
440	60	30.36	5.22	2.58



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	3,124
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,866
a (°)	61
φ (°)	32

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Pemeraman 7 hari

<b>KADAR AIR</b>				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
<b>No. Cawan</b>				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	12.84	13.11	13.29	12.95
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	26.17	25.82	34.31	32.45
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	23.96	23.76	30.94	29.25
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13.33	12.71	21.02	19.50
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11.12	10.65	17.65	16.30
Berat air, $W_w = W_3 - W_2$ (gr)	2.21	2.06	3.37	3.20
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	19.874	19.343	19.093	19.632
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	19.608		19.363	

<b>DATA SAMPEL</b>		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	198.97	198.97
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	19.61	19.36
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.11	2.11
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.77	1.77

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

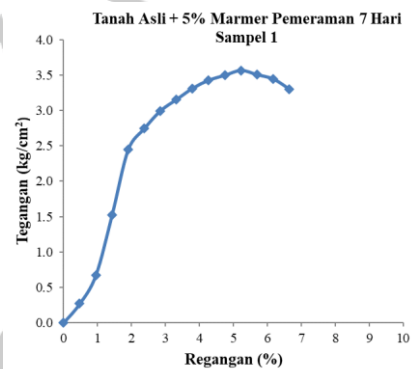
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 5% Marmer Pemeraman 7 hari

**Sampel 1**

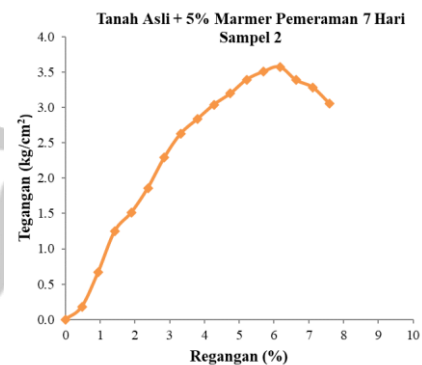
Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.000	0.000	0.000
40	6.0	3.036	0.474	0.271
80	15.0	7.590	0.949	0.673
120	34.0	17.204	1.423	1.519
160	55.0	27.830	1.898	2.446
200	62.0	31.372	2.372	2.744
240	68.0	34.408	2.847	2.995
280	72.0	36.432	3.321	3.155
320	76.0	38.456	3.796	3.314
360	79.0	39.974	4.270	3.428
400	81.0	40.986	4.745	3.497
440	83.0	41.998	5.219	3.566
480	82.0	41.492	5.694	3.505
520	81.0	40.986	6.168	3.445
560	78.0	39.468	6.643	3.301



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	3,566
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,908
$\alpha$ (°)	63
$\phi$ (°)	36

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon = \Delta L / L_0$	Tegangan $\sigma = P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.000	0.000	0.000
40	4.0	2.024	0.474	0.180
80	15.0	7.590	0.949	0.673
120	28.0	14.168	1.423	1.251
160	34.0	17.204	1.898	1.512
200	42.0	21.252	2.372	1.859
240	52.0	26.312	2.847	2.290
280	60.0	30.360	3.321	2.629
320	65.0	32.890	3.796	2.835
360	70.0	35.420	4.270	3.038
400	74.0	37.444	4.745	3.195
440	79	39.974	5.219	3.394
480	82	41.492	5.694	3.505
520	84	42.504	6.168	3.573
560	80	40.480	6.643	3.385
600	78	39.468	7.117	3.284
640	73	36.938	7.592	3.058



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	3,573
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,871
$\alpha$ (°)	64
$\phi$ (°)	38


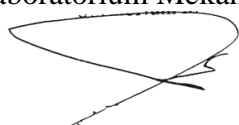
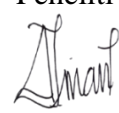
Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 29 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Marmer**

