TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN SEBAGAI ZAT ADITIF PADA TANAH TIMBUNAN DARI KECAMATAN SAMBI DI PROYEK TOL SOLO YOGYA-NYIA KULON PROGO SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN STA 3+000 SAMPAI STA 5+000

(ANALYSIS OF THE EFFECT OF USING CEMENT AS AN ADDITIVE ON LANDFILLS FROM SAMBI SUB-DISTRICT IN THE SOLO-YOGYA-NYIA KULON PROGO TOLL ROAD PROJECT SECTION 1 PACKAGE 1.1 SOLO-KLATEN STA 3+000 UNTIL STA 5+000)

(Studi Kasus Proyek Tol Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten Sta 3+000 Sampai Sta 5+000)

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

FABIAN ELGA WICAKSONO
20511089

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

2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN SEBAGAI ZAT ADITIF PADA TANAH TIMBUNAN DARI KECAMATAN SAMBI DI PROYEK TOL SOLO-YOGYA-NYIA KULON PROGO SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN STA 3+000 SAMPAI STA 5+000

(*ANALYSIS OF THE EFFECT IN THE USE CEMENT AS AN ADDITIVE ON LAND HEAP FROM SAMBI DISTRICT IN THE SOLO-YOGYA-NYIA KULON PROGO TOLL PROJECT SECTION 1 PACKAGE 1.1 SOLO-KLATEN STA 3+000 UNTIL STA 5+000*)

Disusun oleh

Fabian Elga Wicaksono
20511089

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
M. Rifqi A., S.T., M.Eng.	**Dr Hanindya K A, S.T., M.T.**	**Anisa N A, S.T., M.Eng.**
NIK: 135111101	**NIK: 045110407**	**NIK: 215111305**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa laporan tugas akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S1 Teknik Sipil Fakultas Perencanaan dan Konstruksi Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya saya sendiri. Beberapa bagian laporan akhir yang saya kutip dari karya orang lain telah disebutkan secara jelas sumbernya, sesuai dengan standar, kaidah, dan etika penulisan artikel ilmiah.

Magelang, 7 Mei 2024
Yang membuat pernyataan,



Fabian Elga Wicaksono
(20511089)

DEDIKASI

Teruslah tetap kuat untuk semua hal yang sudah membuatm mu patah sejauh ini dan jangan sampai kalah dengan keadaan yang sedang membabi buta. Tiada hidup tanpa masalah, tiada perjuangan tanpa rasa lelah, tetap semangatlah sampai bismillahmu menjadi alhamdulillah.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Pengaruh Penambahan Semen Sebagai Bahan Zat Aditif Tambahan Terhadap Tanah Timbunan Dari Kecamatan Sambi Di Sta 3.000 Proyek Tol Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten.*

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak menemui kendala, namun berkat saran, kritik dan dorongan dari semua pihak, alhamdulillah usulan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
2. Ibu Dr Hanindya Kusuma A, S.T., M.T., selaku dosen penguji I Tugas Akhir.
3. Ibu Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng., selaku 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 dan keluarga penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun spiritual,
6. Abangku Naufal Fernanada Pratama, terimakasih telah menjadi penyemangat dalam mengerjakan tugas akhir ini,
7. Teman Sepermagangan Siti Nur Aulia dan Amelia Syfa Palalunan, yang sudah memberikan masukan, semangat, saran dalam mengerjakan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Magelang, 5 Mei 2024
Penulis,

Fabian Elga Wicaksono
(20511089)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii
DEDIKASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xii
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Lokasi Penelitian 4
1.7 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Umum 6
2.2 Stabilisasi Tanah menggunakan Semen 7
2.3 Stabilisasi Tanah menggunakan *Fly Ash* 8
2.4 Perbandingan Penelitian dengan Peneliti Lain 11
2.5 Persamaan dan Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Terdahulu 15
BAB III LANDASAN TEORI 16
3.1 Tanah 16
3.1.1 Definisi Tanah 16
3.1.2 Klasifikasi Tanah 17

3.2 Stabilisasi Tanah 21
3.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen Portland Tipe I 22
3.4 Pengujian Analisa Saringan (*sieve analysis*) 23
3.5 Pengujian *Atterberg Limit* 24
3.5.1 Batas Cair (*Liquid Limit*, LL) 26
3.5.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*, PL) 27
3.5.3 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) 27
3.6 Pengujian Berat Jenis Tanah 28
3.7 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor*) 29
3.8 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) 33
3.9 Pengujian Tekan Bebas 35
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 38
4.1 Tinjaun Umum 38
4.2 Lokasi dan Objek Penelitian 38
4.3 Pelaksanaan Penelitian 39
4.3.1 Persiapan Bahan 39
4.3.2 Peralatan 39
4.3.3 Sampel dan Jenis Pengujian 42
4.3.4 Pengujian yang Dilakukan 44
4.3.5 Langkah Penelitian 44
4.3.6 Tahap Analisis Data dan Pembahasan 44
4.3.7 Tahap Kesimpulan 44
4.4 Bagan Alir Penelitian 45
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 48
5.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah 48
5.1.1 Pengujian Berat Jenis 48
5.1.2 Pengujian Analisis Granular 49
5.5. Pembahasan 73
5.5.1 Tanah Asli 73
5.5.2 Pengujian *Calfornia Bearing Ratio* (CBR) 78
5.5.3 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Uncofined Compression Test*) 81

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 92
6.1 Kesimpulan 92
6.2 Saran 95
DAFTAR PUSTAKA 96
LAMPIRAN 99

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti yang lain 11
Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi USCS 19
Tabel 3. 2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO 21
Tabel 3. 3 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah 27
Tabel 3. 4 Berat Jenis Tanah (*specific grafity*) 29
Tabel 4. 1 Variasi Campuran 42
Tabel 4. 2 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian 43
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah 49
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Analisis Saringan 49
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Analisis Saringan 51
Tabel 5. 4 Hasil Gabungan Pengujian Analisis Saringan 52
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis 54
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Pengujian Modified Proctor Sampel 1 55
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Pengujian Modified Proctor Sampel 2 57
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian *Proctor Modified* Tanah Asli 58
Tabel 5. 9 Penambahan Semen 1% 61
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* dan *Soaked* 63
Tabel 5. 11 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* dan *Soaked* 66
Tabel 5. 12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli 70
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan Semen 72
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli 73
Tabel 5. 15 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* dan *Soaked* 79
Tabel 5. 16 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 1% 79
Tabel 5. 17 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 3% 79
Tabel 5. 18 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% 80
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked* 80
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan (q_u) Bebas 82
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Nilai Kohesi (Cu) 85

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil Nilai Sudut Geser Dalam 88
Tabel 5. 23 Rekapitulasi CBR Design *unsoaked* dan *soaked* 90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Analisis Distribusi Ukuran Butiran 24
Gambar 3. 2 Batas Konsistensi *Atterberg* 25
Gambar 3. 3 Batas Konsistensi *Atterberg* 26
Gambar 3. 4 Kurva pada Penentuan Batas Cair Tanah Lempung 26
Gambar 3. 5 Peralatan Pengujian *Atterberg* 28
Gambar 3. 6 Kurva Uji Pemadatan Berbagai Jenis Tanah 30
Gambar 3. 7 Pengaruh Energi Pemadatan pada Tanah Lempung Berpasir 31
Gambar 3. 8 Alat Uji Proctor 32
Gambar 3. 9 Kurva Uji Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering 32
Gambar 3. 10 Perangkat Uji CBR Laboratorium 33
Gambar 3. 11 Grafik Standar Pengujian CBR 35
Gambar 3. 12 Skema Uji Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) 36
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian 38
Gambar 4. 2 Peralatan Analisa Saringan 39
Gambar 4. 3 Peralatan Pengujian A*tterberg* 40
Gambar 4. 4 Peralatan Pengujian Berat Jenis 40
Gambar 4. 5 Peralatan Pengujian Proktor 41
Gambar 4. 6 Peralatan Pengujian CBR 41
Gambar 4. 7 Peralatan Pengujian Kuat Tekan Bebas 42
Gambar 4. 8 Bagan Alir dan Flowchart Penelitian 47
Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler 50
Gambar 5. 2 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler 52
Gambar 5. 3 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler 53
Gambar 5. 4 Grafik Perbandingan Kadar Air dan Jumlah Pukulan 55
Gambar 5. 5 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1 56
Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2 57
Gambar 5. 7 Grafik Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* 59
Gambar 5. 8 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked* 60

Gambar 5. 9 Grafik Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* 61
Gambar 5. 10 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked* 62
Gambar 5. 11 Grafik Hasil Pengujian CBR U*nsoaked* 64
Gambar 5. 12 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked* 65
Gambar 5. 13 Grafik Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* 66
Gambar 5. 14 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked* 67
Gambar 5. 15 Sudut Retakan (α) 69
Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan 70
Gambar 5. 17 Grafik Karakteristik Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS 75
Gambar 5. 18 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS 75
Gambar 5. 19 Simbol Kelompok Metode USCS 76
Gambar 5. 20 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan AASHTO 78
Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Nilai CBR terhadap Variasi Semen 81
Gambar 5. 22 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas (qu) 82
Gambar 5. 23 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Semen 83
Gambar 5. 24 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas terhadap Lama Pemeraman 84
Gambar 5. 25 Grafik Perbandingan Nilai Kohesi terhadap Variasi Semen 85
Gambar 5. 26 Grafik Nilai Kohesi terhadap Variasi Semen 86
Gambar 5. 27 Grafik Nilai Kohesi Terhadap Lama Pemeraman 87
Gambar 5. 28 Grafik Perbandingan Nilai φ Terhadap Variasi Semen 88
Gambar 5. 29 Grafik Perbandingan Nilai φ Terhadap Variasi Semen 89
Gambar 5. 30 Grafik Perbandingan Nilai φ Terhadap Lama Pemeraman 89

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

USCS	= *Unifed Soil Classification System*
AASHTO	= *American Association of State Highway and Transportation*
PCC	= *Portland Composite Cement*
GI	= *Group Index* (Indeks Grup) (%)
F	= Persentase butiran lolos ayakan No. 200 (%)
LL	= *Liquid Limit* (Batas Cair) (%)
PI	= *Plastic Index* (Indeks Plastisitas) (%)
PL	= *Plastic Limit* (Batas Plastis) (%)
SL	= *Shrinkage Limit* (Batas Susut Tanah)
W	= Berat Tanah (gr)
W_a	= Berat Udara (gr)
W_w	= Berat Air (gr)
W_s	= Berat Butiran Padat (gr)
V	= Volume (cm^3)
V_v	= Volume Pori (cm^3)
V_a	= Volume udara (cm^3)
V_w	= Volume Air (cm^3)
V_s	= Volume Butiran Padat (cm^3)
G	= Kerikil (*gravel*)
S	= Pasir (*sand*)
C	= Lempung (*clay*)
M	= Lanau (*silt*)
O	= Lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)
Pt	= Tanah gambut 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*)

w	= Kadar Air (%)
γs	= Berat Volume Tanah (gr/cm^3)
γw	= Berat Volume Air (gr/cm^3)
G_s	= Berat Jenis (gr/cm^3)
SR	= Angka Susut (cm)
VS	= Susut Volumetrik (%)
LS	= Susut Linear (%)
V_o	= Volume Tanah Kering (cm^3)
W_o	= Berat Tanah Kering (gr)
γb	= Berat Volume Basah (gr/cm^3)
γd	= Berat Volume Kering (gr/cm^3)
OMC	= *Optimum Moisture Content* (%)
MDD	= *Maximum Dry Density* (gr/cm^3)
K	= Kalibrasi (lbs)
CBR	= *California Bearing Ratio* (%)
CBR 0,1”	= Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inchi (%)
CBR 0,2”	= Nilai CBR pada penetrasi 0,2 inchi (%)
γn	= Berat Isi Tanah Basah (gr/cm^3)
Ɛ	= Regangan Aksial (%)
ΔL	= Perubahan Contoh Tanah yang Terbaca dari Arloji Ukur (mm)
Lo	= Tinggi Awal Contoh Tanah (mm)
A	= Luas penampang rata-rata (cm^2)
A_o	= Luas penampang awal (cm^2)
σ	= Tegangan Deviastor (kg/cm^2)
P	= Gaya Aksial Pembacaan Cincin Beban X Faktor Kalibrasi (kg)

ABSTRAK

Tanah merupakan salah satu elemen yang berperan penting dalam pembangunan konstruksi, sehingga tanah harus memiliki sifat serta daya dukung yang baik untuk menahan seluruh beban konstruksi yang berada diatasnya. Di lapangan, tidak semua jenis tanah memenuhi kualitas sesuai dengan persyaratan. Penggunaan semen sebagai satbilisator merupakan salah satu cara untuk meningkatkan daya dukung dari tanah tersebut. Salah satu tanah yang kurang baik adalah tanah pasir berlanau yang perlu untuk distablisasi. Tanah pasir berlanau dapat menyebabkan adanya penurunan tanah dan juga keretakan pada sebuah bangunan maupun jalan karena memiliki daya dukung rendah.

Pada penelitian ini menggunakan metode pengujian California Bearing Ratio (CBR) dengan dua keadaan yaitu tidak terendam (*unsoaked*) dan terendam (*soaked*) serta Pengujian Kuat Tekan Bebas untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas (qu), nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam. CBR diperam 1 hari dan direndam 4 hari dan untuk kuat tekan bebas diperam selama 1 dan 7 hari. Sampel dalam pengujian ini menggunakan variasi campuran tambahan semen sebesar 1%, 3% dan 5%.

Hasil penelitian yang didapatkan menurut sistem klasifikasi tanah USCS tergolong kedalam kelompok SM, sedangkan menurut sistem klasifikasi AASHTO diketahui bahwa tanah tergolong kedalam kelompo A-4. Nilai CBR tanah asli unsoaked diperoleh sebesar 21,99% dan soaked sebesar 5,41%. Nilai CBR tertinggi dalam keadaan *unsoaked* yaitu pada campuran semen 5% dengan waktu pemeraman 1 hari sebesar 24,698% dan persentase peningkatan dari tanah asli sebesar 2,71%. Sama halnya dengan *unsoaked*, nilai CBR tertinggi yang diperoleh dalam keadaan *soaked* yaitu pada variasi campuran semen 5% dengan pemeraman 1 hari dan perendaman 4 hari sebesar 8,12% dan persentase peningkatan dari tanah asli soaked sebesar 2,71%. Nilai kuat tekan bebas tanah asli (qu) sebesar 0,190 kg/cm^2, nilai kohesi (c) sebesar 0,027 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar 58°. Nilai kuat tekan bebas (qu) dan nilai kohesi (c) seiring dengan makin banyaknnya kandungan % semen, dengan variasi tertinggi berada pada campuran semen 5% pemeraman 7 hari dengan nilai qu 0,375 kg/cm^2 dan nilai kohesi (c) 0,119 kg/cm^2, sedangkan pada nilai sudut geser dalam dan nilai sudut geser dalam pada campuran semen 5% sebesar 25º. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan semen berpengaruh dalam meningkatkan nilai CBR dan nilai kuat tekan bebas (qu), nilai kohesi (c) serta sudut geser dalam.

Kata Kunci: Tanah Pasir Berlanau, CBR, Kuat Tekan Bebas, Stabilisasi, Semen

ABSTRACT

Soil is one of the elements that plays an important role in construction, so the soil must have good properties and bearing capacity to withstand all construction loads that are above it. In the field, not all types of soil meet the quality requirements. Using cement as a stabilizer is one way to increase the bearing capacity of the soil. One of the soils that is not good is silty sand soil which needs to be stabilized. Silty sandy soil can cause soil subsidence and also cracks in buildings or roads because it has a low bearing capacity.

In this study, the California Bearing Ratio (CBR) test method was used in two conditions, namely unsoaked and soaked, as well as the Unconfined Compressive Strength Test to obtain the unsoaked compressive strength (qu), cohesion value (c) and internal shear angle. CBR was cured for 1 day and soaked for 4 days and for free compressive strength it was cured for 1 and 7 days. The samples in this test used a variety of additional cement mixtures of 1%, 3% and 5%.

The research results obtained according to the USCS soil classification system are classified into the SM group, while according to the AASHTO classification system it is known that the soil is classified into the A-4 group. The CBR value of the original unsoaked soil was obtained at 21.99% and soaked at 5.41%. The highest CBR value in the unsoaked state was a 5% cement mixture with a curing time of 1 day of 24.698% and a percentage increase from the original soil of 2.71%. Similar to unsoaked, the highest CBR value obtained in the soaked condition was the 5% cement mixture variation with 1 day curing and 4 day soaking of 8.12% and the percentage increase from the original soaked soil was 2.71%. The unconfined compressive strength value of the original soil (qu) is 0.190 kg/cm2, the cohesion value (c) is 0.027 kg/cm2 and the internal friction angle is 58°. The value of unconfined compressive strength (qu) and cohesion value (c) are in line with the increasing % cement content, with the highest variation being in the 5% cement mixture curing for 7 days with a qu value of 0.375 kg/cm2 and a cohesion value (c) of 0.119 kg/cm2, while the value of the internal shear angle and the internal shear angle value of the 5% cement mixture is 25º. This shows that the addition of cement has an effect in increasing the CBR value and unconfined compressive strength (qu), cohesion value (c) and internal shear angle.

Keywords: Silty Sand Soil, CBR, Unconfined Compressive Strength, Stabilization, Cement

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perencanaan konstruksi, tanah memegang peranan yang sangat penting karena menjadi pondasi suatu proyek atau merupakan bahan konstruksi proyek itu sendiri seperti tanggul, jalan, dan lain-lain. Kondisi tanah pada setiap lokasi sangat berbeda-beda karena tanah alami merupakan suatu materi yang kompleks dan sangat beragam. Tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat lunak sehingga tidak sesuai untuk suatu pelaksanaan konstruksi maka tanah tersebut sebaiknya diperlukan stabilisasi (Wesley, 1977).

Dalam suatu perencanaan konstruksi bidang bangunan sipil salah satunya bangunan infrastruktur jalan yang terletak di atas permukaan tanah dasar atau timbunan. Daya dukung dasar jalan merupakan salah satu faktor utama yang digunakan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur jalan. Lapisan dasar yang digunakan harus mempunyai daya dukung tanah yang baik karena beban yang bekerja pada pembangunan prasarana jalan adalah beban statis dan beban dinamis (Kezdi, 1979).

Pada umumnya sebagian besar wilayah Indonesia ditutupi oleh lapisan tanah lempung yang cukup besar (plastisitas tinggi), yang volumenya akan berubah (memuai) apabila kadar airnya bertambah (berubah). Massa akan bertambah pada kondisi basah dan berkurang pada kondisi kering, sifat ini menimbulkan kerusakan terutama pada pondasi yang merupakan struktur dasar prasarana jalan. Pondasi ini mempunyai fungsi menyalurkan beban secara langsung ke permukaan tanah. Tanah timbunan dari Kecamatan Sambi yang dipakai pada proyek Tol Solo-Yogya-Nyia Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten STA 3+000 sampai 5+000 ini tidak memenuhi spesifikasi CBR *Soaked* yaitu 6% (Standar Bina Marga).

Pada penelitian ini, untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satu usaha yang dilakukan adalah dengan meningkatan daya dukung tanah melalui perbaikan tanah dengan metode *stabilisasi*. Berdasarkan hal di atas apabila mengalami permasalahan penurunan atau daya dukung yang kurang baik maka perlu dilakukannya *stabilisasi*, *Stabilisasi* tanah bisa dilakukan dengan menambahkan jenis material *chemical* (kimiawi) yang salah satunya adalah dengan menambahkan bahan (*Zat Aditif*) seperti semen (SNI 17332-1989-F). Semen merupakan *stabilizing agents* yang baik, karena kemampuannya mengeras dan mengikat butir-butir agregat yang sangat bermanfaat sebagai usaha untuk mendapatkan massa tanah yang kokoh dan tahan terhadap *deformasi*. Semen juga dapat bereaksi hampir disemua jenis tanah, dari jenis tanah kasar non kohesif sampai tanah yang sangat plastis. Semen juga dapat membantu meningkatkan kekuatan tanah. Pada penelitian ini digunakan semen *portland tipe I* sebagai bahan stabilisasi untuk melihat seberapa besar pengaruh campuran semen terhadap daya dukung tanah pasir berlanau dari Kecamatan Sambi di proyek Tol Solo-Yogya-Nyia Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten STA 3+000 sampai 5+000.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka dapat diketahui rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat fisik tanah dari Kecamatan Sambi?
2. Bagaimana klasifikasi tanah dari Kecamatan Sambi?
3. Bagaimana nilai CBR tanah asli yang telah dipadatkan?
4. Bagaimana nilai kuat tekan bebas tanah asli?
5. Bagaimana nilai CBR tanah yang distabilisasi dengan variasi campuran semen 1%, 3% dan 5%?
6. Bagaimana nilai kuat tekan bebas tanah yang distabilisasi dengan variasi campuran semen 1%, 3% dan 5%?
7. Bagaimana pengaruh variasi penambahan campuran semen terhadap CBR dan kuat tekan bebas?

8. Bagaimana pengaruh paling optimal pemakaian campuran semen untuk meningkatkan daya dukung tanah dari Kecamatan Sambi variasi campuran semen 1%, 3% dan 5%?
9. Bagaimana perbandingan *trackline* antara hasil pengujian CBR dengan paramater pengujian kuat tekan bebas?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut dapat diketahui tujuan penelitian berdasarkan permasalahan di atas.

1. Mengetahui sifat fisik jenis tanah dari Kecamatan Sambi,
2. Mengetahui klasifikasi jenis tanah berdasarkan sifat fisik tanah asli,
3. Mengetahui nilai CBR tanah asli dari tanah Kecamatan Sambi,
4. Mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah asli,
5. Mengetahui CBR tanah yang distabilisasi,
6. Mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah yang distabilisasi,
7. Mengetahui pengaruh variasi semen terhadap CBR dan kuat tekan bebas,
8. Mengetahui pengaruh optimal penambahan semen terhadap tanah timbunan dari Kecamatan Sambi pada variasi 1%, 3% dan 5%,
9. Mengetahui *trackline* hasil perbandingan antara pengujian CBR dan kuat tekan Bebas.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian digunakan untuk mempermudah penulis dalam menentukan ruang lingkup masalah yang akan dilakukan dalam penelitian. Batasan penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di STA 3+000 sampai 5+000 Proyek Tol Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten.
2. Penelitian ini menggunakan bahan tambah (*additive*) *Portland Composite Cement* (PCC) Tipe 1.
3. Material Tanah Timbunan yang digunakan dari Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah.

4. Penelitian dilakukan dengan pengujian Analisa Saringan, *Atterberg Limit*, Berat Jenis Tanah, *Modified Proctor*, CBR *Unsoaked* dan *Soaked* dan Tekan Bebas.
5. Pengujian dilakukan pada variasi penambahan semen 1%, 3% dan 5%, serta dilakukan pemeraman sampel selama 1 hari dan perendaman selama 4 hari untuk pengujian CBR serta 1 dan 7 hari pemeraman untuk pengujian kuat tekan bebas.
6. Tidak Membahas Mengenai Masalah Analisa Biaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dibuat ini adalah sebegai berikut:

1. Untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat sarjana strata satu teknik sipil.
2. Memperbaiki struktur tanah dasar yang kurang baik menjadi lebih baik, yaitu salah satunya stabilisasi tanah lempung lunak menggunakan semen.
3. Mengetahui perbaikan terhadap tanah dasar yang telah ditinjau dari segi mutu dan teknik pelaksanaannya.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian penulis dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Laboraturium *Quality Control* PT. Adhi Karya Proyek Tol Solo-Yogya-Nyia Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten dan Laboraturium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia di Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bab I – Pendahuluan

   Bab ini berisi mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

2. Bab II – Tinjauan Pustaka

   Bab ini berisi mengenai penelitian – penelitian yang dilakukan sebelumnya dan perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan.

3. Bab III – Landasan Teori

   Bab ini berisi mengenai teori – teori yang digunakan sebaga pendukung penelitian.

4. Bab IV – Metodologi Penelitian

   Bab ini berisi mengenai lokasi penelitian, observasi data, alat yang digunakan, serta metode dan tahapan yang dilakukan selama penelitian.

5. Bab V – Analisa dan Pembahasan

   Bab ini berisi mengenai hasil yang didapat selama penelitian.

6. Bab VI – Kesimpulan dan Saran

   Bab ini berisi mengani kesimpulan dan pembahasan dari hasil analisa data dan juga saran – saran mengenai hasil penelitian

7. Lampiran

   Lampiran berisi mengenai data – data yang diggunakan selama penelitian dan juga gambar penunjang dalam penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Stabilisasi tanah adalah suatu metode alternatif untuk memperbaiki sifat tanah saat yang ada dengan meningkatkan daya dukungnya melalui prinsip partikel tanah menjadi lebih padat dan menyatu. Sifat asli tanah yang diubah dari pada tanah disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi, merupakan tindakan yang dapat dikategorikan sebagai upaya stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah secara umum orang mengartikan adalah upaya mencampurkan tanah dengan bahan tertentu untuk memperbaiki sifat teknis tanah, atau dapat juga dipahami secara umum bahwa stabilisasi tanah adalah suatu usaha untuk mengatur atau memperbaiki sifat teknis tanah agar memenuhi persyaratan teknis tertentu. Di banyak kasus negara lain, stabilisasi tanah dengan bahan additive telah banyak digunakan dan berhasil. Salah satu metode pengembangan menggunakan bahan tambahan pada tanah yang bermasalah geoteknik untuk menstabilkan tanah tersebut.

Proses stabilisasi tanah mekanik dan kimiawi adalah dua kategori proses stabilisasi. Dengan mengubah gradasi tanah, stabilisasi tanah mekanik meningkatkan daya dukung tanah untuk mencapai hasil terbaik, usaha ini biasanya dilakukan dengan sistem pemadatan serta biasanya dilakukan pada tanah yang berbutir halus. Diperlukan bantuan alat atau mesin pemadat untuk mencapai hasil yang maksimal. Untuk stabilisasi tanah kimiawi, bahan tambah dicampur dengan tanah. Bahan tambah yang digunakan untuk stabilisasi tanah kimiawi dapat berupa bahan tambah kimia seperti aspal atau bitumen, kapur, garam dapur, semen, dan bahan kimia lainnya, atau bahan tambah organik lainnya.