	<p><b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b>  <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b></p> <p>Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584</p>	
<p><b>PENGUJIAN TEKAN BEBAS</b>  <b>ASTM D 2166</b></p>		
<p>Proyek : Tugas Akhir          Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur          Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman          Tanggal : 29 April 2024          Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Pemeraman 1 hari</p>		
<p><b>KADAR AIR</b></p>		
<b>No. Uji</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>
<b>No. Cawan</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	8.78	8.94
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	28.67	28.76
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	25.15	25.25
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	19.89	19.82
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	16.37	16.31
Berat air, $W_w = W_3 - W_2$ (gr)	3.52	3.51
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	21.503	21.521
Kadar air rata - rata, w (%)	21.512	21.530
<p><b>DATA SAMPEL</b></p>		
<b>No. Uji</b>	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>
Berat sampel tanah (gr)	199.51	199.51
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, W (%)	21.51	21.53
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.12
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.74	1.74
<p>Mengetahui,          Kepala Laboratorium Mekanika Tanah</p> 		<p>Yogyakarta, 25 Juli 2024          Peneliti</p> 
<p><b>Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.</b></p>		<p><b>Vinda Nurul Hidayatul Aiman</b></p>



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

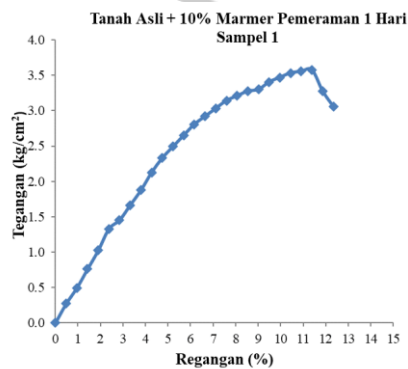
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Pemeraman 1 hari

**Sampel 1**

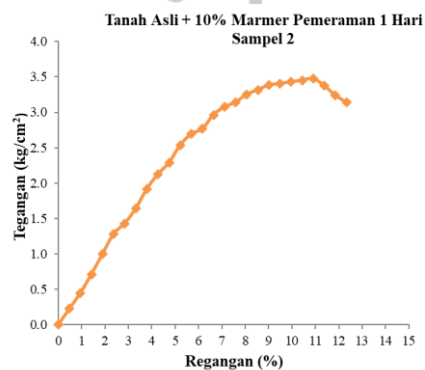
Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	6	3.04	0.47	0.27
80	11	5.57	0.95	0.49
120	17	8.60	1.42	0.76
160	23	11.64	1.90	1.02
200	30	15.18	2.37	1.33
240	33	16.70	2.85	1.45
280	38	19.23	3.32	1.67
320	43	21.76	3.80	1.88
360	49	24.79	4.27	2.13
400	54	27.32	4.74	2.33
440	58	29.35	5.22	2.49
480	62	31.37	5.69	2.65
520	66	33.40	6.17	2.81
560	69	34.91	6.64	2.92
600	72	36.43	7.12	3.03
640	75	37.95	7.59	3.14
680	77	38.96	8.07	3.21
720	79	39.97	8.54	3.28
760	80	40.48	9.02	3.30
800	83	42.00	9.49	3.41
840	85	43.01	9.96	3.47
880	87	44.02	10.44	3.53
920	88	44.53	10.91	3.55
960	89	45.03	11.39	3.57
1000	82	41.49	11.86	3.28
1040	77	38.96	12.34	3.06



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	3,575
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,032
$\alpha$ (°)	60
$\phi$ (°)	30

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	5	2.53	0.47	0.23
80	10	5.06	0.95	0.45
120	16	8.10	1.42	0.71
160	22.5	11.39	1.90	1.00
200	29	14.67	2.37	1.28
240	32.5	16.45	2.85	1.43
280	37.5	18.98	3.32	1.64
320	44	22.26	3.80	1.92
360	49	24.79	4.27	2.13
400	53	26.82	4.74	2.29
440	59	29.85	5.22	2.53
480	63	31.88	5.69	2.69
520	65	32.89	6.17	2.76
560	70	35.42	6.64	2.96
600	73	36.94	7.12	3.07
640	75	37.95	7.59	3.14
680	78	39.47	8.07	3.25
720	80	40.48	8.54	3.32
760	82	41.49	9.02	3.38
800	83	42.00	9.49	3.41
840	84	42.50	9.96	3.43
880	85	43.01	10.44	3.45
920	86	43.52	10.91	3.47
960	84	42.50	11.39	3.37
1000	81	40.99	11.86	3.24
1040	79	39.97	12.34	3.14



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	3,473
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,001
$\alpha$ (°)	60
$\phi$ (°)	30

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Pemeraman 7 hari

<b>KADAR AIR</b>				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
No. Cawan	1	2	1	2
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	9.25	8.61	12.49	12.13
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	26.92	31.84	19.35	28.74
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	24.14	28.29	18.29	26.12
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	17.67	23.23	6.86	16.61
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	14.89	19.68	5.80	13.99
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2.78	3.55	1.06	2.62
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	18.67	18.04	18.28	18.73
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	18.35		18.50	

<b>DATA SAMPEL</b>		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	199.51	199.51
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	18.35	18.50
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.12
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.79	1.79

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

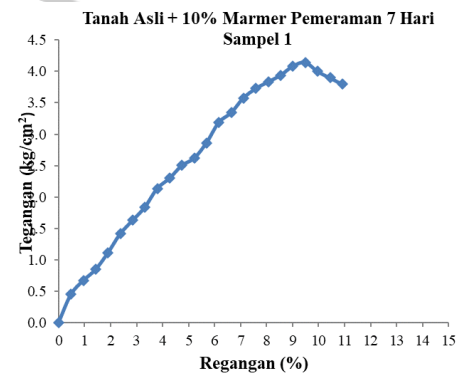
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 10% Marmer Pemeraman 7 hari

**Sampel 1**

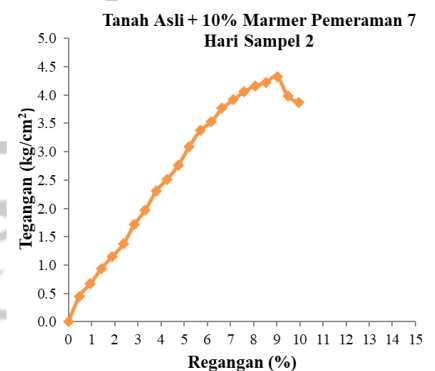
Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi) kg	$\epsilon=AL/L_0$ %	Tegangan $\sigma=P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	10	5.06	0.47	0.45
80	15	7.59	0.95	0.67
120	19	9.61	1.42	0.85
160	25	12.65	1.90	1.11
200	32	16.19	2.37	1.42
240	37	18.72	2.85	1.63
280	42	21.25	3.32	1.84
320	49	24.79	3.80	2.14
360	53	26.82	4.27	2.30
400	58	29.35	4.74	2.50
440	61	30.87	5.22	2.62
480	67	33.90	5.69	2.86
520	75	37.95	6.17	3.19
560	79	39.97	6.64	3.34
600	85	43.01	7.12	3.58
640	89	45.03	7.59	3.73
680	92	46.55	8.07	3.83
720	95	48.07	8.54	3.94
760	99	50.09	9.02	4.08
800	101	51.11	9.49	4.14
840	98	49.59	9.96	4.00
880	96	48.58	10.44	3.90
920	94	47.56	10.91	3.80



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,144
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,102
$\alpha$ (°)	62
$\phi$ (°)	34

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi) kg	$\epsilon=AL/L_0$ %	Tegangan $\sigma=P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.000	0.000	0.000
40	10	5.06	0.47	0.45
80	15	7.59	0.95	0.67
120	21	10.63	1.42	0.94
160	26	13.16	1.90	1.16
200	31	15.69	2.37	1.37
240	39	19.73	2.85	1.72
280	45	22.77	3.32	1.97
320	53	26.82	3.80	2.31
360	58	29.35	4.27	2.52
400	64	32.38	4.74	2.76
440	72	36.43	5.22	3.09
480	79	39.97	5.69	3.38
520	83	42.00	6.17	3.53
560	89	45.03	6.64	3.77
600	93	47.06	7.12	3.92
640	97	49.08	7.59	4.06
680	100	50.60	8.07	4.17
720	102	51.61	8.54	4.23
760	105	53.13	9.02	4.33
800	97	49.08	9.49	3.98
840	95	48.07	9.96	3.88



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,330
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,103
$\alpha$ (°)	63
$\phi$ (°)	36

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

**Lampiran 30 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 15% Marmer**



**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 TEKAN BEBAS  
ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
Tanggal : 6 Mei 2024  
Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Pemeraman 1 hari