2.2 Stabilisasi Tanah menggunakan Semen

Asmat (2009) mencoba menganalisis besarnya kuat tekan bebas dan nilai CBR laboratorium tanah asli yang dicampur semen yang dilakukan dengan pengujian *unconfined compression test* dan *california bearing ratio* laboratorium pada sampel Proyek Jalan Outer Ring Road (Studi Kasus Pada STA 0+400 dan STA 25+650). Nilai dari pengujian analisis saringan dan batas konsistensi didapat jenis tanah menurut AASTHO dan *Unified*. Sampel tanah I merupakan jenis tanah yang bercampur pasir lanau sedangkan jenis tanah sampel II adalah kerikil berpasir yang berlempung yang berwarna coklat muda. Berdasarkan jenis tanah didapat variasi kadar semen, yaitu 10%, 12% dan 14% dengan masa peram 2, 7, dan 14 hari. Kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum yang digunakan pada percobaan pemadatan diatas, didapatkan uji kuat tekan bebas sampel I dengan masa pemeraman 2, 7, 14 hari yaitu kadar semen 10% sebesar 3.13 Kg/cm², 6.59 Kg/cm², 7.60 Kg/cm², kadar semen 12% sebesar 3.30 Kg/cm², 6.79 Kg/cm², 8.40 Kg/cm², dan kadar semen 14% sebesar 3.51 Kg/cm², 7.78 Kg/cm², 9.60 Kg/cm², untuk sampel II dengan kadar semen 10% sebesar 8.99 Kg/cm², 11.95 Kg/cm², 14.60 Kg/cm², kadar semen 12% sebesar 17.90 Kg/cm², 19.90 Kg/cm², 19.92 Kg/cm², dan kadar semen 14% sebesar 20.30 Kg/cm², 21.88 Kg/cm², 23.30 Kg/cm². Nilai CBR laboratorium yang didapat semakin banyak penambahan semen maka semakin meningkat nilai kekuatan yang didapat, meningkatnya nilai CBR dan kuat tekan bebas disebabkan semakin rapatnya tanah karena diikatnya butiran-butiran tanah oleh semen sehingga tanah semakin padat dan keras dan juga penambahan semen ini dapat mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Roni & Muhardi (2016) melakukan penelitian mengenai Stabilitas Tanah Plastisitas Tinggi dengan Semen. Dari hasil pengujian semakin bertambahnya persentase kadar semen OPC ataupun PCC dalam campuran tanah uji, maka nilai kadar air optimum (OMC) akan semakin menurun dan nilai berat volume kering maksimum (γdry maks) meningkat seiring bertambahnya kadar semen namun menurun dibandingkan nilai kadar air optimum (OMC) dengan tanah uji tampa semen. Nilai CBR hasil pemeraman 28 hari, terlihat bahwa nilai CBR semakin

meningkat seiring bertambahnya kadar semen OPC ataupun PCC, dimana nilai maksimum CBR pada campuran semen OPC berada pada kadar semen 10% sebesar 139,7%, sedangkan pada campuran semen PCC nilai maksimum CBR berada pada kadar semen 10% sebesar 116,43%. Nilai CBR tanah uji yang dicampur dengan semen OPC lebih bagus daripada nilai CBR tanah uji yang dicampur dengan semen PCC. Nilai UCS hasil pemeraman 28 hari, terlihat bahwa nilai UCS tanah meningkat seiring bertambahnya kadar semen OPC ataupun PCC, dimana pada penambahan semen OPC tanah uji mengalami peningkatan nilai UCS maksimum pada kadar semen 10% sebesar 1,44 MPa, sedangkan pada penambahan semen PCC tanah uji mengalami peningkatan nilai UCS maksimum pada kadar semen 10% sebesar 2,43 MPa. Dari nilai UCS tersebut terlihat bahwa nilai UCS campuran semen PCC lebih baik dari nilai UCS campuran semen OPC. Dari hasil pengujian CBR dan UCS terhadap varian semen OPC atau PCC dapat disimpulkan bahwa semen PCC lebih efektif digunakan sebagai pelapis struktur jalan karena memenuhi persyaratan kekuatan, lebih mudah dicapai dan lebih mudah digunakan. lebih murah.

Rios (2021) telah melakukan penelitian Analisis Pengaruh Pencampuran Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dengan tambahan Semen Portland sebesar 0%, 2%, 6% dan 10%. Dari hasil penenlitian dan analisa yang dilakukan Rios maka dapat diambil kesimpulan Nilai CBR untuk tanah gambut sebelum pencampuran semen (tanah asli) sebesar 11,75% dengan penambahan semen kenaikan rata-rata nilai CBR mencapai 2% dan Kenaikan nilai CBR unsoaked tertinggi terjadi pada penambahan variasi campuran 2% semen dengan nilai 16,14%.

2.3 Stabilisasi Tanah menggunakan *Fly Ash*

Chowdury, dkk. (2016) menyelidiki bagaimana bahan penstabil seperti semen dan fly ash mempengaruhi kekuatan tekan bebas tanah organik. Pengaruh kandungan stabilisasi pada perolehan kekuatan diteliti melalui tiga presentase stabilisator yang berbeda. Untuk mengetahui pengaruh waktu pemeraman, spesimen dikeringkan selama tiga periode waktu yang berbeda. Stabilisasi semen

dapat meningkatkan kuat tekan bebas tanah organic secara signifikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilisasi semen dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan daya dukung beban tanah organik. Penambahan 5% semen menyebabkan peningkatan kekuatan dengan faktor mendekati 19 dibandingkan dengan nilai tidak stabil (dari 29 kPa menjadi 542 kPa) setelah perawatan selama 28 hari. Stabilizer yang lebih kuat, seperti semen, dapat digunakan bersamaan dengan fly ash.

Hangge (2021) menyelidiki cara menggunakan fly ash untuk stabilisasi tanah dasar lempung ekspansif. Untuk mengukur perubahan sifat fisik dan mekanis tanah serta daya dukung tanah yang distabilisasi dengan kapur dan kapur, campuran kapur 5% (tetap) dan fly ash 10%, 15%, 20%, dan 25% digunakan. Tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan kapur dan fly ash diuji untuk mengetahui kuat dukung maksimum yang dihasilkan melalui pengujian CBR (California Bearing Rati). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai berat jenis tanah, batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, kadar air ideal, dan potensi pengembangan tanah semuanya turun ketika persentase fly ash meningkat. Nilai batas susut, berat volume kering tanah padat, dan nilai CBR meningkat seiring dengan peningkatan persentase fly ash. Nilai pengembangan tanah turun 69,34%, dan nilai CBR (terendam) meningkat 620,56% pada variasi campuran kapur 5% dan fly ash 25% dengan pemeraman selama 7 hari. Pengujian CBR tak terendam dengan pemeraman menghasilkan nilai CBR tertinggi sebesar 8,44% pada variasi campuran kapur 5%.

Ayyasy (2023) telah melakukan penelitian Pengaruh Penambahan Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Fly Ash Pada Tanah Berbutir Halus terhadap Parameter Kuat Tekan Bebas dengan variasi penabahan Asam Fosfat sebesar 2%, 4% dan 6% serta Fly Ash sebesar 8% dan 12%. Berdasarkan Pengujian tanah tersebut termasuk kedalam kelompok A-7-5 dengan jenis tanah berlempung dan sifat tanah dasar sedang sampai buruk. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) pada variasi campuran bahan tambah fly ash dan asam fosfat peningkatan tertinggi dengan bahan tambah 12% fly ash dan 6% asam fosfat (H3PO4) lama pemeraman 7 hari yaitu nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar

7,324 kg/cm² nilai kohesi (c) sebesar 1,517 kg/cm2 dan sudut geser dalam (φ) sebesar 45.

2.4 Perbandingan Penelitian dengan Peneliti Lain

Adapun perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti yang lain

Nama	Asmat (2009)	Roni & Muhardi (2016)	Chowdury, dkk. (2016)	Rios (2021)	Hangge (2021)	Ayyasy (2023)
Judul Penelitian	Studi Analisis Stabilisasi Tanah Dengan Semen (*Soil Cement*) Pada Proyek Jalan *Outer Ring Road* (Studi Kasus Pada Sta 0+400 dan Sta 25+650)	Stabilitas Tanah Plastisitas Tinggi dengan Semen	*Stabilization of Organic Soil from Bangladesh with Cement and Fly Ash*	Analisis Pengaruh Pencampuran Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)	Pemanfaatan Fly Ash untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif	Pengaruh Penambahan Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Fly Ash Pada Tanah Berbutir Halus Terhadap Parameter Kuat Tekan Bebas

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti yang lain

Nama	Asmat (2009)	Roni & Muhardi (2016)	Chowdury, dkk. (2016)	Rios (2021)	Hangge (2021)	Ayyasy (2023)
Bahan Tambahan	Semen PCC sebesar 10%, 12% dan 14%, dengan pemeraman 2, 7 dan 14 hari.	1. Semen PCC sebesar 6%, 8% dan 10%. 2. Semen OPC sebesar 6%, 8% dan 10%.	1. Semen sebesar 1,5%, 3% dan 5%. 2. Fly Ash sebesar 5%, 10% dan 20%.	Semen Portland sebesar 0%, 2%, 6% dan 10%.	1. Kapur sebesar 5%. 2. Fly Ash sebesar 10%, 15%, 20% dan 25%.	1. Asam Fosfat sebesar 2%, 4% dan 6%. 2. Fly Ash sebesar 8% dan 12%.
Metode Pengujian	Pengujian DCP, Analisa Saringan, Berat Jenis, Batas- Batas Konsistensi, Kepadatan (*Proctor Standart*), Tekan Bebas dan CBR (*California Bearing Ratio*).	Pengujiaan Berat Jenis, Kadar Air, Analisa Butiran, Konistensi Tanah, Uji Proktor, UCS dan CBR dengan pemeraman 28 hari.	Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) dengan pemeraman selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari.	Pengujian Kadar Air, Specific Gravity, Batas Atterberg, Analisa Ukuran Butiran, Pemadatan (*Proctor Standart*) dan CBR (*California Bearing Ratio*)	Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)	Pengujian Kadar air, Berat Volume Tanah, Berat Jenis, Analisa Saringan, *Proctor standart* dan Kuat Tekan Bebas dengan Pemeraman 1 dan 7 hari.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti yang lain

Nama	Asmat (2009)	Roni & Muhardi (2016)	Chowdury, dkk. (2016)	Rios (2021)	Hangge (2021)	Ayyasy (2023)
Hasil Penelitian	Dari hasil pengujian kuat tekan bebas didapatkan hasil berupa peningkatan nilai kekuatan tekan terhadap benda uji tersebut, itu karena persentase penambahan kadar semen semakin tinggi.	Penelitian menunjukan bertambahnya persentase kadar semen OPC/PCC dalam campuran tanah uji nilai OMC semakin menurun dan nilai berat volume kering maksimum (γdry maks) meningkat seiring bertambahnya kadar semen.	Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat tekan bebas organik dapat ditingkatkan signifikan dengan stabilisasi semen 5% yang menyebabkan kekuatan meningkat dengan nilai tidak stabil setelah perawatan 28 hari.	Meningkatnya nilai CBR dan kuat tekan bebas disebabkan semakin rapatnya tanah karena diikatnya butiran-butiran tanah oleh semen sehingga tanah semakin padat dan keras.	Berdasarkan hasil penelitian tanah mengalami penurunan seiring penambahan persentase fly ash.	Berdasarkan Pengujian tanah tersebut termasuk kedalam kelompok A-7-5 dengan jenis tanah berlempung dan sifat tanah dasar sedang sampai buruk. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (unconfined compression test) pada variasi campuran bahan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti dengan Peneliti yang lain

Nama	Asmat (2009)	Roni & Muhardi (2016)	Chowdury, dkk. (2016)	Rios (2021)	Hangge (2021)	Ayyasy (2023)
Hasil Penelitian	Meningkatnya nilai CBR disebabkan semakin rapatnya tanah karena diikatnya butiran tanah oleh semen sehingga tanah semakin padat dan keras, dan penambahan semen ini dapat mengisi ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.	Dari hasil pengujian CBR dan UCS terhadap varian semen OPC atau PCC dapat disimpulkan bahwa semen PCC lebih efektif digunakan sebagai pelapis struktur jalan karena memenuhi persyaratan kekuatan, lebih mudah dicapai dan lebih mudah digunakan. murah.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilisasi semen dapat digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah organik. Fly ash dapat digunakan dengan bahan stabilisator yang lebih kuat seperti semen.	Nilai CBR pencampuran semen 11,75% penambahan semen kenaikan rata-rata nilai CBR mencapai 2%. Kenaikan nilai CBR unsoaked tertinggi terjadi pada penambahan variasi campuran 2% semen dengan nilai 16,14%	Nilai CBR paling tinggi dihasilkan pada pengujian CBR tak terendam pemeraman menghasilkan nilai CBR sebesar 8,44% pada variasi campuran kapur 5% dan fly ash 25% (variasi IV).	tambah fly ash dan asam fosfat peningkatan tertinggi dengan bahan tambah 12% fly ash dan 6% asam fosfat (H3PO4) lama pemeraman 7 hari yaitu nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 7,324 kg/cm^2 nilai kohesi (c) sebesar 1,517 kg/cm2 dan sudut geser dalam (φ) sebesar 45.

Sumber: Asmat (2009), Roni & Muhardi (2016), Chowdury, dkk. (2016), Rioa (2021), Hangge (2021), Ayyasy (2023)

2.5 Persamaan dan Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Adapun persamaan dan perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu sebagai berikut.

1. Persamaan Penelitian Pada penelitian ini penulis memiliki persamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Asmat. (2009), Roni & Muhardi. (2016) dan Rios. (2021), dimana penelitian menggunakan bahan stabilisasi berupa semen serta penelitian yang dilakukan oleh Hangge, dkk. (2021), Chowdury, dkk. (2016) dan Ayyasy. (2023), yang mana penelitian menggunakan bahan stabilisasi berupa fly ash. Metode pengujian ini juga memiliki persamaan dengan Chowdury, dkk. (2016), Wiqoyah, dkk. (2018) dan Indera, dkk. (2016), yaitu pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) pada tanah butir halus.
2. Perbedaan Penelitian Perbedaan dengan penelitian terdahulu yaitu sampel tanah yang digunakan yaitu berasal dari Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Selain itu, kadar penambahan bahan stabilisasi tanah yang digunakan berbeda dengan penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini penulis menggunakan bahan tambah berupa semen dengan variasi presentase 1%, 3% dan 5% dengan lama waktu pemeraman 1 hari. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian terhadap parameter CBR dan kuat tekan bebas pada tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi menggunakan semen.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah merupakan salah satu elemen yang berperan penting dalam pembangunan konstruksi, sehingga tanah harus memiliki sifat serta daya dukung yang baik untuk menahan seluruh beban konstruksi yang berada diatasnya.

3.1.1 Definisi Tanah

Tanah tersusun dari campuran partikel-partikel mineral dengan kandungan organik yang merupakan hasil pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Pada dasarnya tanah selalu memegang peranan yang sangat penting dalam proyek konstruksi. Konstruksi yang dilaksanakan di atas tanah akan ditopang oleh tanah, dan untuk terciptanya suatu konstruksi yang baik diperlukan tanah yang baik atau diuji secara terkendali. Penyelidikan kondisi bawah tanah juga sangat penting untuk mengetahui karakteristik bawah tanah tersebut, dari hal tersebut akan didapat informasi untuk menentukan jenis perbaikan yang dapat kita lakukan guna untuk menstabilisasi tanah tersebut (Hardiyatmo, 2010).

Pembentukan tanah dari batuan sumber dapat melalui proses fisika maupun kimia. Proses fisik pembentukan tanah, mengubah batuan menjadi partikel yang lebih kecil, terjadi karena pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau rusaknya partikel tanah akibat perubahan suhu atau kondisi cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk yang lainnya. Pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi akibat pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama mengandung asam atau akali) dan proses-proses tersebut disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya disebut tanah terangkut (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2012).

Pasir, Lempung, Lanau atau Lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan, istilah yang sama juga akan digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Lempung

adalah salah satu jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis (Hardiyatmo, 2010).

3.1.2 Klasifikasi Tanah

Pada umumnya sifat–sifat tanah dan masalah teknis pada berbagai tempat berbeda–beda, klasifikasi tanah digunakan untuk memberikan keterangan mengenai sifat–sifat teknis dari bahan–bahan itu dengan cara yang sama seperti halnya pernyataan secara geologis yang dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai asal geologis dari bahan–bahan itu sendiri (Wesley, 1977).

Klasifikasi tanah berguna dalam perancangan dengan memberikan panduan melalui metode empiris yang tersedia yang dihasilkan dari pengalaman masa lalu, namun perancangan harus diterapkan dengan hati-hati karena berhubungan dengan masalah stabilitas penentuan, pemadatan dan aliran air berdasarkan klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang berarti (Lambe, 1979).

Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian sederhana yang memperoleh karakteristik tanahnya, kemudian digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasinya yang didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (uji sedimentasi) dan *plastisitas* (Wesley, 1977).

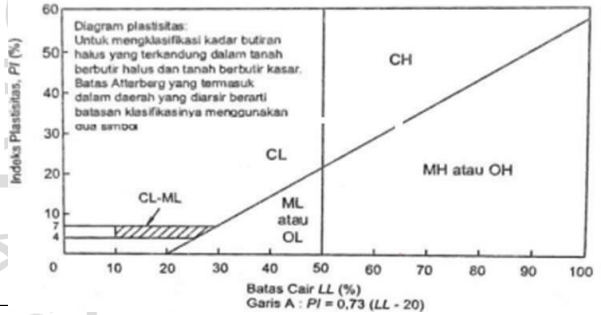
Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System* dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas.

1) Sistem Klasifikasi Tanah *USCS*

   Sistem klasifikasi *USCS* mula pertama diusulkan oleh Casagrande pada tahun 1942, kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Sistem ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik, pada sistem *USCS* ini tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200, selanjutnya tanah diklasifikasi

dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi USCS

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria laboratorium	
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no.200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan 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	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} x D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no.4 (4,75 mm)	Pasir bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} x D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran	Tidak memenuhi kriteria untuk SW	
		Pasir banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	
Tanah berbutir halus 50% atau kebih lolos saringan no.200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair < 50% atau kurang		ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung		
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (“*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 diatomae, 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			Pt	Gambut (“peat”) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no.200 : GW, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC 5%-12% lolos saringan no.200 Batasan klasifikasi yang memenuhi simbol dobel

(Sumber: Hardiyatmo,2010)

Simbol-simbol yang digunakan pada klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut ini.

G = Kerikil (*gravel*)
S = Pasir (*sand*)
C = Lempung (*clay*)
M = Lanau (*silt*)
O = Lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)
Pt = Tanah gambut 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*)

2) Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem klasifikasi AASHTO terbagi kedalam 8 kelompok A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam setiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus Persamaan 3.1 berikut ini.

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

dengan,

GI = Indeks kelompok (*group index*)
F = Persen butiran lolos saringan no.200 (0,075 mm)
LL = Batas cair
PI = Indeks plastisitas

Rincian sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.1 dengan catatan sebagai berikut.

1. Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)
2. Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5,
3. Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6,
4. NP = nonplastis

Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

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

(Sumber: Hardiyatmo,2010)

3.2 Stabilisasi Tanah

Dalam konstruksi teknik sipil khususnya infrastruktur jalan, sering kali masyarakat mengamati lapisan tanah yang daya dukungnya rendah (resistansi rendah), sehingga mempengaruhi tahapan Desain konstruksi berbeda-beda, baik pada tingkat perencanaan (desain) maupun pelaksanaan. (eksekusi) serta tahapan operasi dan pemeliharaan (*Operational and Maintenance*) (Darwis, 2017).

Stabilisasi tanah merupakan salah satu cara yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung lapisan tanah dengan cara memberikan perlakuan khusus pada lapisan tanah tersebut. Dengan demikian dapat diketahui bahwa tujuan stabilisasi tanah adalah untuk memperbaiki (meningkatkan) daya dukung tanah.

Stabilisasi yang diuraikan diatas, sangat jarang dapat dilakukan secara bersamaan akan tetapi harus selalu diupayakan agar tercapai perbaikan parameter

yang diinginkan dengan tanpa mengakibatkan pengrusakan parameter yang lainnya. Stabilisasi dengan semen (*cement stabilization*) merupakan salah satu cara untuk dapat meningkatkan daya dukung lapisan tanah (Darwis, 2017).

Penyesuaian sifat awal tanah dengan kebutuhan konstruksi merupakan tindakan yang dapat dipertimbangkan dalam upaya stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah secara umum dapat dipahami sebagai pencampuran tanah dengan bahan-bahan tertentu untuk memperbaiki sifat-sifat teknik tanah atau dapat juga dipahami sebagai upaya untuk memodifikasi atau memperbaiki sifat-sifat teknik tanah, spesifikasi tanah untuk memenuhi persyaratan teknis tertentu.

3.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen Portland Tipe I

Kezdi (1979) menerangkan bahwa dengan Penambahan semen pada tanah lempung atau berpasir akan meningkatkan kepadatan maksimum tanah sekitar 10%, namun jika diterapkan pada tanah lanau kepadatan sebenarnya akan berkurang. Semen menurunkan indeks plastisitas tanah kohesif dengan cara menaikkan batas plastis dan menurunkan batas cair.

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Semen portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan.

Tahapan proses kimia pada stabilisasi tanah menggunakan semen adalah sebagai berikut ini.

a. reaksi penyerapan air dan pertukaran ion, ketika semen Portland ditambahkan ke dalam tanah, ion kalsium Ca+ dilepaskan melalui hidrolisis dan proses pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel tanah liat. Partikel tanah liat menggumpal, memberikan konsistensi tanah yang lebih baik.
b. reaksi pembentukan kalsium silikat dan kalsium aluminat;

   Contoh-contoh umum hidrasi adalah sebagai berikut:

   2(3CaO.SiO2) + 6H2O 3CaO.2SiO2 3H2O + 3Ca (OH)2

   2(2CaO.SiO2) + 4H2O 3CaO.2SiO2 3H2O + Ca (OH)2

Dari reaksi-reaksi kimia tersebut di atas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan ialah hidrasi dari A-lit (3CaO.SiO2) dan B-lit (2CaO.SiO2), sehingga membentuk kalsium silikat dan kalsium aluminat yang mengakibatkan kekuatan tanah meningkat.

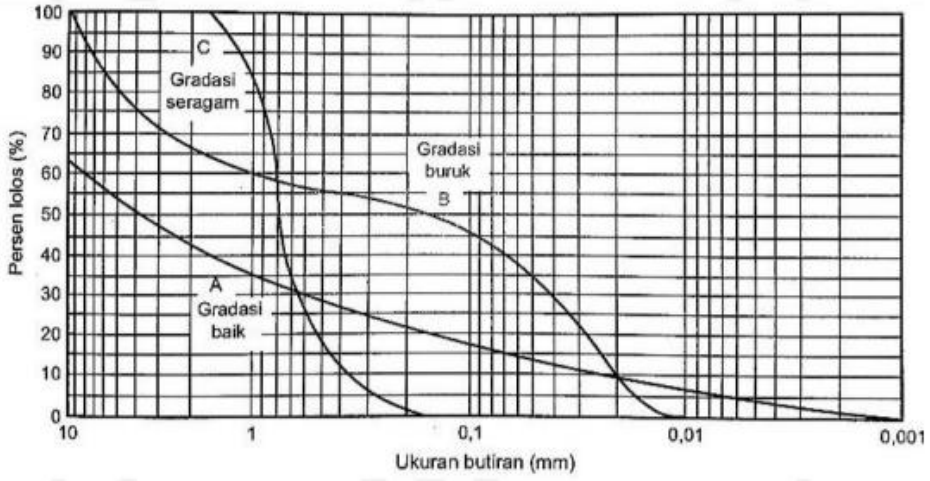
c. reaksi pozzolan antara silika (SiO2) dan alumina halus (AL2O3) terdapat pada tanah liat yang mengandung mineral reaktif yang dapat bereaksi dengan kapur dan air. Hasil reaksinya membentuk kalsium silikat terhidrasi seperti: tobermorit, kalsium aluminat terhidrasi 4CaO.Al2O3.12H2O dan gehlenit terhidrasi 2CaO.Al2O3.SiO2.6H2O yang tidak larut dalam air. Pembentukan senyawa-senyawa ini berlangsung lambat dan membuat tanah menjadi lebih keras, padat, dan stabil.

Semen yang digunakan untuk bahan stabilisasi adalah semen *Portland* tipe I yang sesuai dengan SNI 15-2049-2004. Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Kegunaan Semen *Portland* Type I diantaranya konstruksi bangunan untuk rumah permukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya. Karakteristik Semen *Portland* Type I ini cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah. Semen ini berfungsi sebagai bahan pengikat antar butiran tanah dan juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butir-butir tanah.

3.4 Pengujian Analisa Saringan (*sieve analysis*)

Analisis ukuran butiran adalah cara menentukan persentase berat butiran suatu tanah pada satu unit saringan yang memiliki diameter lubang berbeda-beda. Umumnya, analisis ukuran butiran dapat dilakukan dengan dua metode pengujian, yaitu uji saringan (*seive analysis*) dan uji hidrometer (*hydrometer analysis*). Tanah dengan ukuran butiran yang tergolong kedalam butiran kasar yaitu lebih besar dari 0,075 mm atau tertahan saringan no.200 dapat ditentukan dengan cara penyaringan. Sedangkan tanah dengan ukuran butiran yang tergolong kedalam butiran halus yaitu lebih kecil dari 0,075 mm atau lolos saringan no.200 dapat

ditentukan dengan cara sedimentasi pada uji hidrometer. Metode pengujian ini berdasarkan hukum Stokes mengenai kecepatan pengendapan butiran dalam larutan suspensi. Untuk tanah campuran butiran halus dan kasar dapat menggunakan gabungan kedua metode. Uji saringan dan uji hidrometer berpedoman pada standar pengujian ASTM D 421-72 (seive and hydrometer analysis). Kurva analisis distribusi ukuran butiran dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Analisis Distribusi Ukuran Butiran
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

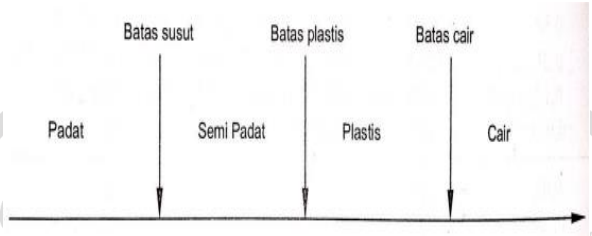
3.5 Pengujian *Atterberg Limit*

Batas-batas konsistensi (Batas *Atterberg*) terdiri atas batas cair, batas plastis dan batas susut. Tata cara pengujiannya harus mengacu pada:

a. SNI 1967:2008 untuk batas cair,
b. SNI 1966:2008 untuk batas plastis dan indeks plastisitas tanah,
c. SNI 3422:2008 untuk batas susut.

Batas-batas konsistensi digunakan untuk mengkarakterisasi perilaku tanah lempung dan lanau ketika kadar air berubah. Pada tanah lempung (partikel halus), plastisitas merupakan ciri khasnya. Plastisitas ini disebabkan adanya partikel mineral lempung di dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah untuk beradaptasi terhadap perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak atau hancur *Atterberg* (1991), memberikan cara untuk

menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*). Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan dalam Gambar 3.2 berikut.

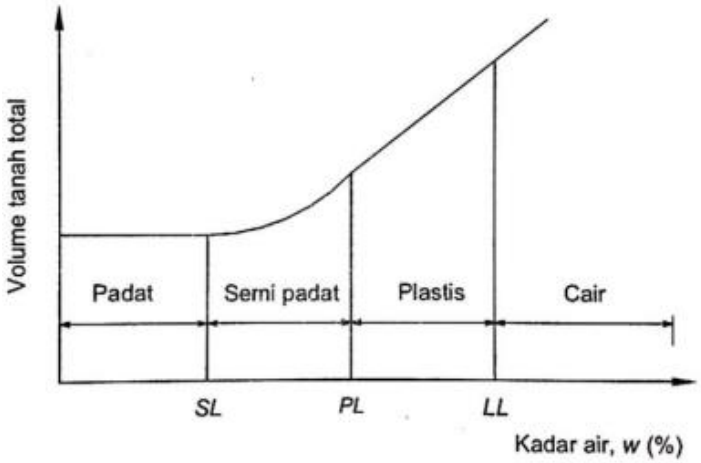


Gambar 3. 2 Batas Konsistensi *Atterberg*

(Sumber : Wesley, 1977)

Kandungan air tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Posisi fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensinya tergantung pada gaya tarik menarik antar partikel mineral lempung. Setiap penurunan kadar air mengakibatkan penurunan ketebalan lapisan kation sehingga meningkatkan daya tarik partikel tanah. Jika tanah dalam keadaan plastis, besarnya sistem gaya antar partikel akan sedemikian rupa sehingga partikel dapat meluncur bebas diantara partikel-partikel tersebut dan kohesi akan tetap terjaga. Berkurangnya kadar air menyebabkan berkurangnya volume tanah (Hardiyatmo, 2012).

Adapun keterkaitan antara kadar air dengan volume total tanah pada batas cair, batas plastis, dan batas susut. Hubungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.

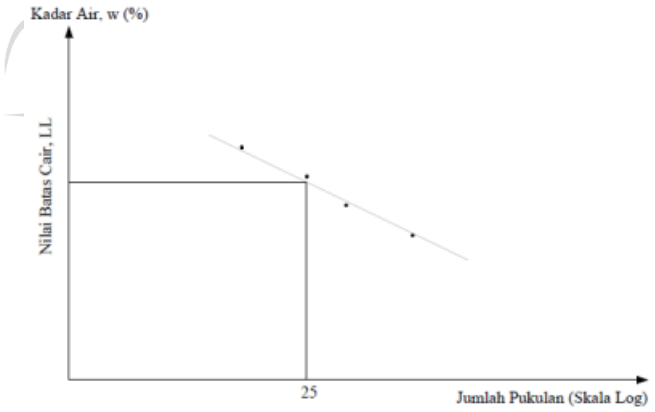


Gambar 3. 3 Batas Konsistensi *Atterberg*

(Sumber : Wesley, 1977)

3.5.1 Batas Cair (*Liquid Limit,* LL)

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair dapat ditentukan dengan manggunakan pengujian Cassagrande pada saat 25 kali pukulan dan kadar air telah memenuhi persentase yang dibutuhkan untuk menutup celah 12,7 mm di dasar cawan. Kemudian, hubungan kadar air dan jumlah pukulan yang dipadatkan dari hasil pengujian menggunakan alat *Casagrande* digambarkan dalam grafik semi logaritmik. Gambar 3.4 berikut menunjukkan nilai batas cair tanah lempung.



Gambar 3. 4 Kurva pada Penentuan Batas Cair Tanah Lempung

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

3.5.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*, PL)

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu persentase kadar air dimana tanah yang berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm dalam keadaan mulai retak ketika digulung.

3.5.3 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas adalah interval kadar air saat tanah masih bersifat plastis. Indeks plastisitas menunjukkan tingkat keplastisan suatu tanah. Jika tanah memiliki PI tinggi atau lebih besar dari 17, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Sedangkan tanah yang memiliki PI rendah atau kurang dari 17, maka pengurangan kadar air sangat berpengaruh dan membuat tanah menjadi kering. Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.2 berikut.

$$PI = LL - PL \tag{3.2}$$

Keterangan:

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh *Atterberg* terdapat dalam Tabel 3.3 dan peralatan pengujian *Atterberg* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini:

Tabel 3. 3 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Nonkohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber: Hardiyatmo, 2012)



Gambar 3. 5 Peralatan Pengujian *Atterberg*

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

3.6 Pengujian Berat Jenis Tanah

Berat jenis (Gs) adalah perbandingan antara berat volume tanah (γs) dengan berat volume air (γw) pada temperature tertentu, biasanya pada suhu 20°C. Perhitungan berat jenis dapat dilihat pada Persamaan 3.3 berikut.

$$G_s = \frac{\gamma s}{\gamma w} \tag{3.3}$$

dengan,

Gs = Berat jenis

γs = Berat volume tanah (gr/cm^3)

γw = Berat volume air (gr/cm^3)

Berat jenis tanah berbeda-beda, untuk tanah yang tidak berkohesi atau tanah granuler biasanya menggunakan Gs sebesar 2,67. Sedangkan tanah kohesif yang tidak mengandung bahan organik biasanya menggunakan Gs antara 2,68 hingga 2,72. Berat jenis tanah (Gs) berdasarkan jenis-jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Berat Jenis Tanah (*specific grafity*)

Jenis Tanah	Gs
Kerikil	2.65 - 2.68
Pasir	2.65 - 2.68
Lanau, anorganik	2.62 - 2.68
Lempung, organik	1.58 - 2.65
Lempung, anorganik	2.68 - 2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25 – 1.80

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

3.7 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor*)

Pengujian pemadatan (*Proctor*) merupakan usaha untuk mepertinggi kerapatan tanah dengan mencari nilai kadar air optimum air dan juga berat kering optimumnya. Pemadatan tanah atau *compaction* ini merupakan proses pemadatan tanah dengan mengurangi rongga udara menggunakan peralatan mekanis.

Tingkat kepadatan suatu tanah diukur dari berat volume kering tanah. Berat volume kering tanah akan tetap walaupun mengalami perubahan pada kadar air yang dikandungnya. Berat volume kering dapat diubah dengan proses dinamis yang disebut pemadatan. Butir-butir tanah akan merapat karena adanya beban dinamis sehingga rongga-rongga didalam tanah akan berkurang. Berkurangnya volume udara pada rongga tanah akibat pemadatan dinamis ini diikuti dengan pertambahan berat volume kering tanah dan volume air yang tidak berubah. Bila air ditambahkan saat proses pemadatan, maka air akan melunakkan dan merapatkan partikel-partikel tanah tersebut. Apabila kadar air yang ditambah secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat partikel tanah padat per satuan volume akan ikut bertambah. Pada keadaan kadar air tinggi (optimum), maka kenaikan kadar air akan mengurangi berat volume kering tanah. Hal ini disebabkan oleh rongga pori yang diisi oleh butiran padat tergantikan oleh air.

Keterkaitan antara kadar air dan berat volume dapat ditentukan dengan Persamaan 3.5 berikut.

$$\gamma_d = \frac{\gamma b}{1 + w} \tag{3.5}$$

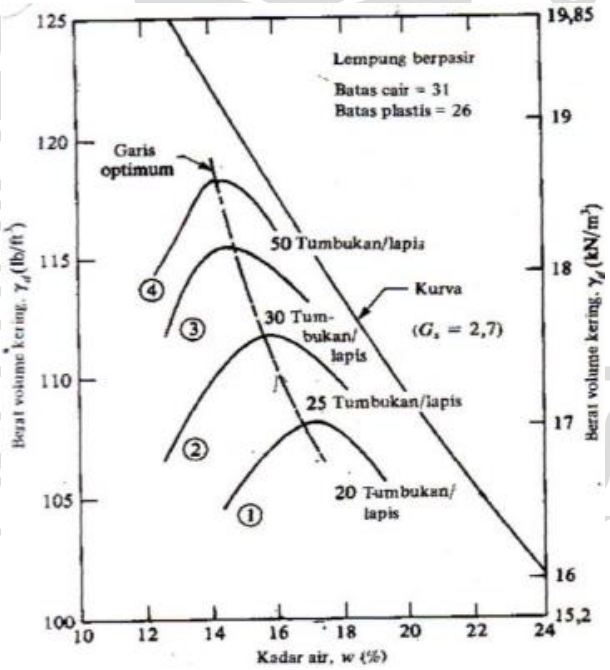
dengan,

γd = berat volume kering (gr/cm^3)

γb = berat volume basah (gr/cm^3)

w = kadar air (%)

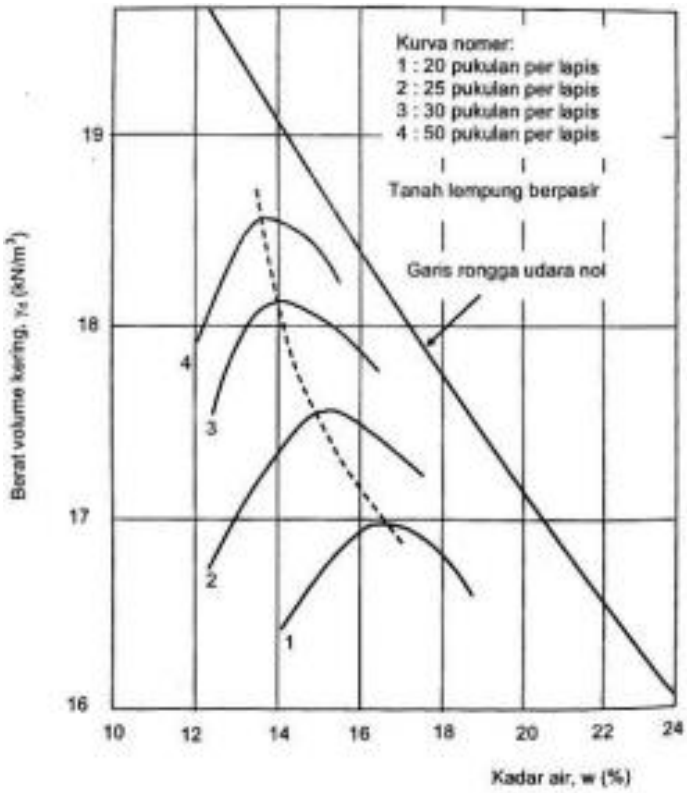
Selain kadar air, faktor lain yang dapat mempengaruhi kepadatan tanah adalah jenis tanah dan usaha pemadatan. Jenis tanah seperti ukuran dan bentuk butiran, berat jenis, dan mineral lempung mempengaruhi kadar air optimum dan berat volume maksimum. Pada tanah kering, seiring pertambahan kadar air maka berat volume kering cenderung akan berkurang. Adapun hasil uji pemadatan pada jenis-jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 6 Kurva Uji Pemadatan Berbagai Jenis Tanah

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

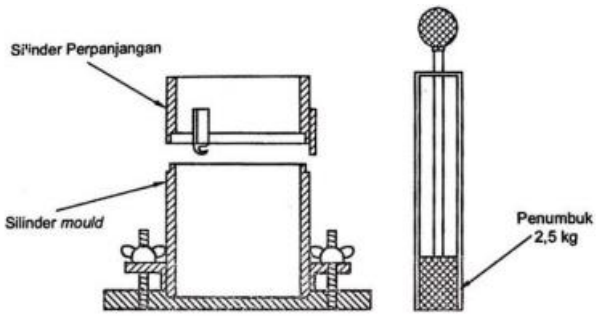
Pengaruh usaha pemadatan yaitu apabila energi pemadatan per satuan volume diubah maka hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah akan berubah pula. Berat volume kering tanah berbanding lurus dengan penambahan energi pemadatan, sedangkan kadar air optimum berbanding terbalik terhadap penambahan energi pemadatan. Adapun pengaruh energi pemadatan pada lempung berpasir dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3. 7 Pengaruh Energi Pemadatan pada Tanah Lempung Berpasir
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Untuk mengetahui nilai kepadatan maksimum (*maximum dry density*/MDD) dan kadar air optimum (*optimum moisture content*/OMC) dilakukan pengujian pemadatan. Pengujian yang dilakukan di laboraturium adalah uji proctor, pengujian ini berpedoman pada ASTM D-698-70 (*soil compaction test/ standart proctor test*). Pengujian ini dilakukan dengan cara pemadatan yang dilakukan dengan alat tumbuk seberat 2,495 kg dengan tinggi jatuh 12 cm. Pemadatan tanah berkala sebanyak tiga lapis dengan masing-masing penumbukan

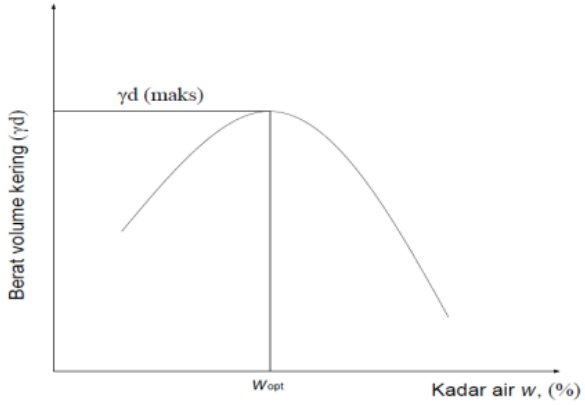
sebanyak 25 kali. Isi sampel tanah kedalam cetakan 1/3 melebihi kepadatan total pada lapis pertama sambil ditekan agar merata. Alat pengujian proctor standart dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3. 8 Alat Uji Proctor

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Kemudian hubungan antara kadar air dan berat volume kering dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.



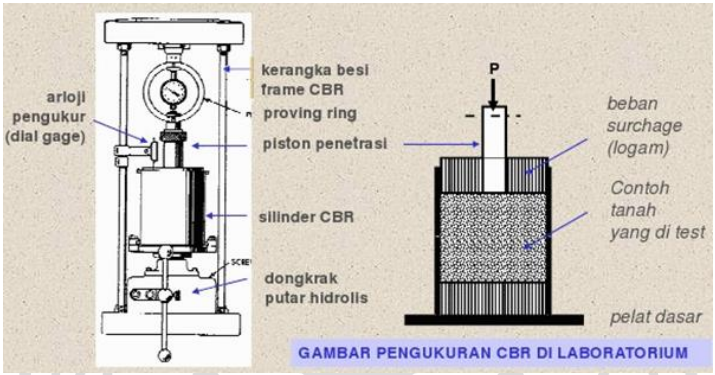
Gambar 3. 9 Kurva Uji Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

(Sumber : Hardiyatmo, 2016)

Puncak dari kurva merupakan nilai (γ_d) maksimum, dari titik puncak kurva ditarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini merupakan kadar air optimumnya.

3.8 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah, yaitu dengan membandingkan gaya perlawanan penetrasi piston terhadap tanah dengan gaya perlawanan yang serupa. Berikut merupakan perangkat uji CBR yang dapat dilihat pada Gambar 3.10 di bawah ini.



Gambar 3. 10 Perangkat Uji CBR Laboratorium

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Pengujian CBR dapat dilakukan di laboraturium dan juga di lapangan. Pengujian ini berpedoman pada ASTM D-698-70 (CBR test). Pengujian ini dilakukan dengan memberi pembebanan secara teratur hingga kecepatan penetrasi mendekati 0,05 inchi/menit. Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025 inchi hingga mencapai penetrasi 0,05 inchi.

Perhitungan beban P dalam lbs dapat ditentukan dengan Persamaan 3.6 berikut.

$$Beban\ P = k\ x\ dial \tag{3.6}$$

CBR Laboratorium dibedakan menjadi dua macam yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked laboratory CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR*). Penentuan nilai CBR dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sudah dipadatkan dengan pemadatan standar. Untuk CBR laboratorium rendaman dilakukan perendaman selama 4 hari (96 jam), kemudian baru dilakukan pengujian CBR. CBR rendaman dimaksudkan untuk

mengasumsikan kondisi terjelek pada saat keadaan hujan di lapangan yang memberikan pengaruh penambahan air pada tanah, sehingga akan mengakibatkan terjadinya swelling dan penurunan kuat dukung. Pengujian ini dilakukan dengan memberi pembebanan secara teratur hingga kecepatan penetrasi mendekati 0,05 inchi/menit. Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025 inchi hingga mencapai penetrasi 0,05 inchi.

Perhitungan beban P dalam lbs dapat ditentukan dengan Persamaan 3.7 berikut.

$$Beban\ P = k\ x\ dial \tag{3.7}$$

dengan,

k = nilai kalibrasi (lbs)

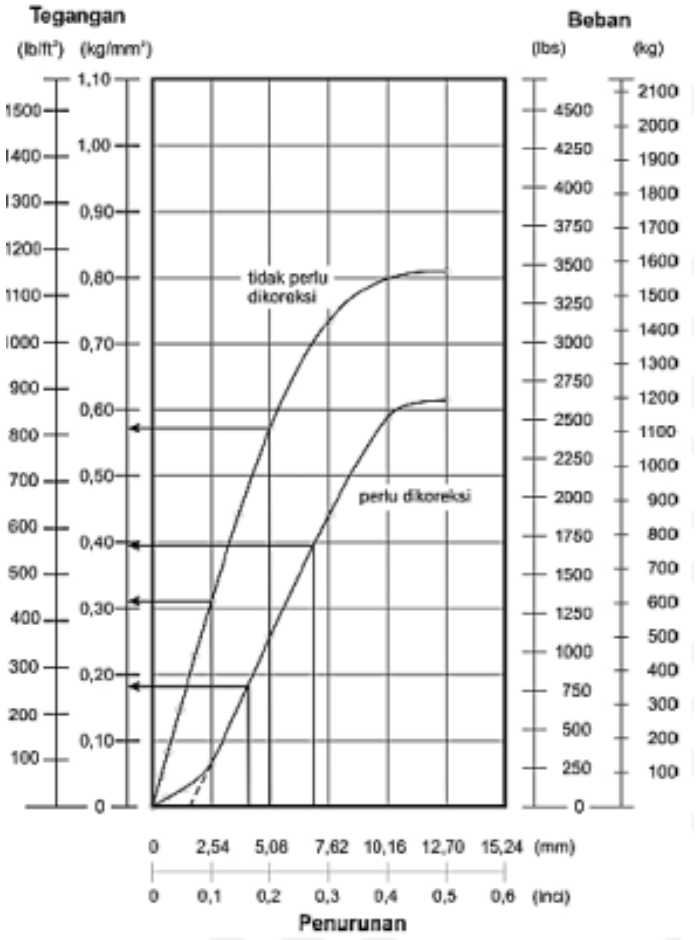
dial = pembacaan dial (div)

Perhitungan penetrasi 0,1inch dan 0,2inch dirumuskan pada Persamaan 3.8 dan 3.9 berikut.

$$CBR_{0,1"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi 0,1" (lbs)}}{3000\ (lbs)}\ x\ 100\% \tag{3.8}$$

$$CBR_{0,2"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi 0,1" (lbs)}}{4500\ (lbs)}\ x\ 100\% \tag{3.9}$$

Kemudian hubungan beban P dengan kedalaman penetrasi digambarkan pada grafik. Semula kurva beban akan cekung karena pemadatan yang kurang rata maupun sebab-sebab lainnya. Oleh sebab itu, titik nol harus dikoreksi. Grafik standar pengujian CBR dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3. 11 Grafik Standar Pengujian CBR

(Sumber : SNI 1744:2012)

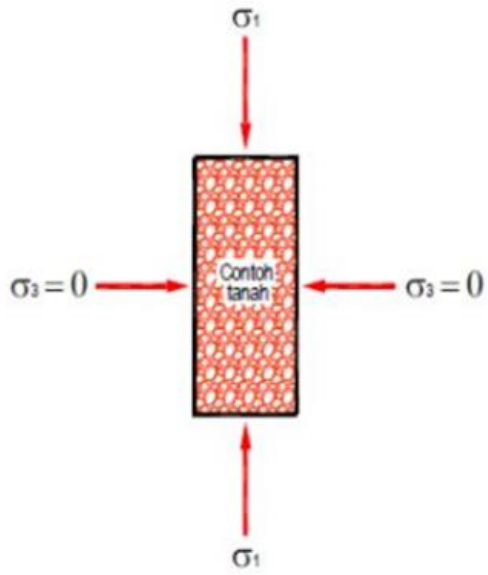
Nilai CBR dihitung dengan membagi beban standar pada penetrasi 0,1 inchi atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm2 atau 1000 psi dan 0,2 inchi atau 5,08 mm dengan beban standar 105,47 kg/cm2 atau 1500 psi, kemudian nilai CBR yang diambil umumnya pada penerasi 0,1 inchi. Namun, apabila nilai CBR 0,1 inchi lebih kecil daripada nilai CBR penetrasi 0,2 inchi, maka harus dilakukan pengujian ulang. Jika nilai CBR terbesar tetap pada penetrasi 0,2 inchi, maka diambil nilai terbesar

3.9 Pengujian Tekan Bebas

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kuat tekan-bebas (q_a) tanah kohesif dalam kondisi tidak terganggu, dicetak ulang, atau dipadatkan, selanjutnya

dibebani beban aksial dengan pengaturan regangan. Kuat Tekan Bebas adalah tegangan tekan yang terjadi pada saat benda uji kuat tekan bebas runtuh melalui uji tekan. Kuat tekan bebas ditentukan sebagai beban maksimum yang dicapai perluas penampang atau beban per luas penampang pada regangan aksial 20 %, pilih yang lebih dahulu tercapai selama pengujian.

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan besarnya kohesi tanah (c), sudut geser dalam tanah (φ) dan kuat tekan bebas tanah (qu). Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya tekanan axial (kg/cm²) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20%, apabila tanah sampai pemendekan 20% tesebut tanah tidak pecah, maka dianggap runtuh. Pada saat pengujian, benda uji diberi tegangan vertikal sedangkan tegangan selnya sama dengan nol. Contoh skema uji tekan bebas dapat dilihat pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3. 12 Skema Uji Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

(Sumber: Hardiyamo, 2012)

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan Persamaan 3.10 untuk mengetahui kuat tekan bebas sebagai berikut.

$$q_u = \frac{P}{\Delta\, terkoreksi} \tag{3.10}$$

dengan:

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

P = Total beban pada sampel (kg)

$\Delta_{\text{terkoreksi}}$ = Nilai luas terkoreksi (cm^2)

Perhitungan kohesi tanah dapat menggunakan Persamaan 3.11 berikut.

$$c = \frac{qu}{2tg\alpha} \tag{3.11}$$

dengan:

c = Kohesi tanah (kg/cm^2)

α = Sudut pecah (°)

Perhitungan sudut geser dalam tanah dapat dihitung dengan Persamaan 3.12 sebagai berikut.

$$\varphi = 2(\alpha - 45°) \tag{3.12}$$

dengan:

φ = Sudut geser dalam tanah (°)

α = Sudut pecah (°)

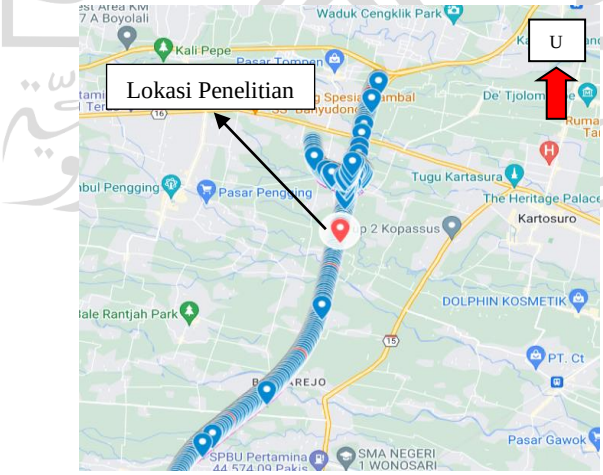
BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjaun Umum

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menguji tanah di laboraturium dan mengacu pada jurnal, buku, standar dan persyaratan pengujian. Tahapan awal dari penelitian adalah perumusan topik, tujuan, manfaat, serta landasan teori yang menjadi dasar penelitian. Tahap persiapan yaitu menyiapkan bahan yang akan digunakan dan dilanjutkan dengan pengujian di laboraturium. Pengujian diiringi dengan pengumpulan data dari setiap sampel tanah. Data dari tiap sampel hasil pengujian tersebut akan diolah dan dianalisis, kemudian dilanjutkan dengan penulisan dan pengambilan kesimpulan dari pengujian yang telah dilakukan tersebut.

4.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi dan Objek dalam penelitian ini adalah Proyek Tol Solo-Yogya-Nyia Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten Sta 3+000 Sampai Sta 5+000. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : PT. Adhi Karya (Persero) Tbk)

4.3 Pelaksanaan Penelitian

4.3.1 Persiapan Bahan

Sebelum melakukan penelitian, kita perlu menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut ini.

1. Tanah Sampel yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sampel dari Proyek Tol Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten Sta 3+000 Sampai Sta 5+000 yang berasal dari Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah.
2. Bahan tambah semen Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan *Portland Composite Cement* (PCC) Tipe I sebagai *stabilisator*. Semen ini dapat diperoleh di toko material bangunan.

4.3.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa seperangkat alat untuk Pengujian *Properties* Tanah, Alat Pengujian *Modified Proctor* dan Alat Pengujian CBR di Laboraturium *Quality Control* PT. Adhi Karya Proyek Tol Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten dan Alat Pengujian Tekan Bebas di Laboraturium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia di Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Gambar 4.2 Peralatan Analisa Saringan sebagai berikut.



Gambar 4. 2 Peralatan Analisa Saringan

Berikut merupakan Gambar 4.3 Peralatan Pengujian *Atterberg* sebagai berikut ini.