KADAR AIR				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No. Cawan				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	12.78	13.16	12.12	12.13
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	26.28	25.01	35.21	36.26
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	23.86	22.90	31.10	31.95
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	13.50	11.85	23.09	24.13
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	11.08	9.74	18.98	19.82
Berat air, $W_w = W_2 - W_3$ (gr)	2.42	2.11	4.11	4.31
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	21.841	21.663	21.654	21.746
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	21.752		21.700	

DATA SAMPEL		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	200.63	200.63
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	21.75	21.70
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.75	1.75

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

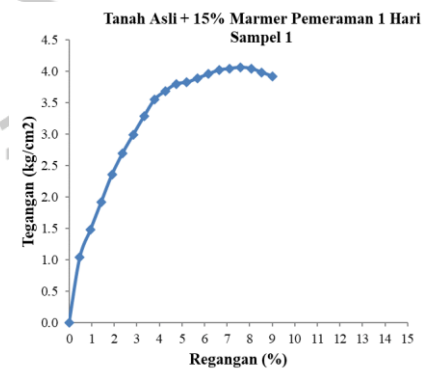
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Pemeraman 1 hari

**Sampel 1**

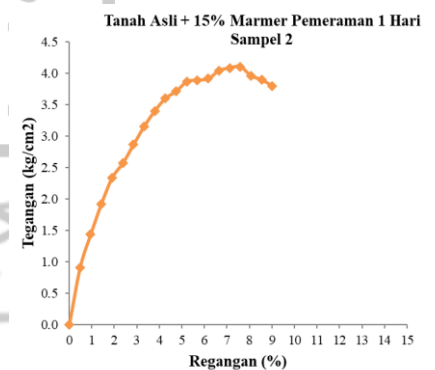
Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi) kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	23	11.64	0.47	1.04
80	33	16.70	0.95	1.48
120	43	21.76	1.42	1.92
160	53	26.82	1.90	2.36
200	61	30.87	2.37	2.70
240	68	34.41	2.85	2.99
280	75	37.95	3.32	3.29
320	82	41.24	3.80	3.55
360	85	43.01	4.27	3.69
400	88	44.53	4.74	3.80
440	89	45.03	5.22	3.82
480	91	46.05	5.69	3.89
520	93	47.06	6.17	3.96
560	95	48.07	6.64	4.02
600	96	48.58	7.12	4.04
640	97	49.08	7.59	4.06
680	97	49.08	8.07	4.04
720	96	48.58	8.54	3.98
760	95	48.07	9.02	3.92



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,063
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,126
a (°)	61
φ (°)	32

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01 mm	Pembacaan Dial Beban (div)	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi) kg	$\epsilon = \Delta L / L_0$ %	Tegangan $\sigma = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	20	10.12	0.47	0.90
80	32	16.19	0.95	1.44
120	43	21.76	1.42	1.92
160	52.5	26.57	1.90	2.33
200	58	29.35	2.37	2.57
240	65	32.89	2.85	2.86
280	72	36.43	3.32	3.16
320	78	39.47	3.80	3.40
360	83	42.00	4.27	3.60
400	86	43.52	4.74	3.71
440	90	45.54	5.22	3.87
480	91	46.05	5.69	3.89
520	92	46.55	6.17	3.91
560	95.5	48.32	6.64	4.04
600	97	49.08	7.12	4.08
640	98	49.59	7.59	4.11
680	95	48.07	8.07	3.96
720	94	47.56	8.54	3.90
760	92	46.55	9.02	3.79



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,105
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,138
a (°)	61
φ (°)	32

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Pemeraman 7 hari

<b>KADAR AIR</b>				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
No. Cawan	1	2	1	2
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	13.1	12.91	12.9	12.82
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	28.31	25.4	27.95	25.65
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	26.05	23.53	25.69	23.72
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	15.21	12.49	15.05	12.83
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	12.95	10.62	12.79	10.90
Berat air, $W_w = W_3 - W_2$ (gr)	2.26	1.87	2.26	1.93
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	17.452	17.608	17.670	17.706
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	17.530		17.688	

<b>DATA SAMPEL</b>		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	200.63	200.63
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	17.53	17.69
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.81	1.81

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

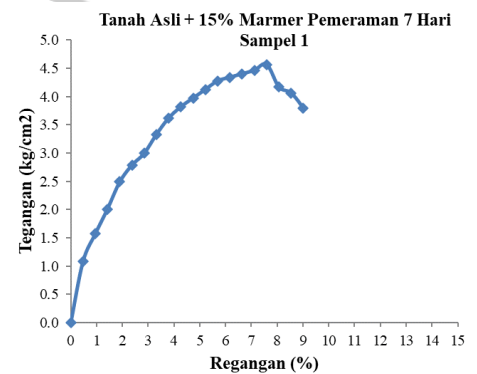
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 15% Marmer Pemeraman 7 hari

**Sampel 1**

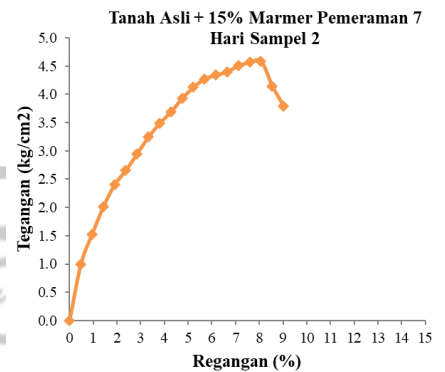
Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\varepsilon=AL/L_0$	Tegangan $\sigma=P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	24	12.14	0.47	1.08
80	35	17.71	0.95	1.57
120	45	22.77	1.42	2.01
160	56	28.34	1.90	2.49
200	63	31.88	2.37	2.79
240	68	34.41	2.85	2.99
280	76	38.46	3.32	3.33
320	83	42.00	3.80	3.62
360	88	44.53	4.27	3.82
400	92	46.55	4.74	3.97
440	96	48.58	5.22	4.12
480	100	50.60	5.69	4.27
520	102	51.61	6.17	4.34
560	104	52.62	6.64	4.40
600	106	53.64	7.12	4.46
640	109	55.15	7.59	4.57
680	100	50.60	8.07	4.17
720	98	49.59	8.54	4.06
760	92	46.55	9.02	3.79



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	5,466
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,163
$\alpha$ (°)	63
$\phi$ (°)	36

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\varepsilon=AL/L_0$	Tegangan $\sigma=P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	22	11.13	0.47	0.99
80	34	17.20	0.95	1.53
120	45	22.77	1.42	2.01
160	54	27.32	1.90	2.40
200	60	30.36	2.37	2.66
240	67	33.90	2.85	2.95
280	74	37.44	3.32	3.24
320	80	40.48	3.80	3.49
360	85	43.01	4.27	3.69
400	91	46.05	4.74	3.93
440	96	48.58	5.22	4.12
480	100	50.60	5.69	4.27
520	102	51.61	6.17	4.34
560	104	52.62	6.64	4.40
600	107	54.14	7.12	4.51
640	109	55.15	7.59	4.57
680	110	55.66	8.07	4.58
720	100	50.60	8.54	4.15
760	92	46.55	9.02	3.79
800	86	43.52	9.49	3.53



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,584
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,168
$\alpha$ (°)	63
$\phi$ (°)	36

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

## Lampiran 31 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 20% Marmer



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Pemeraman 1 hari

KADAR AIR				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
No. Cawan				
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	13.43	12.24	12.04	12.60
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	37.89	39.07	40.45	38.68
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	33.69	34.49	35.60	34.20
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	24.46	26.83	28.41	26.08
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	20.26	22.25	23.56	21.60
Berat air, $W_w = W_2 - W_s$ (gr)	4.20	4.58	4.85	4.48
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	20.731	20.584	20.586	20.741
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	20.657		20.663	

DATA SAMPEL		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	200.87	200.87
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	20.66	20.66
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.77	1.77

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024  
 Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

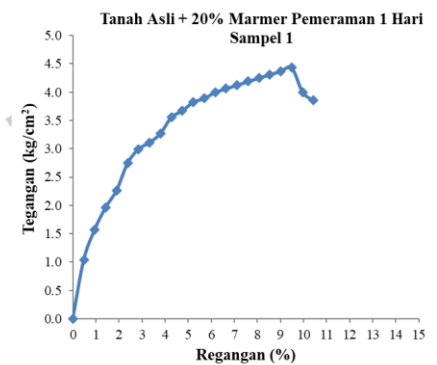
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 6 Mei 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Pemeraman 1 hari