Gambar 4. 3 Peralatan Pengujian A*tterberg*

Berikut merupakan Gambar 4.4 Peralatan Pengujian Berat Jenis sebagai berikut ini.



Gambar 4. 4 Peralatan Pengujian Berat Jenis

Berikut merupakan Gambar 4.5 Peralatan Pengujian *Proctor* sebagai berikut ini.



Gambar 4. 5 Peralatan Pengujian Proktor

Berikut merupakan Gambar 4.6 Peralatan Pengujian CBR sebagai berikut ini.



Gambar 4. 6 Peralatan Pengujian CBR

Berikut merupakan Gambar 4.7 Peralatan Pengujian Kuat Tekan Bebas sebagai berikut ini.



Gambar 4. 7 Peralatan Pengujian Kuat Tekan Bebas

4.3.3 Sampel dan Jenis Pengujian

Pada penelitian ini menggunakan campuran tanah dengan bahan tambah semen, adapun Variasi Campuran dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Variasi Campuran

No	Variasi Campuran	Keterangan
1	Tanah Asli	% x berat kering tanah
2	Tanah Asli + Semen 1%	% x berat kering tanah
3	Tanah Asli + Semen 3%	% x berat kering tanah
4	Tanah Asli + Semen 5 %	% x berat kering tanah

Sampel yang digunakan pada pengujian masing-masing berjumlah dua hal ini bertujuan agar kedua sampel dapat dibandingkan, adapun jenis pengujian beserta jumlah sampel yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian

No	Jenis Pengujian	Sampel Tanah	Satuan
1	Pengujain Sifat Fisik Tanah		
	a. Pengujian Analisa Saringan	2	Sampel
	b. Pengujian *Atterberg*	2	Sampel
	c. Pengujian Berat Jenis	2	Sampel
2	Pengujian *Modified Proctor*	2	Sampel
3	Pengujian CBR		
	a. Tanah Asli	2	Sampel
	b. Pemeraman 1 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen 1%	2	Sampel
	2) Tanah Asli + Semen 3%	2	Sampel
	3) Tanah Asli + Semen 5%	2	Sampel
4	Pengujian Tekan Bebas		
	a. Tanah Asli	2	Sampel
	b. Pemeraman 1 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen 1%	2	Sampel
	2) Tanah Asli + Semen 3%	2	Sampel
	3) Tanah Asli + Semen 5%	2	Sampel
	c. Pemeraman 7 Hari		
	1) Tanah Asli + Semen 1%	2	Sampel
	2) Tanah Asli + Semen 3%	2	Sampel
	3) Tanah Asli + Semen 5%	2	Sampel

4.3.4 Pengujian yang Dilakukan

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Analisa Saringan (*sieve analysis*) dengan Tanah Asli,
2. Pengujian *Atterberg* dengan Tanah Asli,
3. Pengujian Berat Jenis Tanah dengan Tanah Asli,
4. Pengujian Pemadatan Tanah (*Modified Proctor Test*) dengan Tanah Asli,
5. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dengan Pemeraman selama 1 Hari dan Campuran Semen 1%, 3% dan 5%, serta dilakukan perendaman selama 4 Hari, dan
6. Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan Pemeraman selama 1 serta 7 Hari dan Campuran Semen 1%, 3% dan 5%.

4.3.5 Langkah Penelitian

Langkah penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. mencari dan mempelajari literatur dan penelitian yang berkaitan dengan topik penelitian ini,
2. mengumpulkan referensi yang diperlukan dalam penelitian,
3. merumuskan masalah yang akan dilakukan penelitian,
4. menentukan tujuan penelitian,
5. melakukan pengujian seperti yang dijelaskan diatas, dan
6. menyimpulkan hasil dari pengujian.

4.3.6 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

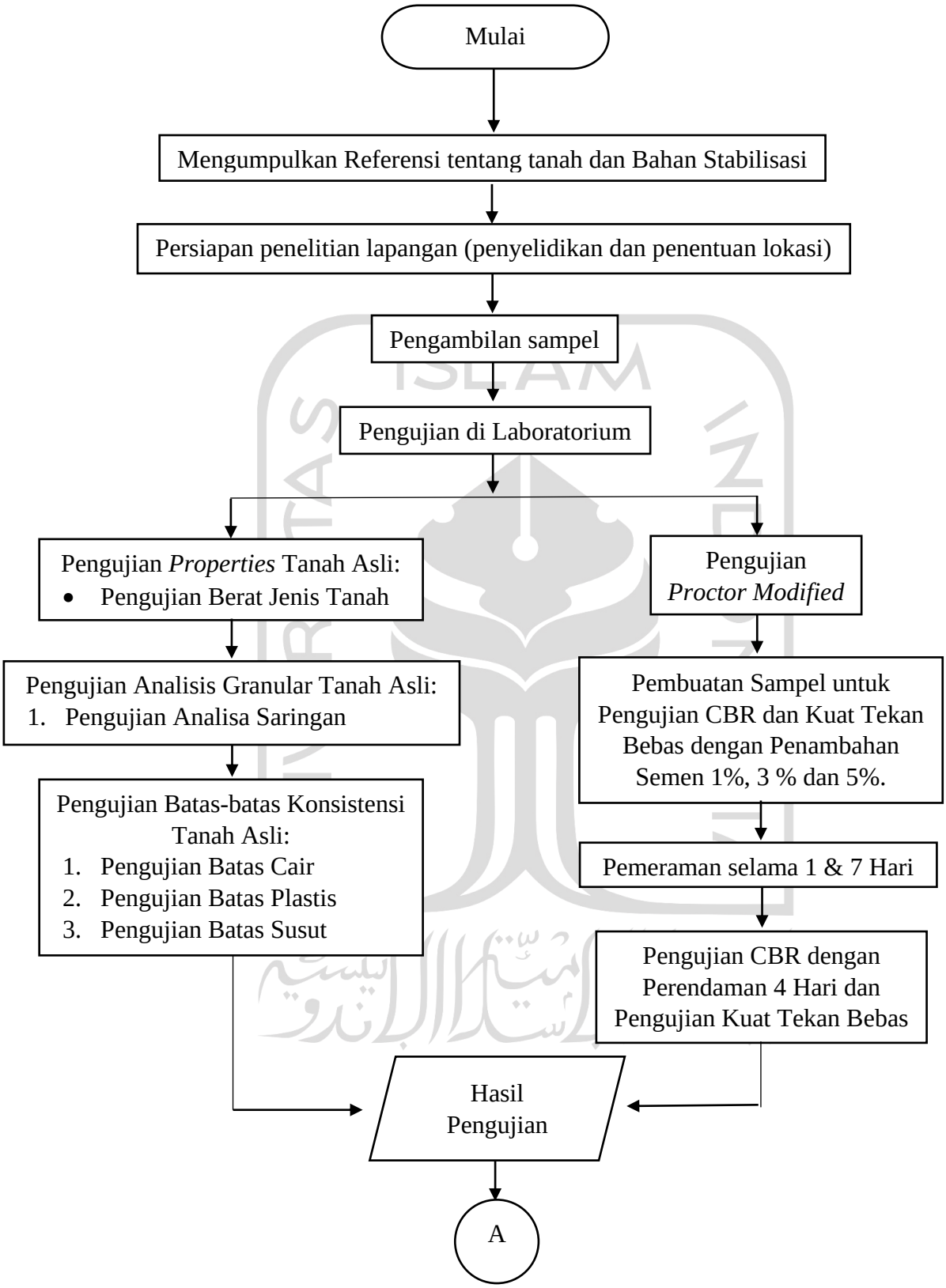
Data-data yang didapat kemudian dianalisis dan diolah untuk dapat diketahui jawaban dari rumusan masalah yang telah direncanakan.

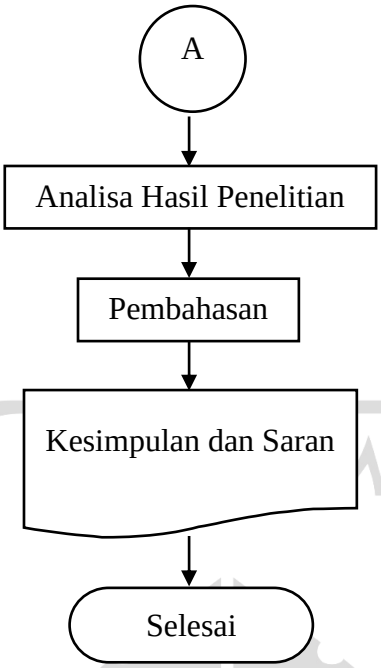
4.3.7 Tahap Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan dijelaskan hasil yang telah didapat dari data yang telah dianalisis pada tahap analisis data dan pembahasan, pada tahap ini dijelaskan kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan terarah dan memiliki hasil yang baik, maka diperlukan adanya bagan alir sistematika pengerjaan penelitian yang benar. Terkait bagan alir penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.


Mulai
Mengumpulkan Referensi tentang tanah dan Bahan Stabilisasi
Persiapan penelitian lapangan (penyelidikan dan penentuan lokasi)
Pengambilan sampel
Pengujian di Laboratorium
Pengujian *Properties* Tanah Asli:
• Pengujian Berat Jenis Tanah
Pengujian Analisis Granular Tanah Asli:
1. Pengujian Analisa Saringan
Pengujian Batas-batas Konsistensi Tanah Asli:
1. Pengujian Batas Cair
2. Pengujian Batas Plastis
3. Pengujian Batas Susut
Pengujian *Proctor Modified*
Pembuatan Sampel untuk Pengujian CBR dan Kuat Tekan Bebas dengan Penambahan Semen 1%, 3 % dan 5%.
Pemeraman selama 1 & 7 Hari
Pengujian CBR dengan Perendaman 4 Hari dan Pengujian Kuat Tekan Bebas
Hasil Pengujian
A



Gambar 4. 8 Bagan Alir dan *Flowchart*

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan diuraikan hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian sifat fisik tanah dan mekanis tanah. Pengujian dilakukan di Laboratorium Quality Control PT. Adhi Karya Proyek Tol Solo-Yogya-Nyia Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten dan Laboraturium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah data-data yang diperolah dari hasil pengujian.

5.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah bertujuan untuk mengetahui klasifikasi tanah pada sampel tanah yang digunakan. Klasifikasi tanah pada pengujian ini berdasarkan 2 sistem yaitu AASHTO dan USCS.

5.1.1 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah sering juga disebut *specific gravity*, dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Nilai daripada berat isi butir tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volumenya. Sedangkan berat isi air adalah perbandingan antara berat air dengan volume airnya, biasanya mendekati nilai 1 gr/cm^3. Jika terdapat keadaan dimana volume butiran tanah sama dengan volume air, maka dengan demikian berat jenis tanah dapat diambil sebagai perbandingan, diukur pada suhu tertentu, antara berat butir tanah dengan berat air suling. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

No. Picknometer			1	2
Berat Piknometer + Tanah	(W1)	Gr	42.96	42.86
Berat Piknometer	(W2)	Gr	27.25	27.23
Berat Tanah	WT = (W1-W2)	Gr	15.71	15.63
Suhu		ºC	29	29
Koreksi Suhu (K)	T	Gr	0.9977	0.9977
Pikonometer + Air + Tanah	(W3)	Gr	87.1	86.87
Piknonmeter + Air dalam ºC	(W4)	Gr	77.39	77.19
W1 + W2 + W3	(W5)	Gr	93.10	92.82
Volume Tanah	W6=(W5-W3)/T	Gr	6.014	5.965
Berat Jenis	WT/W6		2.612	2.621
Rata-Rata			**2.617**	

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis tanah yang tertera pada Tabel 5.1 diperoleh berat jenis tanah berat spesifik suatu massa tanah (Gs) didapatkan angka sebesar 2,617.

5.1.2 Pengujian Analisis Granular

Pengujian ini terdiri dari pengujian analisis butiran. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butiran yang tertahan saringan no.200 serta mengetahui gradasi agregat kasar dan agregat halus dengan 2 sampel. Hasil pengujian sampel I analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

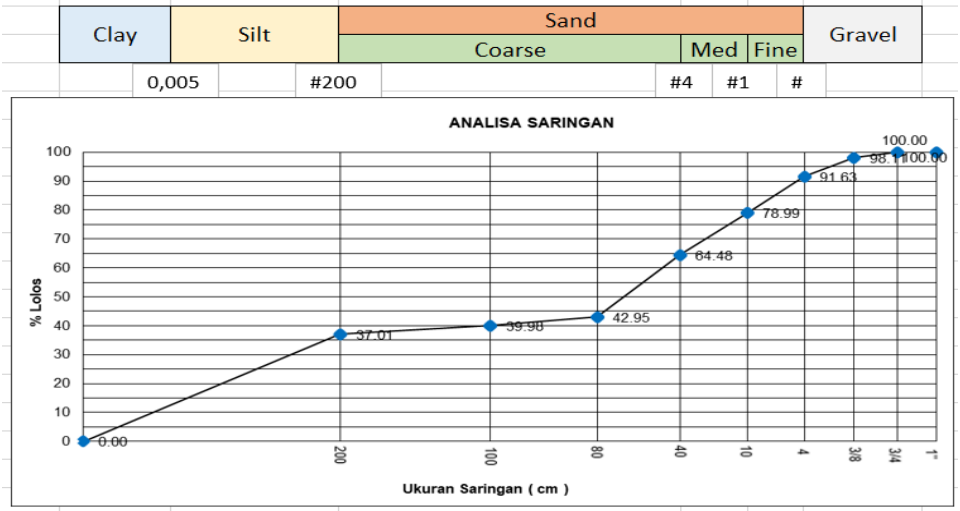
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Analisis Saringan

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING^2 AYAKAN			
		TERTAHAN	KUMULATIF		LOLOS
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50.8	1”	-	-	-	100.00
19.1	¾	-	-	-	100.00

Lanjutan tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan

9.5	3/8	-	-	-	100.00
4.75	No. 4	1.7	1.7	1.89	98.11
2.38	No. 10	5.9	7.6	8.37	91.63
0.65	No. 30	11.5	19.1	21.01	78.99
0.42	No. 40	13.2	32.3	35.52	64.48
0.30	No. 60	13.4	45.7	50.24	49.76
0.25	No. 80	6.2	51.9	57.05	42.95
0.15	No. 100	2.7	54.6	60.02	39.98
0.075	No. 200	2.7	57.3	62.99	37.01
PAN					100.00

Berdasarkan Tabel 5.2 diatas, diperoleh grafik hasil pengujian analisa granuler sampel 1 pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler

Komposisi:

1. Gravel : 100 – 98.11
   : 1.89 %
2. Pasir : 98.11 – 37.01
   : 61.10 %
3. Butiran Halus : 37.01 %

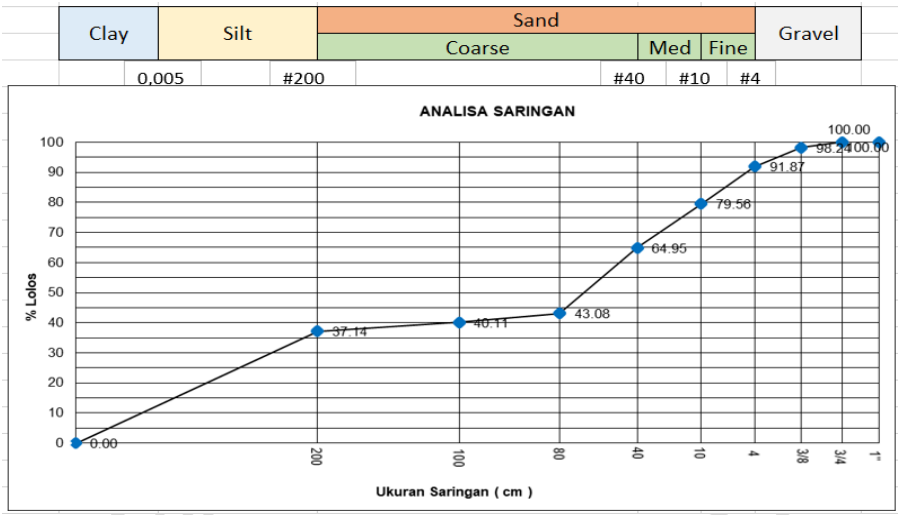
Berdasarkan hasil pengujian analisis butiran yang tertera pada Tabel 5.2 didapatkan nilai persen lolos 200 sebesar 37.01%.

Hasil pengujian sampel II analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Analisis Saringan

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING^2 AYAKAN			
		TERTAHAN	KUMULATIF		LOLOS
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50.8	1"	-	-	-	100.00
19.1	3/4	-	-	-	100.00
9.5	3/8	-	-	-	100.00
4.75	No.4	1.6	1.6	1.76	98.24
2.38	No.10	5.8	7.4	8.13	91.87
0.65	No.30	11.2	18.6	20.44	79.56
0.42	No.40	13.3	31.9	35.05	64.95
0.30	No.60	13.6	45.5	50.00	50.00
0.25	No.80	6.3	51.8	56.92	43.08
0.15	No.100	2.7	54.5	59.89	40.11
0.075	No.200	2.7	57.2	62.86	37.14
PAN					100.00

Berdasarkan Tabel 5.3 diatas, diperoleh grafik hasil pengujian Analisa granuler sampel 2 pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5. 2 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler

Komposisi:

1. Gravel : 100 – 98.24
   : 1.76 %
2. Pasir : 98.24 – 37.14
   : 61.10 %
3. Butiran Halus : 37.14 %

Berdasarkan hasil pengujian analisis butiran yang tertera pada Tabel 5.3 didapatkan nilai persen lolos 200 sebesar 37.14 %.

Hasil pengujian gabungan sampel I dan II dianalisis saringan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

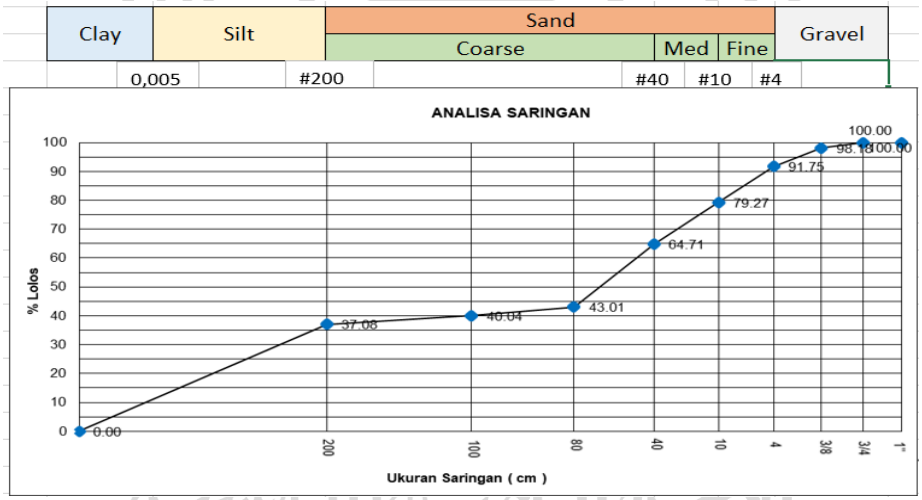
Tabel 5. 4 Hasil Gabungan Pengujian Analisis Saringan

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING^2 AYAKAN			
		TERTAHAN	KUMULATIF		LOLOS
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50.8	1”	-	-	-	100.00
19.1	¾	-	-	-	100.00
9.5	3/8	-	-	-	100.00

Lanjutan Tabel 5.4 Hasil Gabungan Pengujian Analisis Saringan

4.75	No.4	1.7	1.7	1.82	98.18
2.38	No.10	5.9	7.5	8.25	91.75
0.65	No.30	11.4	18.9	20.73	79.27
0.42	No.40	13.3	32.1	35.29	64.71
0.30	No.60	13.5	45.6	50.12	49.88
0.25	No.80	6.3	51.9	56.99	43.01
0.15	No.100	2.7	54.6	59.96	40.04
0.075	No.200	2.7	57.3	62.92	37.08
PAN					100.00

Berdasarkan Tabel 5.4 diatas, diperoleh grafik hasil pengujian Analisa granuler gabungan pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5. 3 Grafik Hasil Pengujian Analisis Granuler

Komposisi:

1. Gravel : 100 – 98.18
   : 1.82 %
2. Pasir : 98.30 – 37.08
   : 61.10 %
3. Butiran Halus : 37.08 %

Berdasarkan hasil pengujian gabungan analisis granuler yang tertera pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.3 diatas, diperoleh nilai persentase saringan no.200 sebesar 37,08%, dengan persentase ukuran butiran tanah yang tergolong kerikil sebesar 1,82%, persentase ukuran butiran tanah yang tergolong pasir sebesar 61,10% dan persentase ukuran butiran tanah yang tergolong butiran halus sebesar 37,08%.

5.1.3 Pengujian Batas-Batas Atterberg

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas-batas konsistensi dengan mempertimbangkan kadar air yang terkandung dalam tanah asli tersebut. Batas-batas yang dimaksud berupa batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*), Hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, Gambar 5.3, dan Gambar 5.5 berikut:

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis

DESCRIPTION		**LIQUID LIMIT**				**PLASTIC LIMIT**	
TEST No.		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Number Of Blows		41	32	20	13		
Tare No.		A	B	C	D	E	F
Weight Of Wet Soil + Tare	gr	32.82	28.99	28.89	30.71	22.01	21.92
Weight Of Dry Soil + Tare	gr	27.69	24.46	24.05	24.93	19.34	19.28
Weight Of Tare	gr	10.80	10.79	10.72	10.86	10.82	10.84
Weight Of Water	gr	5.13	4.53	4.84	5.78	2.67	2.62
Weight Of Dry Soil	gr	16.89	13.67	13.33	14.07	8.52	8.44
Water Content	%	**30.37**	**33.14**	**36.31**	**41.08**	**31.34**	**31.28**
						31.31	

Berdasarkan hasil perbandingan kadar air dan jumlah pukuan didapatkan nilai

1. *Liquid Limits*,LL $= \frac{30.37+33.14+36.31+41.08}{4}$

   $= 35.23\%$

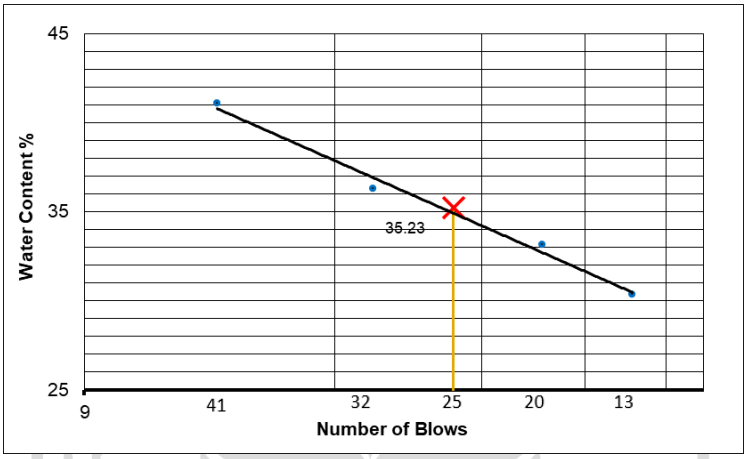
2. *Plastic Limits*,PL $= \frac{31.34+31.28}{2}$

= 31.31%

3. *Plastic Index*,PI = 35.23 – 31.31

= 3.92%

Berdasarkan Tabel 5.5 diatas, diperoleh grafik perbandingan antara kadar air dengan jumlah pukulan yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5. 4 Grafik Perbandingan Kadar Air dan Jumlah Pukulan

5.2 Pengujian Pemadatan Tanah (*modified proctor*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kepadatan maksimum (*maximum dry density*/MDD) dan kadar air optimum (*optimum moisture content*, OMC). Hasil pengujian kepadatan tanah sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Pengujian Modified Proctor Sampel 1

Number Sample	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Weight Wet Soil + Mould (gr)	10152	10385	10536	10523	10426
Weight Mould (gr)	6463	6463	6463	6463	6463
Weight Wet Soil (gr)	3689	3922	4073	4060	3963
Volume Mould (cm^3)	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71
Wet Density (gr/ cm^3)	1.769	1.880	1.953	1.947	1.900
Dry Density (gr/ cm^3)	**1.497**	**1.562**	**1.594**	**1.568**	**1.507**

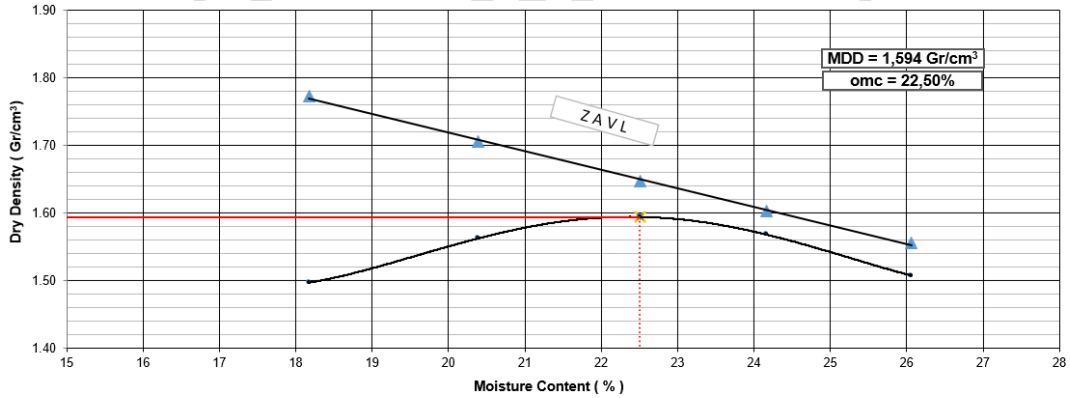
Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengujian Pengujian Modified Proctor Sampel 1

WATER CONTENT					
No. Sample	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Wet Soil + Tare (gr)	31.93	32.04	30.43	32.97	29.85
Dry Soil + Tare (gr)	29.32	29.16	27.59	29.48	26.78
Weight Water (gr)	2.61	2.88	2.84	3.49	3.07
Weight Tare (gr)	14.96	15.03	14.97	15.04	15
Weight Dry Soil (gr)	14.36	14.13	12.62	14.44	11.78
Moisture Content	18.18	20.38	22.50	24.17	26.06

Keterangan:

1. *Compaction Method* : *Modified*
2. *Bulk Specific Gravity* : 2.617
3. *Opt. Moisture Content* : 22.50 %
4. *Max. Dry Density 100%* : 1.594 gr/cm³
5. *Max. Dry Density 95 %* : 1.514 gr/cm³

Berdasarkan Tabel 5.6 diatas grafik hasil pengujian pemadatan tanah sampel 1 pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5. 5 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1

Berdasarkan Gambar 5.5 diatas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) sebesar 22.50 % dan nilai kepadatan maksimum (MDD) sebesar 1.594 gr/cm³.