**Sampel 1**

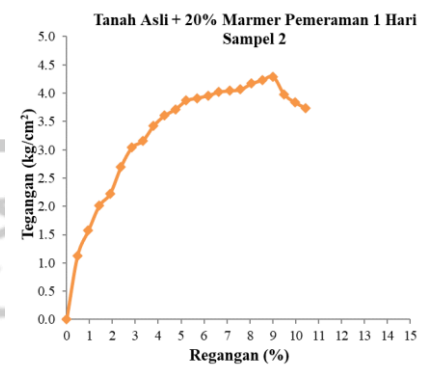
Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon=AL/L_0$ %	Tegangan $\sigma=P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	23	11.64	0.47	1.04
80	35	17.71	0.95	1.57
120	44	22.26	1.42	1.97
160	51	25.81	1.90	2.27
200	62	31.37	2.37	2.74
240	68	34.41	2.85	2.99
280	71	35.93	3.32	3.11
320	75	37.95	3.80	3.27
360	82	41.49	4.27	3.56
400	85	43.01	4.74	3.67
440	89	45.03	5.22	3.82
480	91	46.05	5.69	3.89
520	94	47.56	6.17	4.00
560	96	48.58	6.64	4.06
600	98	49.59	7.12	4.13
640	100	50.60	7.59	4.19
680	102	51.61	8.07	4.25
720	104	52.62	8.54	4.31
760	106	53.64	9.02	4.37
800	108	54.65	9.49	4.43
840	98	49.59	9.96	4.00
880	95	48.07	10.44	3.86



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,431
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,129
a (°)	63
φ (°)	36

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon=AL/L_0$ %	Tegangan $\sigma=P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	25	12.65	0.47	1.13
80	35	17.71	0.95	1.57
120	45	22.77	1.42	2.01
160	50	25.30	1.90	2.22
200	61	30.87	2.37	2.70
240	69	34.91	2.85	3.04
280	72	36.43	3.32	3.16
320	78.5	39.72	3.80	3.42
360	83	42.00	4.27	3.60
400	86	43.52	4.74	3.71
440	90	45.54	5.22	3.87
480	91.5	46.30	5.69	3.91
520	93	47.06	6.17	3.96
560	95	48.07	6.64	4.02
600	96	48.58	7.12	4.04
640	97	49.08	7.59	4.06
680	100	50.60	8.07	4.17
720	102	51.61	8.54	4.23
760	104	52.62	9.02	4.29
800	97	49.08	9.49	3.98
840	94	47.56	9.96	3.84
880	92	46.55	10.44	3.73



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,289
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,189
a (°)	61
φ (°)	32

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



**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 TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Pemeraman 7 hari

<b>KADAR AIR</b>				
No. Uji	Sampel 1		Sampel 2	
No. Cawan	1	2	1	2
Berat Cawan, $W_1$ (gr)	12.25	12.56	9.34	10.56
Berat tanah basah + Cawan, $W_2$ (gr)	28.67	28.79	22.58	28.97
Berat tanah kering + Cawan, $W_3$ (gr)	26.4	26.54	20.7	26.34
Berat tanah basah, $W = W_2 - W_1$ (gr)	16.42	16.23	13.24	18.41
Berat tanah kering $W_s = W_3 - W_1$ (gr)	14.15	13.98	11.36	15.78
Berat air, $W_w = W_3 - W_2$ (gr)	2.27	2.25	1.88	2.63
Kadar air, $w = (W_w / W_s) \times 100\%$	16.042	16.094	16.549	16.667
Kadar air rata - rata, $w$ (%)	16.068		16.608	

<b>DATA SAMPEL</b>		
No. Uji	Sampel 1	Sampel 2
Berat sampel tanah (gr)	200.87	200.87
Diameter sampel tanah, $D$ (cm)	3.77	3.77
Tinggi awal sampel tanah, $L_0$ (cm)	8.43	8.43
Luas penampang sampel tanah, $A_0$ (cm <sup>2</sup> )	11.16	11.16
Volume awal sampel tanah $V_0$ (cm <sup>3</sup> )	94.10	94.10
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.51	0.51
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.32	0.32
Kadar air, $W$ (%)	16.07	16.61
Berat isi tanah basah (gr/cm <sup>3</sup> )	2.13	2.13
Berat isi tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.83