Hasil pengujian kepadatan tanah sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

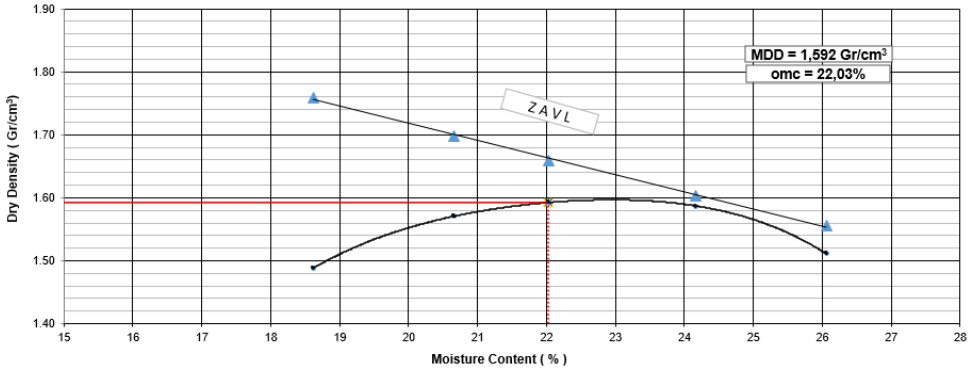
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Pengujian Modified Proctor Sampel 2

Number Sample	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Weight Wet Soil + Mould (gr)	10154	10395	10526	10543	10446
Weight Mould (gr)	6473	6443	6473	6433	6473
Weight Wet Soil (gr)	3681	3952	4053	4110	3973
Volume Mould (cm^3)	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71
Wet Density (gr/ cm^3)	1.765	1.895	1.943	1.971	1.905
Dry Density (gr/ cm^3)	**1.488**	**1.570**	**1.592**	**1.587**	**1.511**
WATER CONTENT					
No. Sample	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Wet Soil + Tare (gr)	32.23	32.44	30.37	32.97	29.85
Dry Soil + Tare (gr)	29.52	29.46	27.59	29.48	26.78
Weight Water (gr)	2.71	2.98	2.78	3.49	3.07
Weight Tare (gr)	14.96	15.03	14.97	15.04	15
Weight Dry Soil (gr)	14.56	14.43	12.62	14.44	11.78
Moisture Content	**18.61**	**20.65**	**22.03**	**24.17**	**26.06**

Keterangan:

1. *Compaction Method* : *Modified*
2. *Bulk Specific Gravity* : 2.617
3. *Opt. Moisture Content* : 22.03 %
4. *Max. Dry Density 100%* : 1.592 gr/cm³
5. *Max. Dry Density 95 %* : 1.513 gr/cm³

Berdasarkan Tabel 5.7 diatas grafik hasil pengujian pemadatan tanah sampel 2 pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5. 6 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

Berdasarkan Gambar 5.6 diatas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) sebesar 22.03 % dan nilai kepadatan maksimum (MDD) sebesar 1.592 gr/cm³.

Dari kedua grafik diatas didapatkan gabungan nilai kadar air optimum (OMC) dan nilai kepadatan maksimum (MDD) yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

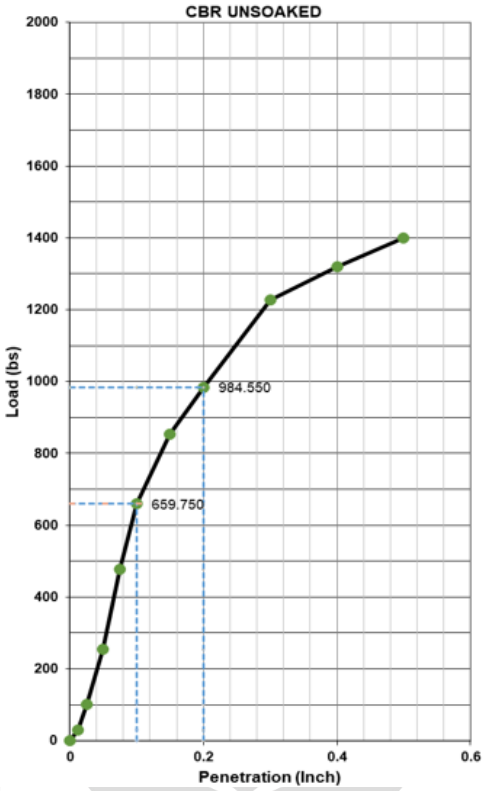
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian *Proctor Modified* Tanah Asli

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kadar Air Optimum (OMC)	%	22.50	22.03	22.265
Nilai Kepadatan Maksimum (MDD)	gr/cm³	1.594	1.592	1.593

Hasil dari pengujian *proctor standard* atau pemadatan tanah asli diatas menunjukkan bahwa nilai berat volume tanah kering rata-rata dan kadar air optimum rata-rata sampel tanah dari Sambi adalah 1,593 gram/cm³ dan 22,265%.

5.3 Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

Pengujian CBR bertujuan untuk mengetahui daya dukung suatu tanah. Pengujian ini dilakukan dalam 2 kondisi, yaitu tidak terendam (*unsoaked*) dan terendam (*soaked*). Pada keadaan *unsoaked* dilakukan pemeraman 1 hari. Pada keadaan *soaked* dilakukan pemeraman selama 1 hari dan perendaman 4 hari. Bahan tambah yang digunakan dalam pengujian ini adalah semen Portland Tipe 1. Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian CBR *unsoaked* tanah asli dari Kecamtan Sambi di Proyek TOL Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten Sta 3+000 Sampai Sta 5+000 pada Gambar 5.7 sebagai berikut.



Gambar 5. 7 Grafik Hasil Pengujian CBR *Unsoaked*

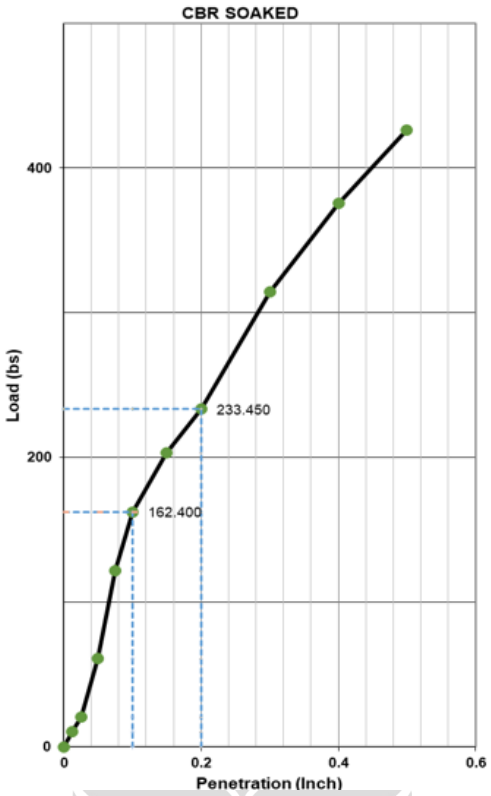
Berdasarkan Gambar 5.7 diatas, nilai CBR *unsoaked* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$CBR_{0,1} = \frac{659,75}{3000} \times 100\% = 21,99\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{984,55}{4500} \times 100\% = 21,88\%$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1” > penetrasi 0,2”, sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1” sebesar 21,99%

Berikut merupakan grafik hasil pengujian CBR *soaked* tanah asli dari Sambi pada gambar 5.8 sebagai berikut.



Gambar 5. 8 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked*

Berdasarkan Gambar 5.8 diatas, nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut.

$CBR_{0,1} = \frac{162,40}{3000} \times 100\% = 5,41\%$

$CBR_{0,2} = \frac{233,45}{4500} \times 100\% = 5,19\%$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1" > penetrasi 0,2", sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1" sebesar 5,41%.

Pengujian CBR selanjutnnya ditambah bahan tambah semen Portland tipe 1 dengan 3 sampel penambahan semen sebanyak 1%, 3% dan 5%. Pengujian ini menggunakan 2 kondisi, yaitu tidak terendam (*unsoaked*) dan terendam (*soaked*). Pada keadaan *unsoaked* dilakukan pemeraman 1 hari. Sedangkan keadaan *soaked* dilakukan pemeraman selama 1 hari dan perendaman 4 hari.

1. Sampel 1 Tanah Asli + Semen 1%

   Hasil penambahan semen pada pengujian kepadatan tanah asli + semen 1% dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Penambahan Semen 1%

Penambahan Semen 1%		
Berat Sampel tanah asli	5000	gr
% Semen	0.01	%
Penambahan Semen	50	gr

Berdasarkan Tabel 5.9 diatas, penambahan semen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Berat sampel tanah asli = 5000 gram

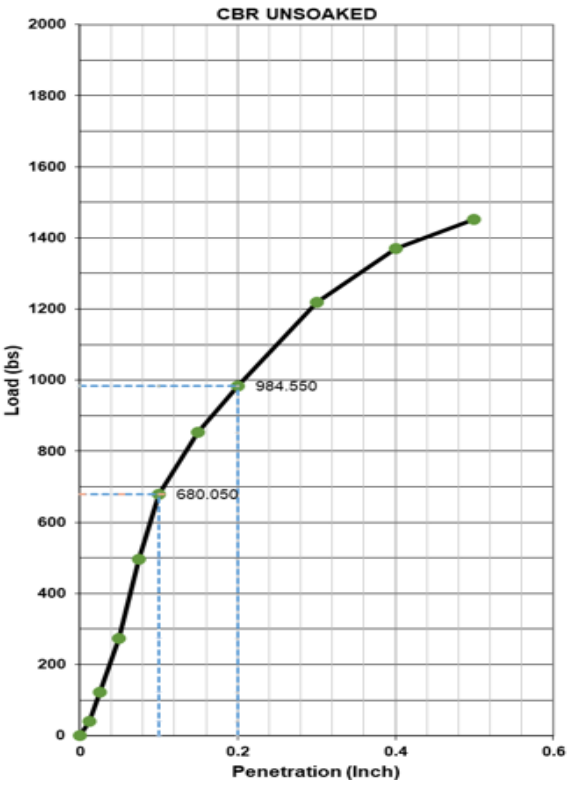
%Semen = $\frac{1}{100}$ = 0.01%

Penambahan semen = Berat sampel tanah asli x % Semen

= 5000 x 0.01

= 50 gram

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan % penambahan semen 1% adalah 50 gr. Berikut merupakan grafik hasil pengujian CBR *unsoaked* tanah asli + semen 1% dari Sambi pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



Gambar 5. 9 Grafik Hasil Pengujian CBR *Unsoaked*

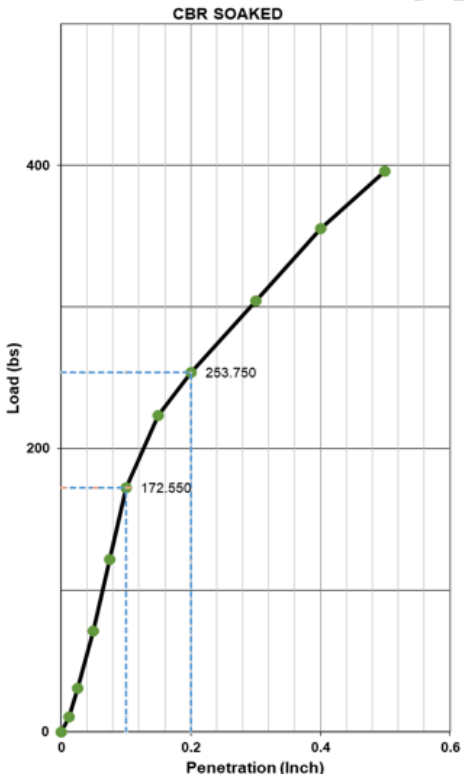
Berdasarkan Gambar 5.9 diatas, nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$CBR_{0,1} = \frac{680,05}{3000} \times 100\% = 22,67\%$

$CBR_{0,2} = \frac{984,55}{4500} \times 100\% = 21,88\%$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1" > penetrasi 0,2", sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1" sebesar 22,67%.

Berikut merupakan grafik hasil pengujian CBR *soaked* tanah asli + semen 1% dari Sambi pada gambar 5.10 sebagai berikut.



Gambar 5. 10 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked*

Berdasarkan Tabel 5.10 diatas, nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$CBR_{0,1} = \frac{172,55}{3000} \times 100\% = 5,75\%$

$CBR_{0,2} = \frac{253,75}{4500} \times 100\% = 5,64\%$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1" > penetrasi 0,2", sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1" sebesar 5,75%.

2. Sampel 2 Tanah Asli + Semen 3%

Hasil penambahan semen pada pengujian kepadatan tanah asli + semen 3% dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* dan *Soaked*

Penambahan Semen 3%		
Berat Sampel tanah asli	5000	gr
% Semen	0.03	%
Penambahan Semen	150	gr

Berdasarkan Tabel 5.10 diatas, penambahan semen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Berat sampel tanah asli = 5000 gram

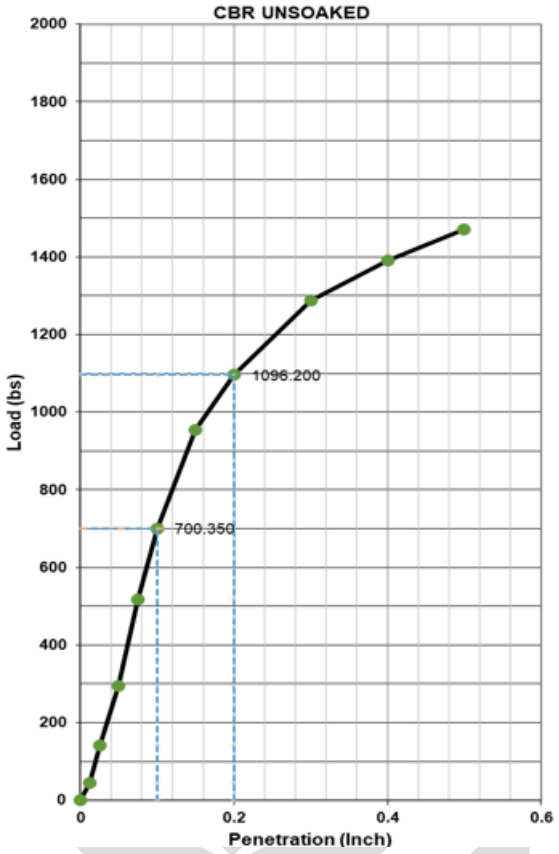
%Semen = $\frac{3}{100}$ = 0.03%

Penambahan semen = Berat sampel tanah asli x %Semen

= 5000 x 0.03

= 150 gram

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan % penambahan semen 3% adalah 150 gr. Berikut merupakan grafik hasil pengujian CBR *unsoaked* tanah asli + semen 3% dari Sambi pada gambar 5.11 sebagai berikut.



Gambar 5. 11 Grafik Hasil Pengujian CBR U*nsoaked*

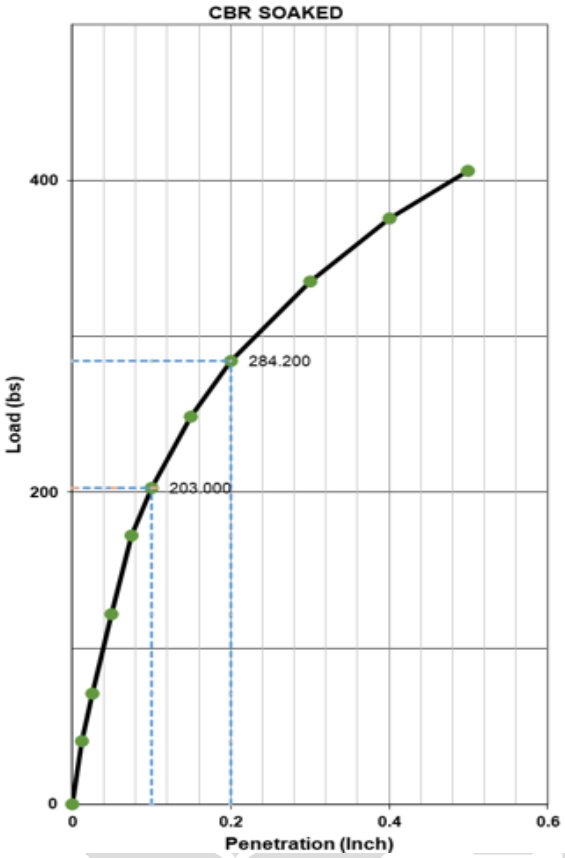
Berdasarkan Gambar 5.11 diatas, nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$CBR_{0,1} = \frac{700,35}{3000} \times 100\% = 23,35\%$

$CBR_{0,2} = \frac{1045,45}{4500} \times 100\% = 23,23\%$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1” > penetrasi 0,2”, sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1” sebesar 23,35%.

Berikut merupakan grafik hasil pengujian CBR *soaked* tanah asli + semen 3% dari Sambi pada Gambar 5.12 sebagai berikut.



Gambar 5. 12 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked*

Berdasarkan Tabel 5.12 diatas, nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$CBR_{0,1} = \frac{203,00}{3000} \times 100\% = 6,77\%$

$CBR_{0,2} = \frac{284,20}{4500} \times 100\% = 6,32\%$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1” > penetrasi 0,2”, sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1” sebesar 6,77%.

3. Sampel 3 Tanah Asli + Semen 5%

Hasil penambahan semen pada pengujian kepadatan tanah asli + semen 5% dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5. 11 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* dan *Soaked*

Penambahan Semen 5%		
Berat Sampel tanah asli	5000	gr
% Semen	0.05	%
Penambahan Semen	250	gr

Berdasarkan Tabel 5.11 diatas, penambahan semen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Berat sampel tanah asli = 5000 gram

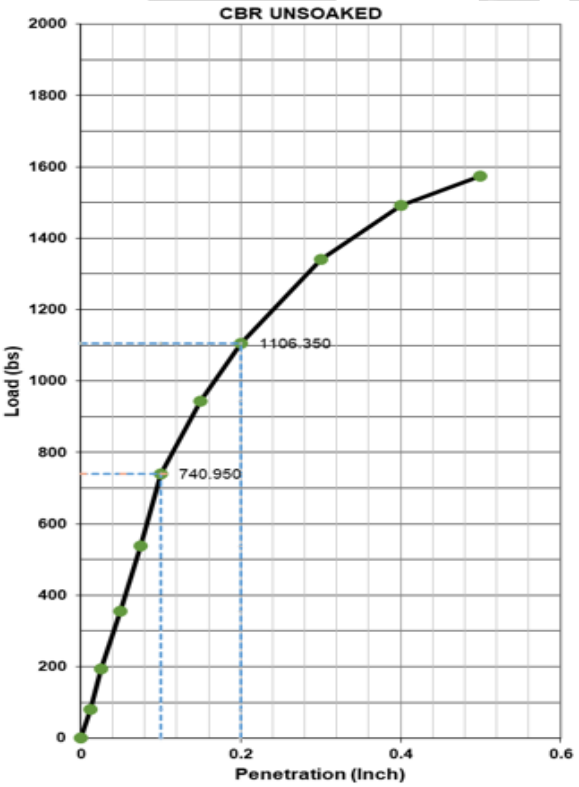
%Semen = $\frac{5}{100}$ = 0.05%

Penambahan semen = Berat sampel tanah asli x %Semen

= 5000 x 0.05

= 250 gram

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan % penambahan semen 5% adalah 250 gr. Berikut merupakan grafik hasil pengujian CBR *unsoaked* tanah asli + semen 5% dari Sambi pada Gambar 5.13 sebagai berikut.



Gambar 5. 13 Grafik Hasil Pengujian CBR *Unsoaked*

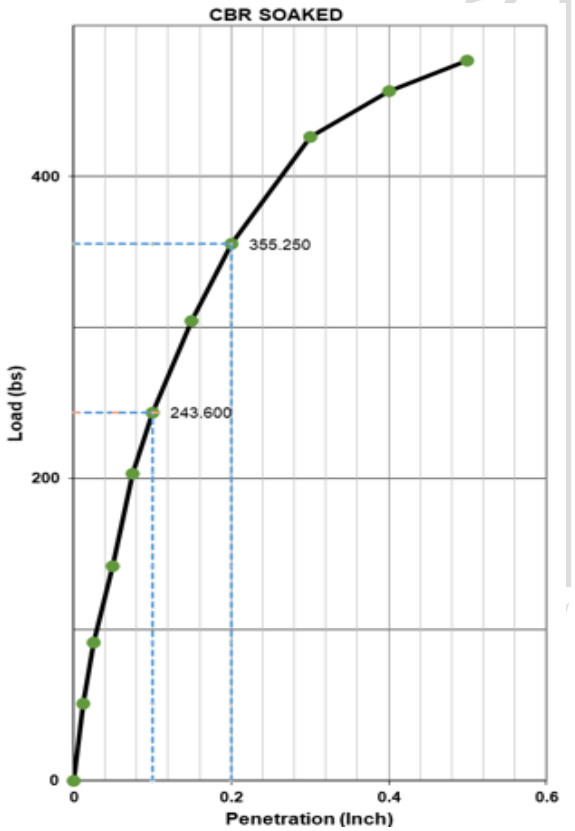
Berdasarkan Gambar 5.13 diatas, nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$CBR_{0,1} = \frac{740,95}{3000} \times 100\% = 24,70\%$

$CBR_{0,2} = \frac{1106,35}{4500} \times 100\% = 24,59\%$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1" > penetrasi 0,2", sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1" sebesar 24,70%.

Berikut merupakan grafik hasil pengujian CBR *soaked* tanah asli + semen 5% dari Sambi pada gambar 5.14 sebagai berikut.



Gambar 5. 14 Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked*

Berdasarkan Tabel 5.14 diatas, nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$CBR_{0,1} = \frac{243,60}{3000} \times 100\% = 8,12\%$

$CBR_{0,2} = \frac{355,25}{4500} \times 100\% = 7,89\%$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai penetrasi 0,1" > penetrasi 0,2", sehingga nilai CBR yang digunakan adalah CBR 0,1" sebesar 8,12%.

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

Pengujian kuat tekan bebas bertujuan untuk menentukan besarnya sudut geser dalam (φ), kohesi (Cu) dan kuat tekan bebas (qu). Pengujian kuat tekan bebas pada penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari pengujian kuat tekan bebas tanah asli dan pengujian kuat tekan bebas tanah asli dengan menggunakan bahan tambah stabilisasi yaitu semen. Bahan tambah semen dengan presentase sebesar 1%, 3% dan 5% terhadap berat sampel uji, serta dengan lama pemeraman masing-masing 1 hari dan 7 hari.

1. Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

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

   LRC = 0,506 kg/div

   Luas AO = 10,066 cm^2

   Tinggi Lo = 7,135 cm

   Total deformation ΔL = $\frac{320}{1000}$

   = 0,32 mm

   Pembacaan load dial = 46

   Total load, P = 46 × 0,506

   = 23,276 kg

   Regangan, ε = $\frac{\Delta L}{Lo}$

   = $\frac{0,400}{7,135}$

   = 5,606 %

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

   = $\frac{10,066}{1-0,944}$

$= 10{,}664\ cm^2$

Tegangan, σ $= \frac{P}{A}$

$= \frac{23{,}276}{10{,}664}$

$= 2{,}183\ kg/cm^2$

Pada pembacaan dial 40 terbaca dial beban 46 dengan beban 23,276 kg. Tegangan, qu = σ = $\frac{P}{A}$ = 2,183 kg/cm^2, setelah sampel mencapai beban maksimunya, sampel akan mengalami keruntuhan atau retak, maka dilakukan pengukuran sudut pada retakan yang ada pada sampel tanah tersebut.

Dari hasil pengujian didapat α = 60º, dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5. 15 Sudut Retakan (α)

Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Dari hasil pembacaan beban maksimum dan sudat keruntuhan dapat dihitung kohesi (C_u) dan sudut geser dalam (ϕ). Berikut contoh dari perhitungan kohesi pada tanah asli.

Kohesi, C_u $= \frac{qu}{2 \times tg\alpha}$

$= \frac{2{,}183}{2 \times tg\ 60}$

$= 0{,}630\ kg/cm^2$

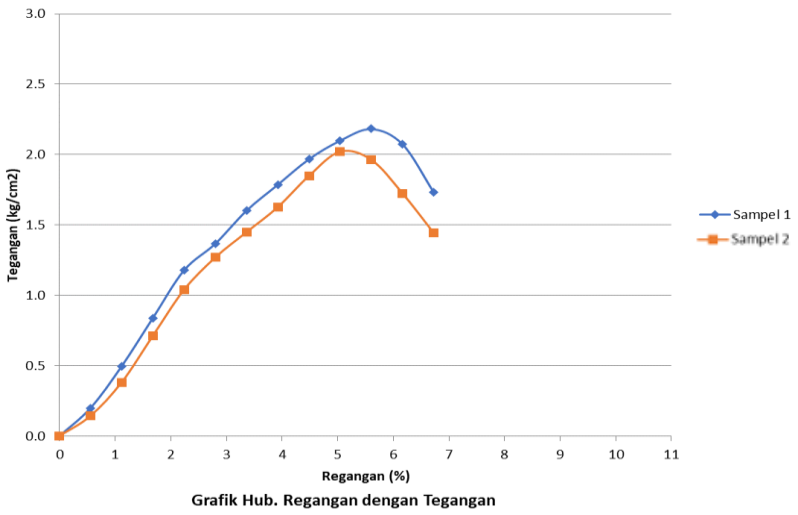
Berikut contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah asli.

Sudut geser dalam, ϕ $= 2 \times (\alpha\text{-}45°)$

$= 2 \times (60\text{-}45°)$

$= 30°$

Dari hasil perhitungan pengujian kuat tekan bebas tanah asli diatas, didapatkan nilai regangan (ε) dan tegangan (σ) untuk membuat grafik kuat tekan bebas tanah asli sampel 1 dan 2 yang dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan bebas tanah asli yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5. 12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli

Pengujian Kuat Tekan Bebas	α (°)	q_u (kg/cm^2)	Kohesi, c (kg/cm^2)	Sudut Geser Dalam, φ (°)
Sampel 1	60	2.183	0.630	30
Sampel 2	61	2.020	0.560	32
Rata-rata	61	2.102	0.595	31

Hasil pengujian kuat tekan bebas tanah asli menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas (q_u), kohesi (C_u) dan sudut geser dalam dalam

sampel tanah dari Sambi adalah 2,102 kg/cm^2 (nilai kuat tekan bebas), 0,595 kg/cm^2 (kohesi) dan 31° (sudut geser dalam).

2. Hasil Perhitungan Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah dengan Bahan Tambah Semen dan Pemeraman 1 serta 7 hari.

   Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan bebas tanah asli dengan campuran bahan stabilisasi berupa semen dengan lama pemeraman 1 hari dan 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan Semen

Variasi	Sampel	Rata-rata					
		Pemeraman 1 hari			Pemeraman 7 hari		
		q_u	Kohesi, cu	Sudut Geser Dalam, ϕ	q_u	Kohesi, cu	Sudut Geser Dalam, ϕ
		(kg/cm^2)	(kg/cm^2)	(°)	(kg/cm^2)	(kg/cm^2)	(°)
S 1%	1	2.523	0.728	30	3.489	0.851	38
	2	2.311	0.614	34	3.606	0.841	40
	Rata-rata	2.417	0.671	32	3.547	0.846	39
S 3%	1	3.185	0.811	36	4.953	1.103	42
	2	3.286	0.911	32	4.734	1.104	40
	Rata-rata	3.235	0.861	34	4.843	1.103	41
S 5%	1	5.269	1.342	36	6.416	1.428	42
	2	4.864	1.186	38	6.112	1.297	44
	Rata-rata	5.067	1.264	37	6.264	1.363	43

Keterangan:

S:Semen

5.5. Pembahasan

Penelitian dalam Tugas Akhir membahas mengenai sifat dan karakteristik dari sampel tanah asli dan tanah yang sudah dicampur menggunakan bahan tambah untuk stabilisasi berupa semen. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir berasal dari Sambi. Pembahasan penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan didasarkan pada data-data yang telah didapatkan dan disajikan pada pembahasan sebelumnya.

5.5.1 Tanah Asli

1. Sifat Fisik Tanah Asli

   Rekapitulasi dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan karakteristik pada tanah asli dari Sambi yang dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli

No.	Pengujian	Satuan	Hasil
1	Analisis Butiran Tanah		
	%Lolos#200	%	37.08
	Kerikil	%	1.82
	Pasir	%	61.10
	Butiran Halus	%	37.08
2	Batas-batas Konsistensi		
	Batas Cair (LL)	%	35.23
	Batas Plastis (PL)	%	31.31
	Indeks Plastisitas (PI = LL-PL)	%	3.92
3	*Proctor Modified*		
	Kadar Air Optimum (OMC)	%	22.27
	Nilai Kepadatan Maksimum (MDD)	gram/cm³	1.593

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

   Klasifikasi tanah berdasarkan *unified soil classification system* (USCS) dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 3.1. Berdasarkan hal tersebut

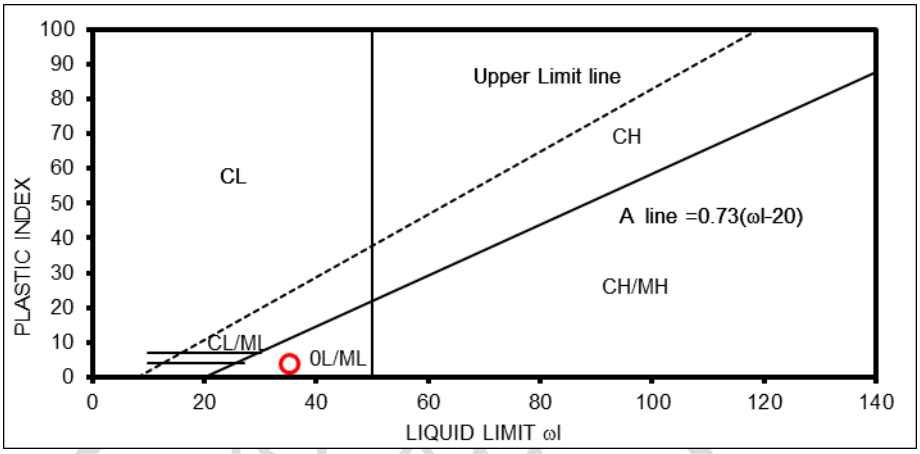
klasifikasi tanah dengan unified soil classification system (USCS) dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Divisi Utama

   Divisi utama ditentukan berdasarkan presentase tanah yang lolos saringan No. 200 dan pengujian batas cair. Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan didapatkan presentase tanah lolos saringan No.200 (0,075 mm) sebesar 37,08% dan nilai batas cair 35,23% maka sampel tanah termasuk dalam divisi termasuk klasifikasi tanah berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no 200:GW, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no 200: GC, SM, SC. 5%-12% lolos saringan no.200 batasan klasifikasi yang memenuhi simbol dobel.

b. Jenis Kelompok

   Jenis kelompok ditentukan berdasarkan dari pengujian batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas. Pada pengujian batas-batas konsistensi (*atteberg limit*) maka didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 35,23%, batas plastis (PL) sebesar 31,31% dan indeks plastisitas (PI) sebesar 3,92%. Nilai batas cair dan indeks plastisitas dapat diplotkan melalui grafik karakteristik tanah asli dan tabel klasifikasi tanah dengan metode *unified soil classification system* (USCS) untuk melakukan pengelompokkan tanah. Grafik karakteristik tanah asli dan Tabel hasil klasifikasi metode *unified soil classification system* (USCS) dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5. 17 Grafik Karakteristik Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS

Berdasarkan Gambar 5.17 diatas didaptkan nilai batas cair 35,23% dan nilai indeks plastisitas sebesar 3,92%, maka sampel tanah dapat dikategorikan dalam kelompok ML atau OL.

Hasil klasifikasi jenis tanah berdasarkan *unified soil classification system* (USCS) dan Simbol Kelompok Tanah dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan 5.19 berikut ini.

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

Gambar 5. 18 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan Metode USCS

Simbol Kelompok	Nama Jenis
GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung
GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran
GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung
GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran
SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
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
MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis
CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("*fat clays*")
OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Gambar 5. 19 Simbol Kelompok Metode USCS

Berdasarkan hasil klasifikasi tanah menurut *unified soil classification system* (USCS) diatas dapat diketahui bahwa sampel tanah dari Sambi termasuk klasifikasi tanah berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no 200: GW, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no 200: GC, SM, SC. 5%-12% lolos saringan no.200 batasan klasifikasi yang memenuhi simbol dobel sehingga termasuk dalam kelompok SM, yaitu pasir berlanau, campuran pasir-lanau.

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

   a. Klasifikasi Umum

      Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan didapatkan persentase tanah lolos yang saringan No. 200 (0,075 mm) sebesar 37,08% maka sampel tanah termasuk dalam klasifikasi umum tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan No. 200).

   b. Klasifikasi Kelompok

      Klasifikasi kelompok ditentukan berdasarkan presentase tanah lolos saringan No. 200, nilai batas cair, indeks plastisitas dan indeks

kelompok yang dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut

1) Pada pengujian analisa saringan didapatkan presentase tanah yang lolos saringan No. 200 sebesar 37,08%.
2) Pada pengujian batas-batas konsistensi (*atteberg limit*) didapatkan nilai batas cair sebesar 35,23%, batas plastis sebesar 31,31%, dan indeks plastisitas sebesar 3,92%. Dengan rincian berada pada Kelompok A-4.
3) Nilai Indeks Kelompok (GI) dihitung berdasarkan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

   GI = (F-35) [0,2 + 0,005 (LL-40)] + 0,01 (F-15) (PL-10)
   = (37,08 - 35) [0,2 + 0,005 (35,23 - 40)] + 0,01 (37,08 - 15) (31,31 - 10)
   = 5,06 %

   Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka sampel tanah memenuhi syarat dalam klasifikasi kelompok A-4 yaitu tanah lolos saringan No. 200 minimal sebesar 36%, nilai batas cair maksimal sebesar 40%, indeks plastisitas maksimal 10% dan indeks kelompok maksimal sebesar 8%.

c. Tipe Material yang Pokok pada Umumnnya

   Berdasarkan hasil klasifikasi kelompok maka sampel tanah termasuk tipe material pokok tanah berlanau.

d. Penilaian Umum sebagai Tanah Dasar

   Berdasarkan klasifikasi umum (jenis tanah lanau-lempung), maka penilaian umum sebagai tanah dasar untuk sampel tanah yang diuji termasuk dalam kategori sedang sampai buruk.

Hasil klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut ini.

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

Gambar 5. 20 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan AASHTO

Berdasarkan hasil klasifikasi tanah dengan metode AASHTO dapat diketahui bahwa sampel tanah dari Sambi termasuk dalam kelompok A-4 dengan jenis tanah berlanau dan sifat tanah dasar sedang sampai buruk. Dapat disimpulakan tanah asli dari Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah mengacu pada sistem USCS tergolong jenis tanah Pasir berlanau dengan kelompok klasifikasi SM dan sistem AASHTO tergolong kedalam kelompok A-4.

5.5.2 Pengujian *Calfornia Bearing Ratio* (CBR)

Rekapitulasi dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk menentukan nilai CBR tanah asli dan campuran tanah asli dan semen pada penambahan 1%, 3% dan 5% pada tanah asli dari Sambi yang dilakukan pemermaman selama 1 hari dan perenaman 4 hari dapat dilihat berikut ini.

1. CBR Tanah Asli

   Rekapitulasi pengujian CBR *unsoaked* dan *soaked* dapat dilihat pada tabel 5.15 sebagai berikut:

Tabel 5. 15 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* dan *Soaked*

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	21.99	21.88
CBR DESIGN	21.99	
Soaked	5.41	5.19
CBR DESIGN	5.41	

Dari hasil rangkuman pengujian diatas didapatkan nilai CBR *Design Unsoaked* sebesar 21,99% dan CBR *Design Soaked* sebesar 5,41%.

2. Sampel 1 Tanah Asli + Semen 1%

   Rekapitulasi pengujian CBR *unsoaked* dan *soaked* Tanah asli + Semen 3% dapat dilihat pada tabel 5.16 sebagai berikut:

Tabel 5. 16 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 1%

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	22.67	21.88
CBR DESIGN	22.67	
Soaked	5.75	5.64
CBR DESIGN	5.75	

Dari hasil rangkuman pengujian diatas didapatkan nilai CBR *Design Unsoaked* sebesar 22,67% dan CBR *Design Soaked* sebesar 5,75%.

3. Sampel 2 Tanah Asli + Semen 3%

   Rekapitulasi pengujian CBR *unsoaked* dan *soaked* tanah asli + Semen 3% dapat dilihat pada tabel 5.17 sebagai berikut:

Tabel 5. 17 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 3%

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	23.35	24.36
CBR DESIGN	23.35	
Soaked	6.77	6.32
CBR DESIGN	6.77	

Dari hasil rangkuman pengujian diatas didapatkan nilai CBR *Design Unsoaked* sebesar 23,35% dan CBR *Design Soaked* sebesar 6,77%.

4. Sampel 3 Tanah Asli + Semen 5%

Rekapitulasi pengujian CBR *unsoaked* dan *soaked* Tanah asli + Semen 5% dapat dilihat pada tabel 5.18 sebagai berikut:

Tabel 5. 18 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5%

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	24.70	26.62
CBR DESIGN	24.70	
Soaked	8.12	8.35
CBR DESIGN	8.12	

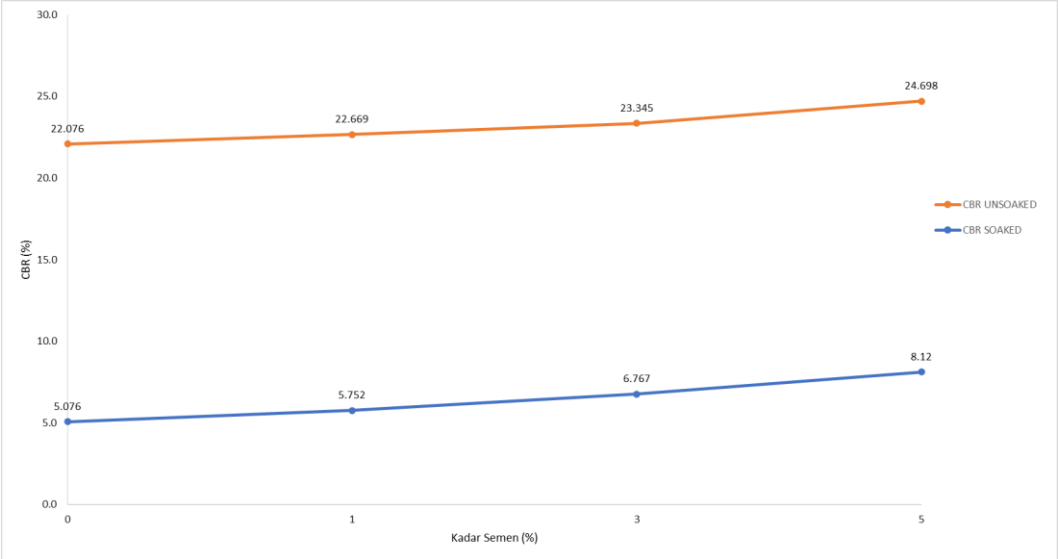
Dari hasil rangkuman pengujian diatas didapatkan nilai CBR *Design Unsoaked* sebesar 24,70% dan CBR *Design Soaked* sebesar 8,12%.

Dari hasil perhitungaan diatas berikut merupakan rekapitulasi nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked* untuk variasi semen 1% ,3% dan 5% pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked*

Keterangan	***CBR DESIGN UNSOAKED***	***CBR DESIGN SOAKED***
Pemeraman	1	1
Perendaman	-	4
TA	22.076	5.075
TA + 1% S	22.668	5.752
TA + 3% S	23.345	6.767
TA + 5% S	24.698	8.12

Dari hasil pengujian CBR diatas, grafik perbandingan nilai CBR *Design Unsoaked* dan *Soaked* terhadap variasi penambahan campuran semen dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Nilai CBR terhadap Variasi Semen

Dari grafik hasil pengujian CBR *Design Unsoaked* dan *Soaked* dengan pemeraman 1 hari dan perendaman 4 hari diatas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai CBR. Nilai CBR *Design Unsoaked* dan *Soaked* tanah asli didapatkan nilai sebesar 22.076 dan 5.075, yang mengalami kenaikan setelah tanah asli diberikan bahan tambah atau campuran semen. Nilai CBR *Design Unsoaked* dan *Soaked* dengan variasi campuran semen memiliki nilai tertinggi pada variasi campuran semen sebesar 5% dengan lama pemeraman 1 hari dan perendaman selama 4 hari, nilai CBR *Design Unsoaked* menjadi 24.698 dan nilai CBR *Design Soaked* menjadi 8.12. Dapat disimpulkan nilai CBR *Design Unsoaked* dan *Soaked* tertinggi yaitu pada variasi campuran semen 5% dengan lama pemeraman 1 hari dan perendaman 4 hari.

5.5.3 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Uncofined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah asli maupun tanah yang sudah diberikan bahan tambah atau campuran dengan variasi semen serta lama pemeraman 1 dan 7 hari. Pengujian ini dilakukan pada kondisi tanah dengan kadar air yang optimum. Tegangan aksial

yang diberikan diatas benda uji bertahap bertambah dengan durasi waktu yang telah ditentukan sampai benda uji mengalami keretakan atau keruntuhan.

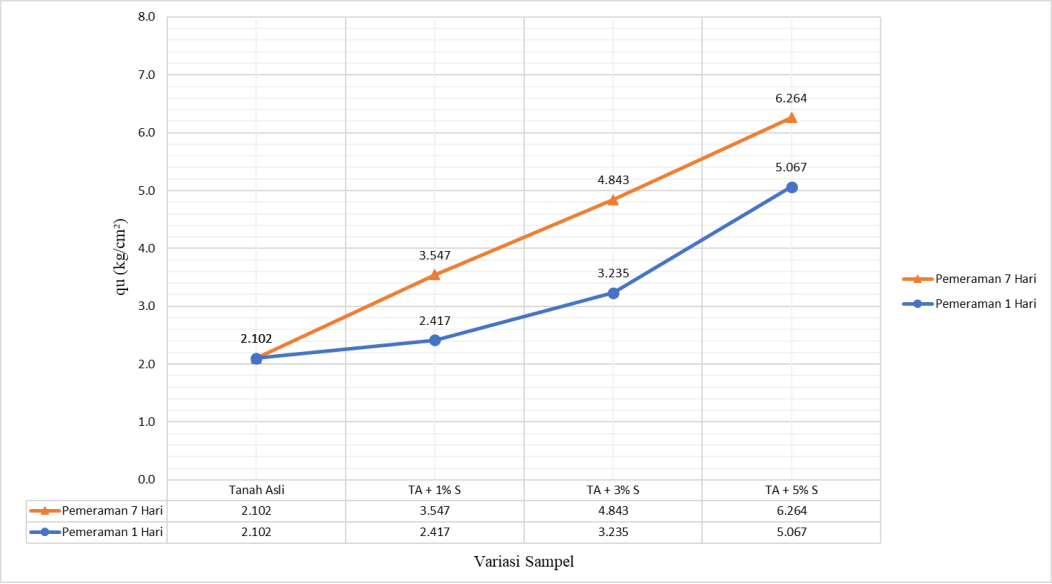
1. Analisis Kuat Tekan Bebas (q_u)

   Perbandingan nilai kuat tekan bebas tanah pada pengujian kuat tekan bebas dalam menggunakan bahan tambah atau campuran semen dan lama pemeraman 1 serta 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

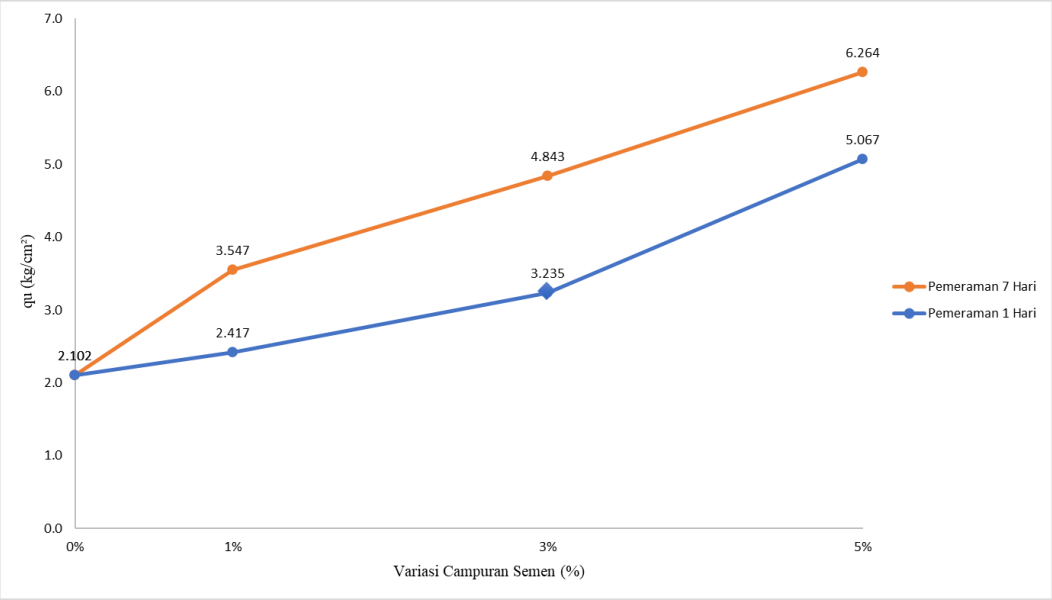
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan (q_u) Bebas

Keterangan	Nilai Kuat Tekan Bebas, q_u (kg/cm^2)	
Pemeraman (hari)	1	7
Tanah Asli	2.102	
Tanah Asli + Semen 1%	2.417	3.547
Tanah Asli + Semen 3%	3.235	4.843
Tanah Asli + Semen 5%	5.067	6.264

Dari hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) diatas, grafik perbandingan kuat tekan bebas (q_u) terhadap variasi penambahan campuran semen dan lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.22 dan Gambar 5.23 berikut.

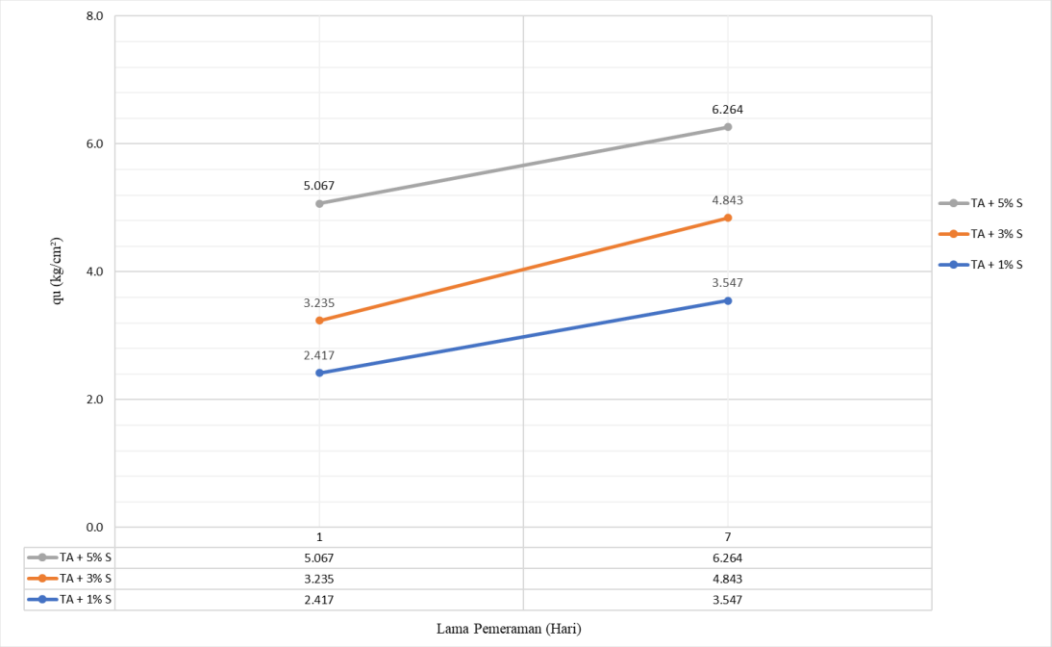


Gambar 5. 22 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas (qu)



Gambar 5. 23 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas Terhadap Variasi Semen

Dari grafik pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) terhadap variasi campuran dengan lama pemeraman 1 dan 7 hari diatas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai kuat tekan bebas (q_u) seiring dengan bertambahnnya nilai campuran semen disertai dengan pemeraman sampel yang semakin lama semakin meningkat. Rekapitulasi nilai kuat tekan bebas (qu) terhadap lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut.



Gambar 5. 24 Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas terhadap Lama Pemeraman

Dari grafik hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) diatas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai kuat tekan bebas (q_u). Nilai kuat tekan bebas (q_u) tanah asli didapatkan nilai sebesar 2,102 kg/cm^2 yang mengalami kenaikan setelah tanah asli diberikan bahan tambah atau campuran semen. Nilai kuat tekan bebas (q_u) dengan variasi campuran semen memiliki nilai tertinggi pada variasi campuran semen sebesar 5% dengan lama pemeraman 7 hari, nilai kuat tekan bebas (q_u) menjadi 6,264 kg/cm^2.

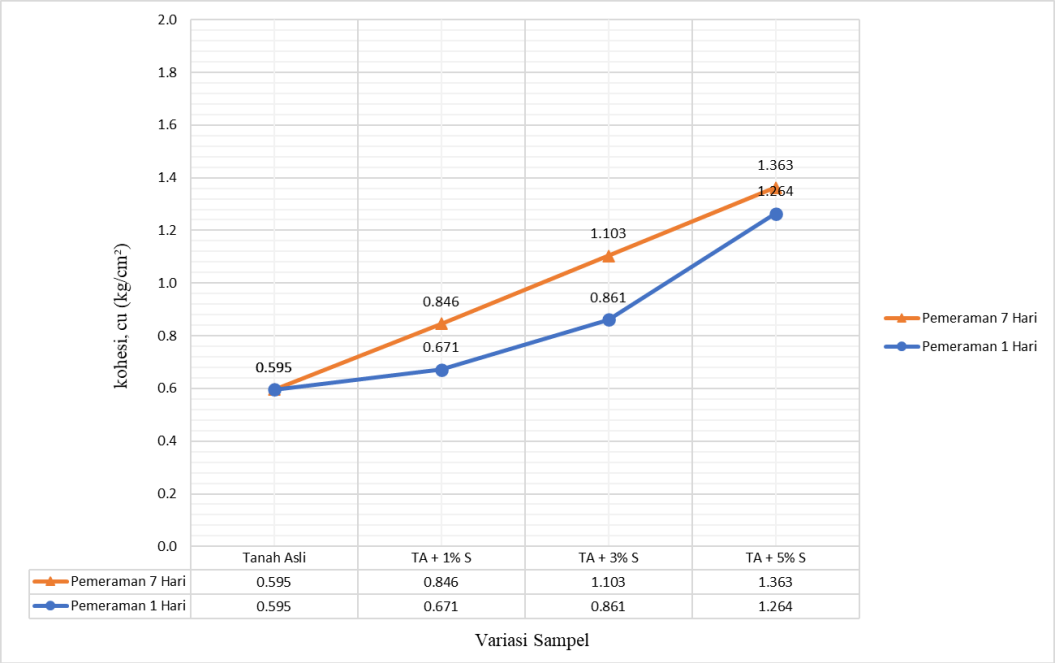
2. Kohesi (Cu)

   Perbandingan nilai kohesi (Cu) pada pengujian kuat tekan bebas tanah dalam menggunakan bahan tambah atau campuran semen dan lama pemeraman 1 serta 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

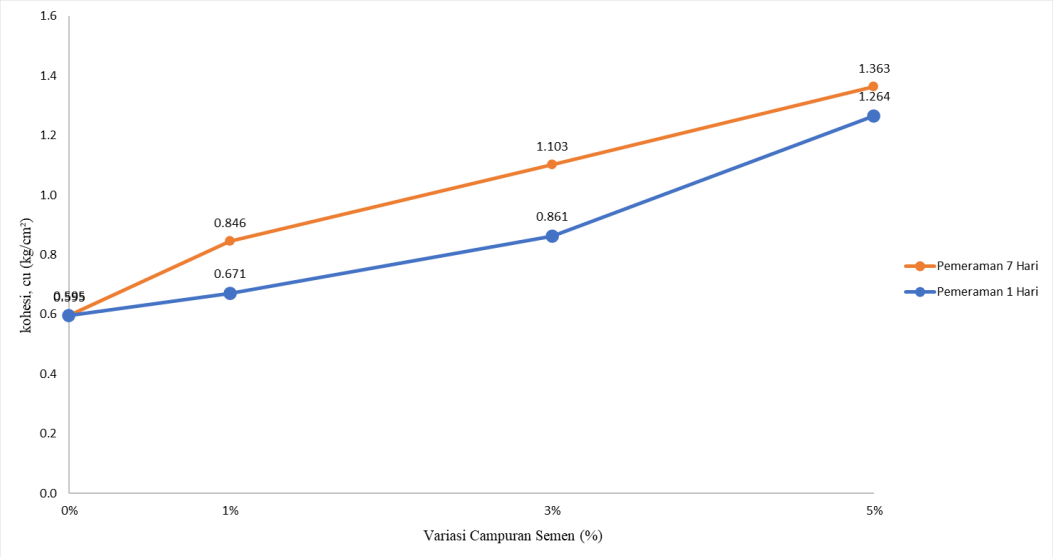
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Nilai Kohesi (Cu)

Keterangan	Nilai Kohesi, Cu (kg/cm²)	
Pemeraman (hari)	1	4
Tanah Asli	0.595	
Tanah Asli + Semen 1%	0.671	0.846
Tanah Asli + Semen 3%	0.861	1.103
Tanah Asli + Semen 5%	1.264	1.363

Dari hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) diatas grafik perbandingan nilai kohesi (Cu) terhadap variasi penambahan campuran semen dan lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26 berikut.