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**



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

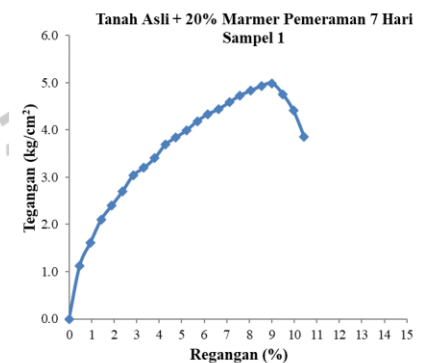
Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TEKAN BEBAS**  
**ASTM D 2166**

Proyek : Tugas Akhir  
 Lokasi : Ds. Sumberingin Kulon, Kec. Ngunut, Kab. Tulungagung, Provinsi Jawa Timur  
 Dikerjakan : Vinda Nurul Hidayatul Aiman  
 Tanggal : 29 April 2024  
 Sampel : Tanah Asli + 20% Marmer Pemeraman 7 hari

**Sampel 1**

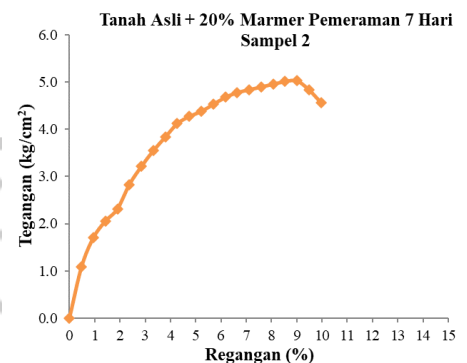
Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon=AL/L_0$	Tegangan $\sigma=P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	25	12.65	0.47	1.13
80	36	18.22	0.95	1.62
120	47	23.78	1.42	2.10
160	54	27.32	1.90	2.40
200	61	30.87	2.37	2.70
240	69	34.91	2.85	3.04
280	73	36.94	3.32	3.20
320	78	39.47	3.80	3.40
360	85	43.01	4.27	3.69
400	89	45.03	4.74	3.84
440	93	47.06	5.22	4.00
480	98	49.59	5.69	4.19
520	102	51.61	6.17	4.34
560	105	53.13	6.64	4.44
600	109	55.15	7.12	4.59
640	113	57.18	7.59	4.73
680	116	58.70	8.07	4.83
720	119	60.21	8.54	4.93
760	121	61.23	9.02	4.99
800	116	58.70	9.49	4.76
840	108	54.65	9.96	4.41
880	95	48.07	10.44	3.86



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	4,990
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,217
a (°)	64
φ (°)	38

**Sampel 2**

Vertical Dial x 0.01	Pembacaan Dial Beban	Beban, P (dial) Beban x Kalibrasi)	$\epsilon=AL/L_0$	Tegangan $\sigma=P/A$
mm	(div)	kg	%	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	0.00
40	24	12.14	0.47	1.08
80	38	19.23	0.95	1.71
120	46	23.28	1.42	2.06
160	52	26.31	1.90	2.31
200	64	32.38	2.37	2.83
240	73	36.94	2.85	3.21
280	81	40.99	3.32	3.55
320	88	44.53	3.80	3.84
360	95	48.07	4.27	4.12
400	99	50.09	4.74	4.27
440	102	51.61	5.22	4.38
480	106	53.64	5.69	4.53
520	110	55.66	6.17	4.68
560	113	57.18	6.64	4.78
600	115	58.19	7.12	4.84
640	117	59.20	7.59	4.90
680	119	60.21	8.07	4.96
720	121	61.23	8.54	5.02
760	122	61.73	9.02	5.03
800	118	59.71	9.49	4.84
840	112	56.67	9.96	4.57



Uraian	
qu (kg/cm <sup>2</sup> )	5,032
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	1,227
a (°)	64
φ (°)	38

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

**Dr. Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Peneliti

**Vinda Nurul Hidayatul Aiman**