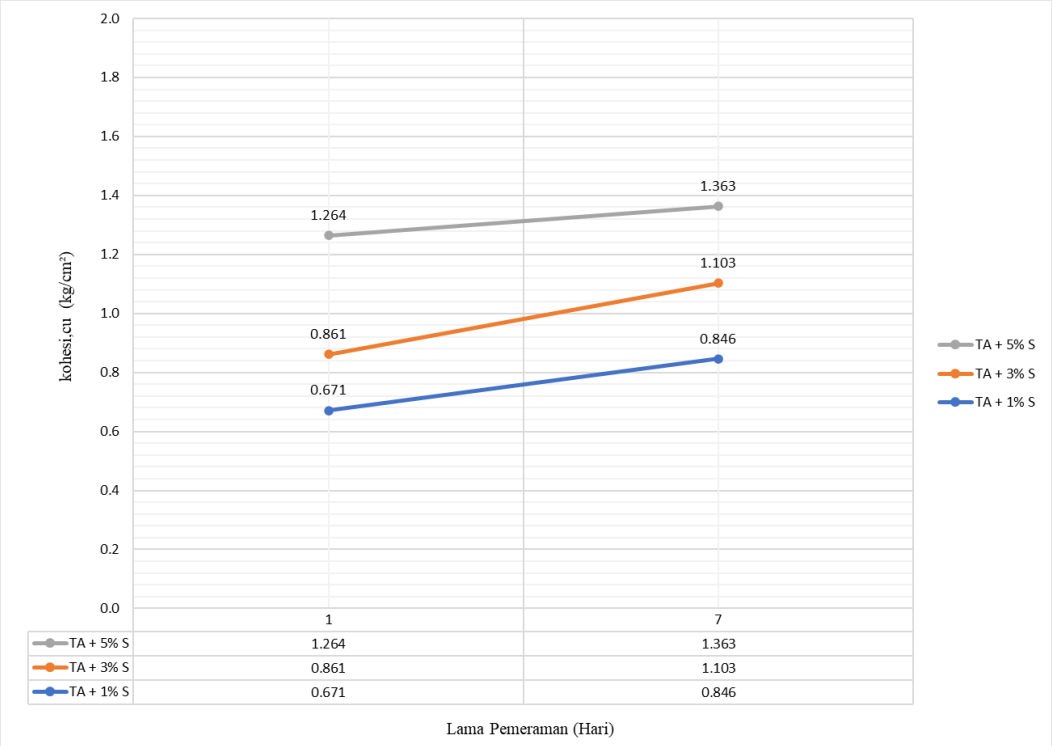


Gambar 5. 25 Grafik Perbandingan Nilai Kohesi terhadap Variasi Semen



Gambar 5. 26 Grafik Nilai Kohesi terhadap Variasi Semen

Dari grafik nilai kohesi (Cu) terhadap variasi campuran dengan lama pemeraman 1 dan 7 hari diatas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai kohesi (Cu) seiring dengan bertambahnnya nilai campuran semen disertai dengan pemeraman sampel yang semakin lama semakin meningkat. Rekapitulasi nilai kohesi (Cu) terhadap lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.27 berikut.



Gambar 5. 27 Grafik Nilai Kohesi Terhadap Lama Pemeraman

Dari hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) diatas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai kohesi (Cu). Nilai kohesi (Cu) tanah asli didapatkan nilai sebesar 0,595 kg/cm^2 yang mengalami kenaikan setelah tanah asli diberikan bahan tambah atau campuran semen. Nilai kohesi (Cu) dengan variasi campuran semen memiliki nilai tertinggi pada variasi campuran semen sebesar 5% dengan lama pemeraman 7 hari, nilai kohesi (Cu) menjadi 1,363 kg/cm^2.

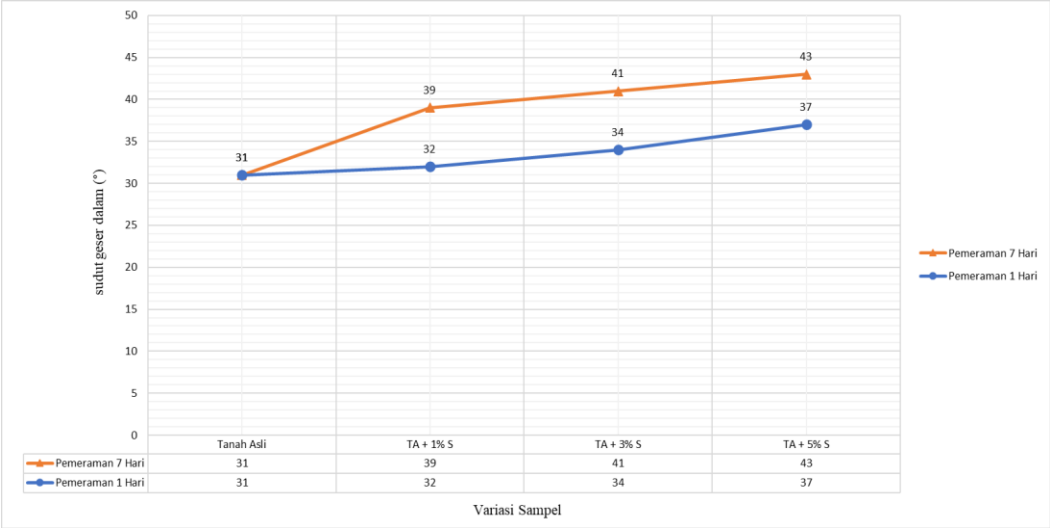
3. Sudut Geser Dalam (φ)

Perbandingan nilai sudut geser dalam (φ) pada pengujian kuat tekan bebas tanah dalam menggunakan bahan tambah atau semen dan lama pemeraman 1 serta 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

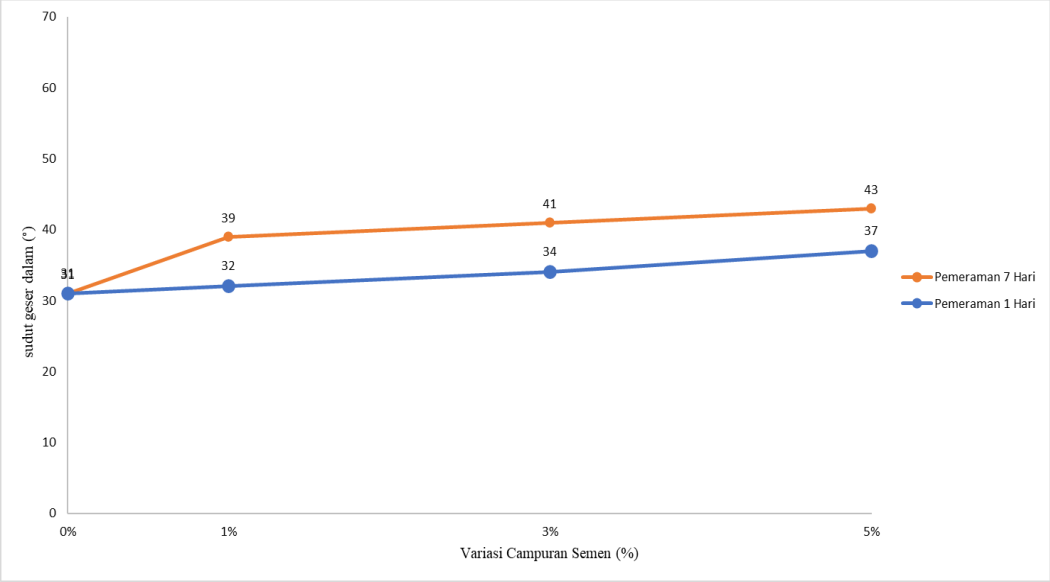
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hasil Nilai Sudut Geser Dalam (φ)

Keterangan	Nilai Sudut Geser Dalam, φ (°)	
Pemeraman (hari)	1	7
Tanah Asli	31	
Tanah Asli + Semen 1%	32	33
Tanah Asli + Semen 3%	34	41
Tanah Asli + Semen 5%	37	43

Dari hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) diatas, grafik perbandingan nilai sudut geser dalam (φ) terhadap variasi penambahan campuran semen dan lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.28 dan Gambar 5.29, dan Gambar 5.30 berikut.

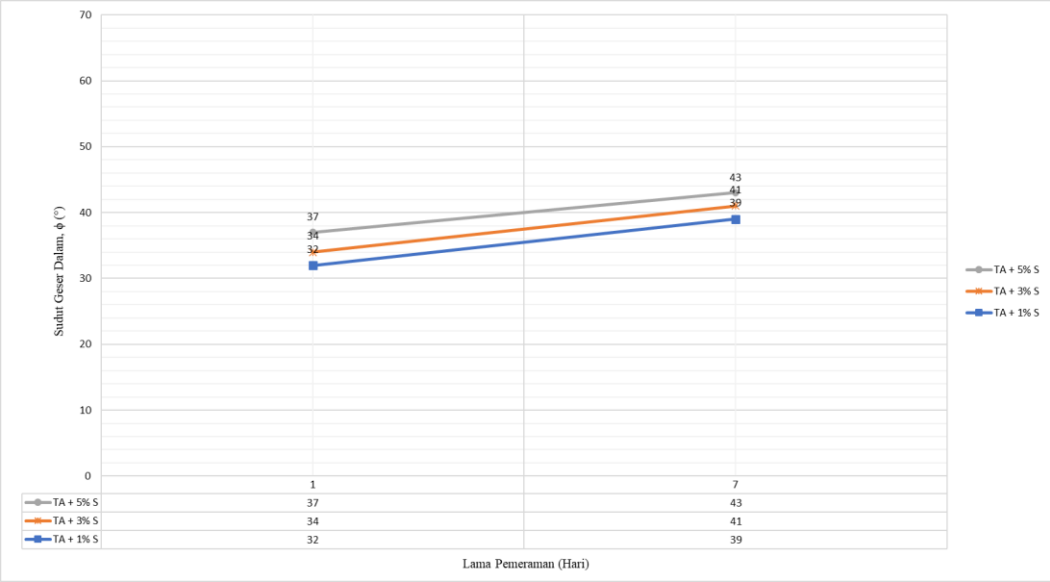


Gambar 5. 28 Grafik Perbandingan Nilai φ Terhadap Variasi Semen



Gambar 5. 29 Grafik Perbandingan Nilai φ Terhadap Variasi Semen

Dari grafik nilai sudut geser dalam (φ) terhadap variasi campuran dengan lama pemeraman 1 dan 7 hari diatas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai sudut geser dalam (φ) seiring dengan bertambahnnya nilai campuran semen disertai dengan pemeraman sampel yang semakin lama semakin meningkat. Rekapitulasi nilai sudut geser dalam (φ) terhadap lama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.29 berikut.



Gambar 5. 30 Grafik Perbandingan Nilai φ Terhadap Lama Pemeraman

Dari hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) diatas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai sudut geser dalam (φ). Nilai sudut geser dalam (φ) tanah asli didapatkan nilai sebesar 31° yang mengalami kenaikan setelah tanah asli diberikan bahan tambah atau campuran semen. Nilai sudut geser dalam (φ) dengan semen memiliki nilai terbesar pada variasi campuran semen sebesar 5% dengan lama pemeraman 7 hari, nilai sudut geser dalam (φ) menjadi 43°.

Perbandingan nilai CBR *Design unsoaked* dan *soaked* serta nilai kuat tekan bebas (q_u) pada pengujian diatas dalam menggunakan bahan tambah atau semen serta waktu pemerman 1 dan 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut ini.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi CBR Design *unsoaked* dan *soaked*

Keterangan	*CBR Design Unsoaked*	*CBR Design Soaked*	Nilai Kuat Tekan Bebas, q_u (kg/cm^2)	
Pemeraman (hari)	1		1	7
TA + S 1%	22.668	5.752	2.417	3.547
TA + S 3%	23.345	6.767	3.235	4.843
TA + S 5%	24.698	8.120	5.067	6.264

Dari hasil pengujian CBR *Design unsoaked* dan *soaked* dan kuat tekan bebas diatas, grafik perbandingan nilai CBR dan kuat tekan bebas terhadap variasi penambahan campuran semen serta lama pemareman 1 dan 7 hari menunjukkan terjadinya peningkatan nilai setelah tanah asli diberikan bahan tambah atau campuran semen dengan lama pemeraman 1 hari maupun 7 hari. Nilai CBR *Design Unsoaked*, nilai CBR *Design Soaked* dan nilai kuat tekan bebas (q_u) terus mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnnya campuran semen dan semakin lamannya waktu pemerman. Dapat disimpulkan nilai CBR *Design Unsoaked* dan nilai CBR *Design Soaked* tertinggi yaitu pada variasi campuran semen 5% dengan lama

pemeraman 1 hari dan perendaman 4 hari sedangkan nilai kuat tekan bebas (q_u) tertinggi yaitu pada variasi campuran semen 5% dengan lama pemeraman 7 hari.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan adalah pengujian tanah asli yang berasal dari Kecamatan Sambi dengan campuran bahan tambah semen. Didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Sifat fisik tanah dari Kecamatan Sambi Di Proyek TOL Solo-Yogya NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten Sta 3+000 Sampai Sta 5+000 antara lain tekstur tanah pasir berlanau dan penilain umum sebagai tanah dasar yaitu sedang sampai buruk.
2. Sampel tanah asli dari Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah Di Proyek TOL Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten Sta 3+000 Sampai Sta 5+000 menurut sistem klasifikasi tanah USCS tergolong jenis tanah Pasir berlanau dengan kelompok klasifikasi SM. Sedangkan menurut sistem klasifikasi AASHTO diketahui bahwa tanah tergolong kedalam kelompok A-4, yaitu tanah dengan tipe material pokok pada umumnya tanah berlanau dan penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai dengan buruk.
3. Dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) Laboratorium dengan pemeraman selama 1 hari dan perendaman 4 hari yang telah dilakukan terhadap tanah asli yang dipadatkan, didapat nilai CBR *Design Unsoaked* sebesar 21,99% dan CBR *Design Soaked* sebesar 5,41%.
4. Berdasarkan hasil dari pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) tanah asli didapat nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 2,102 kg/cm^2, nilai kohesi (Cu) sebesar 0,595 kg/cm^2 dan nilai sudut geser dalam (φ) sebesar 31º.
5. Diperoleh nilai CBR yang sudah dilakukan stabilisasi dengan pemeraman selama 1 hari dan perendaman 4 hari dalam keadaan tanah asli + semen

1% *unsoaked* sebesar 22,668% dan *soaked* sebesar 5,752%, keadaan tanah asli + semen 3% *unsoaked* sebesar 23,345% dan *soaked* sebesar 6,767% dan keadaan tanah asli + semen 5% *unsoaked* sebesar 24,698% dan *soaked* sebesar 8,12%.

6. Berdasarkan hasil dari pengujian yang sudah dilakukan stabilisasi dengan pemeraman selama 1 hari pada penambahan campuran semen 1% memiliki nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 2,417 kg/cm^2, nilai kohesi (c) sebesar 0,671 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar (φ) 32°, penambahan campuran semen 3% memiliki nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 3,235 kg/cm^2, nilai kohesi (c) sebesar 0,861 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar (φ) 34° dan penambahan campuran semen 5% memiliki nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 5,067 kg/cm^2, nilai kohesi (c) sebesar 1,264 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar (φ) 37° dan untuk pemeraman selama 7 hari pada penambahan campuran semen 1% memiliki nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 3,547 kg/cm^2, nilai kohesi (c) sebesar 0,846 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar (φ) 39°, penambahan campuran semen 3% memiliki nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 4,843 kg/cm^2, nilai kohesi (c) sebesar 1,103 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar (φ) 41° dan penambahan campuran semen 5% memiliki nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 6,264 kg/cm^2, nilai kohesi (Cu) sebesar 1,363 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar (φ) 43°
7. Pengaruh nilai variasi semen terhadap nilai CBR dan Kuat Tekan Bebas dengan pemeraman 1 hari terus mengalami kenaikan seiring berdasarkan variasi penambahan semen, dengan nilai CBR Unsoaked TA + S1% adalah 22,668, TA + S3% adalah 23,345 dan TA + S5% adalah 24,698. Nilai CBR Soaked TA + S1% adalah 5,752, TA + S3% adalah 6,767 dan TA + S5% adalah 8,12. Nilai Kuat Tekan Bebas TA + S1% adalah 0,208, TA + S3% adalah 0,285 dan TA + S5% adalah 0,375. Maka hasil pengujian ini dapat diketahui pula bahwa nilai CBR tanah asli Kecamatan Sambi dengan campuran semen akan meningkat seiring bertambahnya variasi campuran semen.

8. Bahan tambah semen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai CBR tanah asli. Diperoleh nilai CBR tanah asli dalam keadaan *unsoaked* sebesar 21,99% dan soaked sebesar 5,41%. Nilai CBR tertinggi dalam keadaan *unsoaked* berada pada semen 5% dengan pemeraman 1 hari dan perendaman selama 4 hari sebesar 24,70% dengan peningkatan sebesar 2,71% dari tanah asli. Sama halnya dengan *unsoaked*, nilai CBR tertinggi yang diperoleh dalam keadaan soaked yaitu pada semen 5% sebesar 8,12% dengan peningkatan sebesar 2,71%. Maka hasil pengujian ini dapat diketahui pula bahwa nilai CBR tanah asli Kecamatan Sambi dengan campuran semen akan meningkat seiring bertambahnya variasi campuran, semen 5% memiliki pengaruh lebih tinggi dibandingkan dengan variasi semen 3% dan variasi semen 1%.
9. Menurut hasil dari pengujian sifat mekanis tanah, sampel tanah asli dari Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah Di Proyek TOL Solo-Yogya-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten Sta 3+000 Sampai Sta 5+000 pada parameter pengujian kuat tekan bebas memiliki nilai kuat tekan bebas (qu) sebesar 2.102 kg/cm^2, nilai kohesi (c) sebesar 0,595 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar (φ) 31°. Berdasarkan hasil dari pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) ditambah semen terus mengalami peningkatan nilai kuat tekan bebas (qu) dan nilai kohesi (c) seiring dengan makin banyaknya kandungan % semen serta lama waktu pemeraman, dengan variasi tertinggi berada pada campuran semen 5% dan pemeraman 7 hari dengan nilai qu 6,264 kg/cm^2 dan nilai kohesi (c) 1,363 kg/cm^2 dan pada nilai sudut geser dalam (φ) sebesar 43º. Berdasarkan hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan variasi campuran bahan tambah semen dan waktu pemeraman sangat beroengaruh dalam meningkatkan nilai kuat tekan bebas (qu), nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ).

6.2 Saran

Penelitian yang dilakukan belum sempurna sehingga memerlukan beberapa saran untuk penelitian stablisisasi selanjutnya. Berikut saran-saran yang dapat diberikan.

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba meneliti dengan perbandingan variasi campuran semen yang lebih besar untuk mengetahui nilai maksimum dari bahan tambah tersebut.
2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan pengujian swelling untuk mengetahui potensi pengembangan tanah yang diuji.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode pengujian yang berbeda seperti uji konsolidasi dan triaksial untuk mengetahui perbandingannya dengan hasil uji CBR.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 1974, "*Standar for Highway Material, National Press Building"*, Washington, D.C.

Annual Report 2020 PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.

Asmat. 2009. "*Studi Analisis Stabilisasi Tanah Dengan Semen (Soil Cement) Pada Proyek Jalan Outer Ring Road (Studi Kasus Pada Sta 0+400 Dan Sta 25+650)*", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.

ASTM D1883 67. *Standard Test Method for California Bearing Ratio (*CBR*) of Laboratory-Compacted Soils*

Ayyas. 2023. Pengaruh Penambahan Asam Fosfat (H_3Po_4) Dan Fly Ash Pada Tanah Berbutir Halus Terhadap Parameter Kuat Tekan Bebas. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Basral. 2019. Analisis Pengaruh Penambahan Gypsum dan Semen Untuk Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR. Tugas Akhir. Universitas Medan Area. Medan.

Chodwury.dkk. 2016. "*Stabilization of Organic Soil from Bangladesh with Cement and Fly Ash*". *Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET), Dhaka, Bangladesh*.

Darwis. 2017. "*Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*", Yogyakarta: Pustaka AQ Nyutran MG II.

Das. 1993, "*Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*". Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta.

Endrico. 2021. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Merah Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung dengan Pengujian California Bearing Ratio (CBR) dan Kuat Tekan Bebas. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Fitridawati. & Lusi. 2017. "*Stabilisasi Tanah dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman",* Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning.

Hangge, E. E., Bella, R. A. & Ullu, M. C., 2021. Pemanfaatan Fly Ash untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif. *Jurnal Teknik Sipil*, Volume 10 No. 1, pp. 1-14.

Hardiyatmo. 2002. "*Teknik Pondasi I edisi kedua*", Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hardiyatmo. (2010). "*Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasaan Jalan*", Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo. (2012). "*Mekanika Tanah I*". Edisi. Ke-6. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo. (2016). "*Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah*". Cetakan Ke-2, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Kezdi, A. 1979, "*Stabilization Earth Roads*", Elvesier Scientific Publishing Company, New York.

Lambe, T.W., (1979), "*Soil Mechanic*", John Wiley Eastern Limited, New Delhi
Mechanical Fasteners in Wood. ASTM designation: D 1761-88:309-310:2487-06 Philadelpia. PA.

Miftahul, A. & Syawal, S. (2015). "*Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Kuat Geser Lempung Sebelum Dan Sesudah Penjenuhan",* [Jurnal Fakultas Teknik]. vol. 2 no. 1.

Mitchell. 1976, "*Fundamental of Soil Behavior*, John Wiley and Sons. Inc New York.

SNI 1732-1989-F, Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen.

Sudjianto. 2006. "*Pengaruh Matric Suction Terhadap Perilaku Kembang Bebas Tanah Lempung Ekspansif*". Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang.

Syawali. 2017. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Gypsum, Kapur (Cao) dan Semen Ditinjau Dari Nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara. Medan

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

Wesley. 1977. "*Mekanika Tanah, cetakan VI*", Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

LAMPIRAN

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

HASIL PENGUJIAN MATERIAL TIMBUNAN
STA 3+000 - 5+000

Tanggal : 27 Juni 2023

Proyek : PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

NO.	LOKASI SAMPLE	Analisa Saringan			Atterberg Limit			Proctor Modified			Hasil CBR ASLI		Hasil CBR + 1%		Hasil CBR + 3%		Hasil CBR + 5%		Klasifikasi Tanah	Activity	Status	Hasil Tekan Bebas Asli Sampel 1 & 2		Hasil Tekan Bebas + 1% Sampel 1 & 2		Hasil Tekan Bebas + 3% Sampel 1 & 2		Hasil Tekan Bebas + 5% Sampel 1 & 2	
		Kerikil	Pasir	Lanau	Liquid Limits	Plastic Limits	Plasticity Index	Specific gravity	OMC	Y dmax	65 tumbukan 0,1"	65 tumbukan 0,2"	65 tumbukan 0,1"	65 tumbukan 0,2"	65 tumbukan 0,1"	65 tumbukan 0,2"	65 tumbukan 0,1"	65 tumbukan 0,2"											
		%	%	%	%	%	%	(Gs)	%	(gr/cc)	%	%	%	%	%	%	%	%											
											UNSOAKED		UNSOAKED		UNSOAKED		UNSOAKED												
1	EX. SAMBI BOYOLALI PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D 22+300)	1.82	61.10	37.08	35.23	31.31	3.92	2.617	22.50	1.594	21.99	21.88	22.67	21.88	23.35	23.23	24.70	24.59	A - 4	0.122		$q_u(kg/cm^2)$	0.193	$q_u(kg/cm^2)$	0.209	$q_u(kg/cm^2)$	0.284	$q_u(kg/cm^2)$	0.380
																						$C_u(kg/cm^2)$	0.026	$C_u(kg/cm^2)$	0.042	$C_u(kg/cm^2)$	0.072	$C_u(kg/cm^2)$	0.119
											SOAKED		SOAKED		SOAKED		SOAKED					α (°)	75	α (°)	68	α (°)	63	α (°)	58
											5.41	5.19	5.75	5.64	6.77	6.32	8.12	7.89				ϕ (°)	60	ϕ (°)	46	ϕ (°)	36	ϕ (°)	26
	Spesifikasi	1. Bebas dari Bahan Organik									**CBR < 6 %**		**CBR < 6 %**		**CBR > 6 %**		**CBR > 6 %**		Klasifikasi bukan A-7-6			$q_u(kg/cm^2)$	0.187	$q_u(kg/cm^2)$	0.208	$q_u(kg/cm^2)$	0.287	$q_u(kg/cm^2)$	0.370
		2. Merupakan Tanah Aktif																				$C_u(kg/cm^2)$	0.029	$C_u(kg/cm^2)$	0.044	$C_u(kg/cm^2)$	0.079	$C_u(kg/cm^2)$	0.120
		(PI/ % *clay*) > 1,25																				α (°)	73	α (°)	67	α (°)	61	α (°)	57
																						ϕ (°)	56	ϕ (°)	44	ϕ (°)	32	ϕ (°)	24

Dibuat Oleh:

Penguji



Fabian

PEMBANGUNAN

JASAMARGA JOGJA SOLO

JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO

SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

No. Boring	-	Material :	Borrow
Test No	1-(12-06-2023)	Operator Lab :	Fabian
Quarry	Ex. Sambi	Analisator :	Habib Nashrulloh

ANALISA SARINGAN

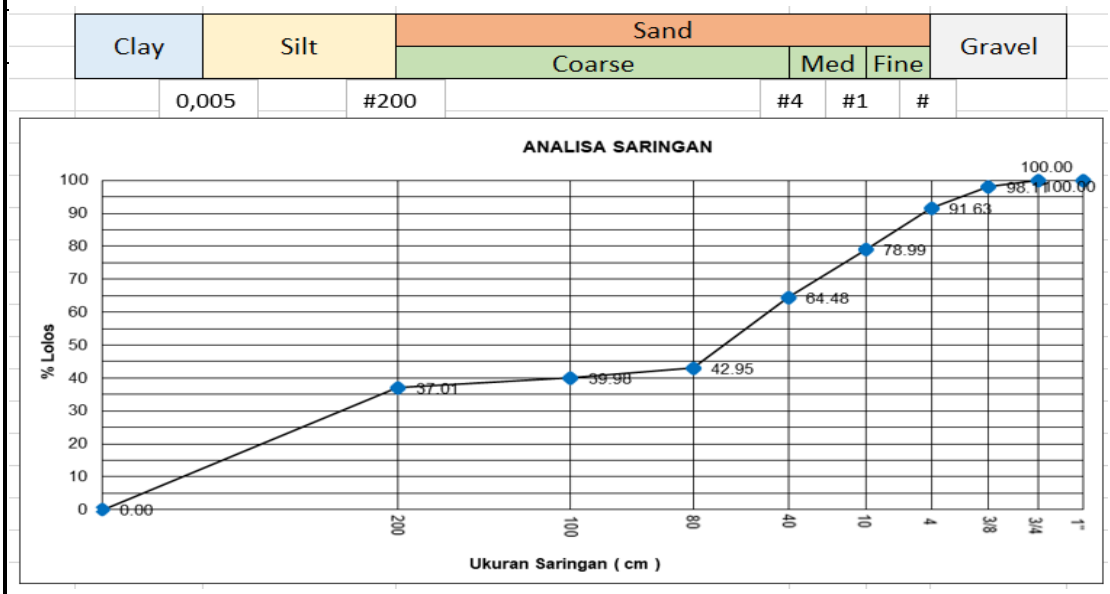
(SNI 03 - 3423 - 1990)

Tanggal : 12 Juni 2023

Contoh Material : STA 3+000 - 5+000

Berat Contoh : **91.0** gram

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING² AYAKAN			LOLOS
		TERTAHAN	KUMULATIF		
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50.8	1"	-	-	-	100.00
19.1	3/4	-	-	-	100.00
9.5	3/8	-	-	-	100.00
4.75	No.4	1.7	1.7	1.89	98.11
2.38	No.10	5.9	7.6	8.37	91.63
0.65	No.30	11.5	19.1	21.01	78.99
0.42	No.40	13.2	32.3	35.52	64.48
0.30	No.60	13.4	45.7	50.24	49.76
0.25	No.80	6.2	51.9	57.05	42.95
0.15	No.100	2.7	54.6	60.02	39.98
0.075	No.200	2.7	57.3	62.99	37.01
PAN					100.00



KOMPOSISI :

- **KERIKIL**	:	**1.89 %**
- **PASIR**	:	**61.10 %**
- **BUTIRAN HALUS**	:	**37.01 %**

Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manajer QHSE	Kordinator Quallity	Penguji
Saparjo	Habib Nasrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN

JASAMARGA JOGJA SOLO

JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO

SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

No. Boring	-	Material :	Borrow
Test No	1-(12-06-2023)	Operator Lab :	Fabian
Quarry	Ex. Sambi	Analisator :	Habib Nashrulloh

ANALISA SARINGAN

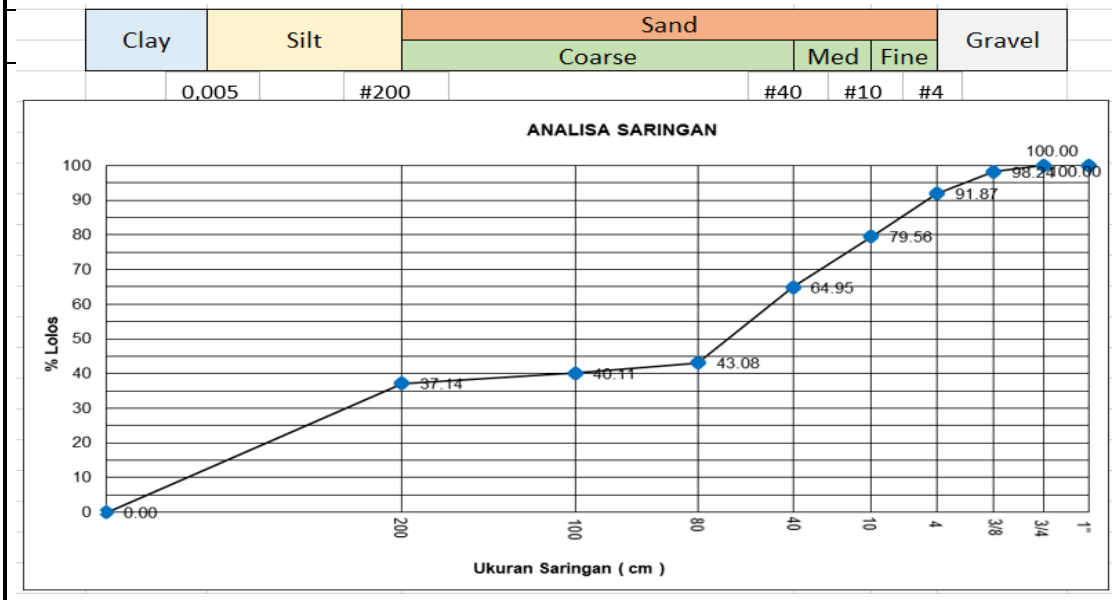
(SNI 03 - 3423 - 1990)

Tanggal : 12 Juni 2023

Contoh Material : STA 3+000 - 5+000

Berat Contoh : **91.0** gram

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING² AYAKAN			LOLOS
		TERTAHAN	KUMULATIF		
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50.8	1"	-	-	-	100.00
19.1	3/4	-	-	-	100.00
9.5	3/8	-	-	-	100.00
4.75	No.4	1.6	1.6	1.76	98.24
2.38	No.10	5.8	7.4	8.13	91.87
0.65	No.30	11.2	18.6	20.44	79.56
0.42	No.40	13.3	31.9	35.05	64.95
0.30	No.60	13.6	45.5	50.00	50.00
0.25	No.80	6.3	51.8	56.92	43.08
0.15	No.100	2.7	54.5	59.89	40.11
0.075	No.200	2.7	57.2	62.86	37.14
PAN					100.00



KOMPOSISI :

- **KERIKIL**	:	**1.76 %**
- **PASIR**	:	**61.10 %**
- **BUTIRAN HALUS**	:	**37.14 %**

Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manajer QHSE	Kordinator Quallity	Penguji
Saparjo	Habib Nasrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN

JASAMARGA JOGJA SOLO

JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO

SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

No. Boring	-	Material :	Borrow
Test No	1-(12-06-2023)	Operator Lab :	Fabian
Quarry	Ex. Sambi	Analisator :	Habib Nashrulloh

ANALISA SARINGAN

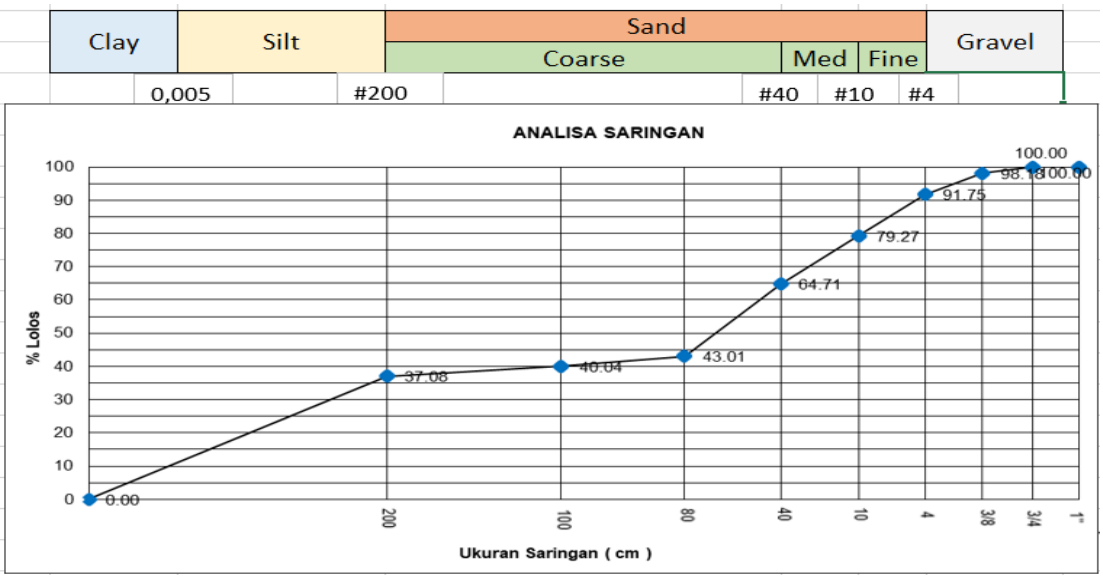
(SNI 03 - 3423 - 1990)

Tanggal : 12 Juni 2023

Contoh Material : STA 3+000 - 5+000

Berat Contoh : **91.0** gram

UKURAN AYAKAN		BERAT MASING² AYAKAN			LOLOS
		TERTAHAN	KUMULATIF		
mm	inch	(gram)	(gram)	(%)	(%)
50.8	1"	-	-	-	100.00
19.1	3/4	-	-	-	100.00
9.5	3/8	-	-	-	100.00
4.75	No.4	1.7	1.7	1.82	98.18
2.38	No.10	5.9	7.5	8.25	91.75
0.65	No.30	11.4	18.9	20.73	79.27
0.42	No.40	13.3	32.1	35.29	64.71
0.30	No.60	13.5	45.6	50.12	49.88
0.25	No.80	6.3	51.9	56.99	43.01
0.15	No.100	2.7	54.6	59.96	40.04
0.075	No.200	2.7	57.3	62.92	37.08
PAN					100.00



KOMPOSISI :

- **KERIKIL**	:	**1.82 %**
- **PASIR**	:	**61.10 %**
- **BUTIRAN HALUS**	:	**37.08 %**

Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manajer QHSE	Kordinator Quallity	Penguji
Saparjo	Habib Nasrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

No. Boring	-	Material :	Borrow
Test No	1-(12-06-2023)	Operator Lab :	Fabian
Quarry	Ex. Sambi	Analisator :	Habib Nashrulloh

SPECIFIC GRAVITY OF SOIL (AASHTO T.100-74)

PERUNTUKAN MATERIAL : TANAH TIMBUNAN
ASAL MATERIAL : EX. STA 3+000 - 5+000

SAMPLE DEPTH		Meter		
PICNOMETER NUMBER			1	2
WEIGHT PICNOMETER + SOIL	(W1)	Gr	42.96	42.86
WEIGHT PICNOMETER	(W2)	Gr	27.25	27.23
WEIGHT SOIL	WT=(W1-W2)	Gr	15.71	15.63
TEMPERATUR		^{0}C	29	29
CORRECTION TEMPERATURE	T	Gr	0.9977	0.9977
PICNOMETER + WATER +SOIL	(W3)	Gr	87.1	86.87
PICNOMETER + WATER ON ^{0}C	(W4)	Gr	77.39	77.19
W1 - W2 + W4	(W5)	Gr	93.10	92.82
VOLUME SOIL	W6=(W5-W3)/T	Gr	6.014	5.964
SPECIFIC GRAVITY	WT/W6		2.612	2.621
AVERAGE			2.617	

TABEL CORECTION FOR TEMPERATURE

Temperature ˚C	Corection Factor (K)
18	1.0004
19	1.0002
20	1.0000
21	0.9998
22	0.9996
23	0.9993
24	0.9991
25	0.9989
26	0.9986
27	0.9983
28	0.9980
29	0.9977
30	0.9974

Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manajer QHSE	Kordinator Quallity	Penguji
Saparjo	Habib Nasrulloh	Fabian

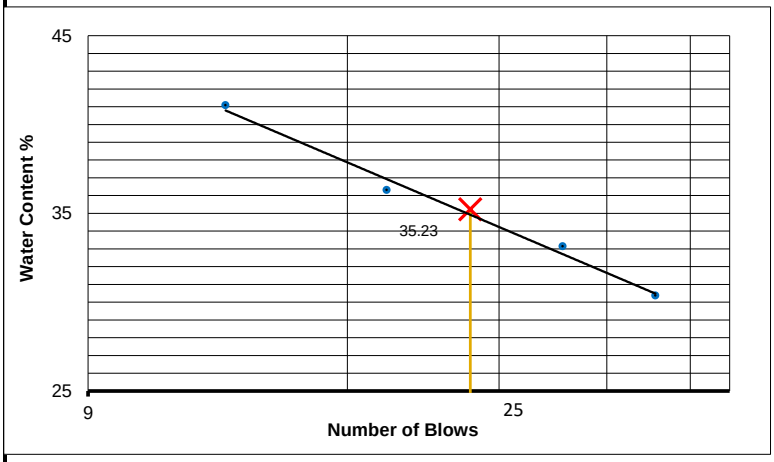
PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

No. Boring	-	Material :	Borrow
Test No	1-(12-06-2023)	Operator Lab :	Fabian
Quarry	Ex. Sambi	Analisator :	Habib Nashrulloh

ATTERBERG LIMIT TEST (ASTM . D - 423 & 424)

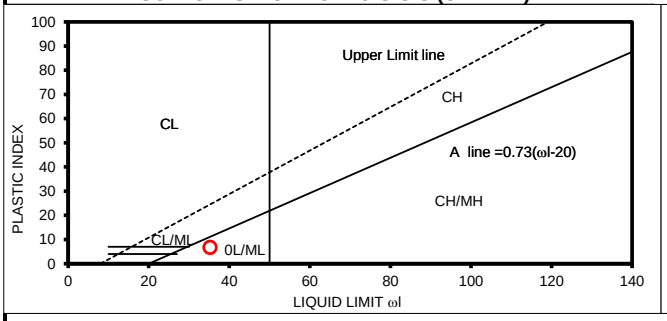
PERUNTUKAN MATERIAL	: TANAH TIMBUNAN
ASAL MATERIAL	: EX. STA 3+000 - 5+000

DESCRIPTION		**LIQUID LIMIT**				**PLASTIC LIMIT**	
TEST No.		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Number Of Blows		41	32	20	13		
Tare No.		A	B	C	D	E	F
Weight Of Wet Soil + Tare	gr	32.82	28.99	28.89	30.71	21.75	21.70
Weight Of Dry Soil + Tare	gr	27.69	24.46	24.05	24.93	19.34	19.28
Weight Of Tare	gr	10.80	10.79	10.72	10.86	10.82	10.84
Weight Of Water	gr	5.13	4.53	4.84	5.78	2.41	2.42
Weight Of Dry Soil	gr	16.89	13.67	13.33	14.07	8.52	8.44
Water Content	%	**30.37**	**33.14**	**36.31**	**41.08**	**28.29**	**28.67**
							28.48

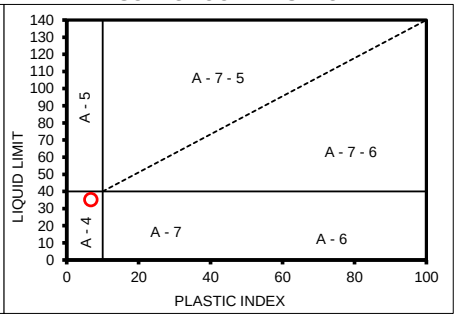


LIQUID LIMITS, LL (%)
35.23
PLASTIC LIMITS, PL (%)
28.48
PLASTIC INDEX, PI (%)
6.75
AASHTO
A-4
U.S.C.S
0L/ML

SOIL CLASIFICATION U.S.C.S (UNIFIED)



SUB GROUP AASHTO



Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Kordinator Quallity	Penguji
Saparjo	Habib Nasrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

No. Boring	-	Material	Borrow
Test No	1-(12-06-2023)	Operator Lab	Fabian
Quarry	Ex. Sambi	Analisator	Habib Nashrulloh

COMPACTION TEST FOR MDD

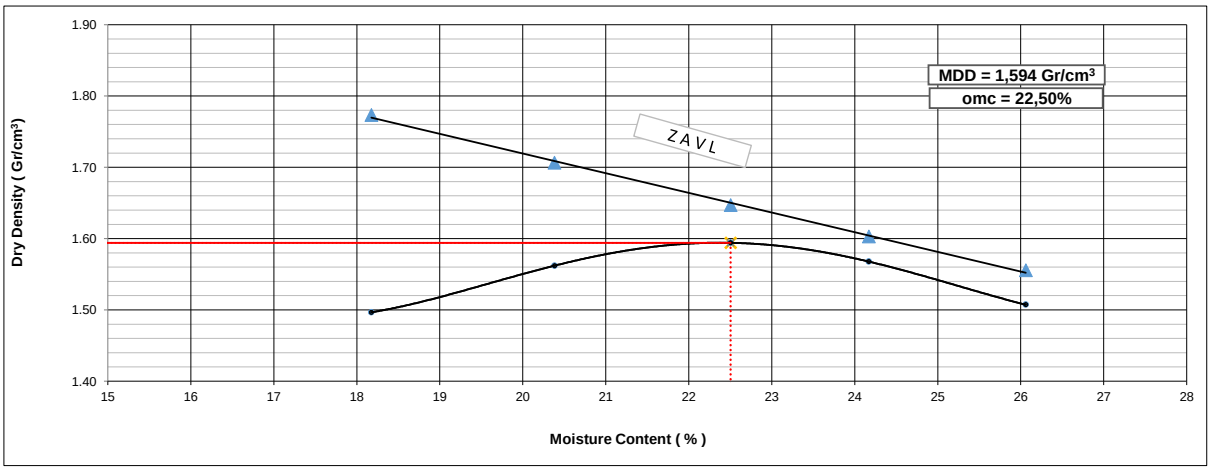
TESTING METHODE : MODIFIED (AASTHO T.180-74)

PERUNTUKAN MATERIAL : TANAH TIMBUNAN
ASAL MATERIAL : EX. STA 3+000 - 5+000

Number Sample	1	2	3	4	5	
Weight Wet Soil + Mould	10152	10385	10536	10523	10426	
Weight Mould	6463	6463	6463	6463	6463	
Weight Wet Soil	3689	3922	4073	4060	3963	
Volume Mould	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71	
Wet Density	1.769	1.880	1.953	1.947	1.900	
Dry Density	**1.497**	**1.562**	**1.594**	**1.568**	**1.507**	

WATER CONTENT

No. Sample	1	2	3	4	5	
Wet Soil + Tare	31.93	32.04	30.43	32.97	29.85	
Dry Soil + Tare	29.32	29.16	27.59	29.48	26.78	
Weight Water	2.61	2.88	2.84	3.49	3.07	
Weight Tare	14.96	15.03	14.97	15.04	15	
Weight Dry Soil	14.36	14.13	12.62	14.44	11.78	
Moisture Content	**18.18**	**20.38**	**22.50**	**24.17**	**26.06**	



Compaction Method : **MODIFIED**
Bulk Specific Gravity : **2.617**
Opt. Moisture Content : **22.50** **%**
Max. Dry Density 100% : **1.594** **gr/cm³**
Max. Dry Density 95 % : **1.514** **gr/cm³**

Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Kordinator Qualitty	Penguji
Saparjo	Habib Nasrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

No. Boring	-	Material	Borrow
Test No	1-(12-06-2023)	Operator Lab	Fabian
Quarry	Ex. Sambi	Analisator	Habib Nashrulloh

COMPACTION TEST FOR MDD

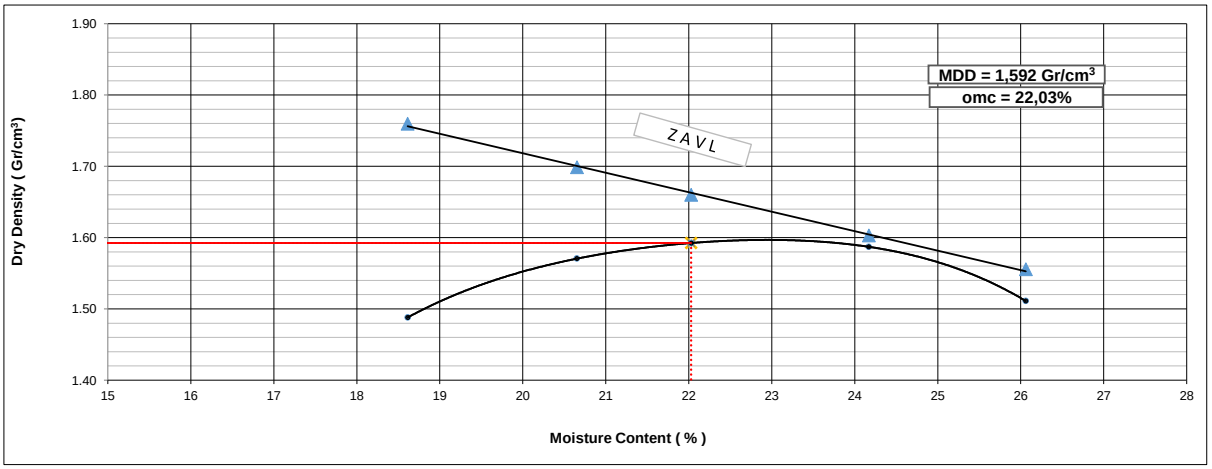
TESTING METHODE : MODIFIED (AASTHO T.180-74)

PERUNTUKAN MATERIAL : TANAH TIMBUNAN
ASAL MATERIAL : EX. STA 3+000 - 5+000

Number Sample	1	2	3	4	5	
Weight Wet Soil + Mould	10154	10395	10526	10543	10446	
Weight Mould	6473	6443	6473	6433	6473	
Weight Wet Soil	3681	3952	4053	4110	3973	
Volume Mould	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71	2085.71	
Wet Density	1.765	1.895	1.943	1.971	1.905	
Dry Density	**1.488**	**1.570**	**1.592**	**1.587**	**1.511**	

WATER CONTENT

No. Sample	1	2	3	4	5	
Wet Soil + Tare	32.23	32.44	30.37	32.97	29.85	
Dry Soil + Tare	29.52	29.46	27.59	29.48	26.78	
Weight Water	2.71	2.98	2.78	3.49	3.07	
Weight Tare	14.96	15.03	14.97	15.04	15	
Weight Dry Soil	14.56	14.43	12.62	14.44	11.78	
Moisture Content	**18.61**	**20.65**	**22.03**	**24.17**	**26.06**	



Compaction Method	: **MODIFIED**	
Bulk Specific Gravity	: **2.617**	
Opt. Moisture Content	: **22.03**	**%**
Max. Dry Density 100%	: **1.592**	**gr/cm^3**
Max. Dry Density 95 %	: **1.513**	**gr/cm^3**

Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Kordinator Qualitty	Penguji
Saparjo	Habib Nasrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

PENGUJIAN CBR LABORATORIUM

Quarry	:	Material Borrow Ex. Sambi	Test	:	**SNI 1744:2012**
Test No.	:	1-(22-06-2023)	Operator	:	Fabian
Compaction	:	Modified Proctor (56 Pukulan)	Analysis	:	Habib Nasrulloh

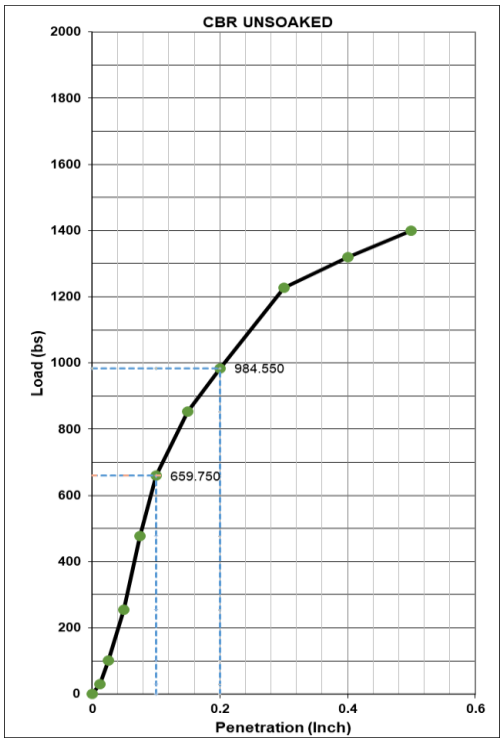
KALIBRASI PROVING RING 10.15 lbs

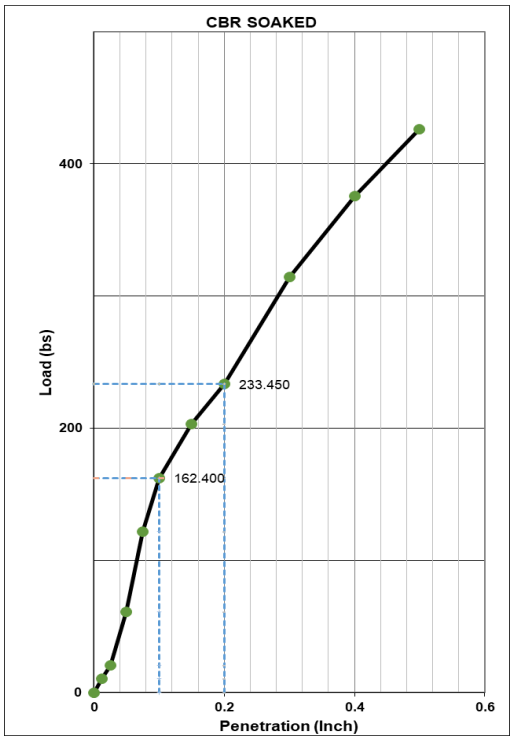
BERAT ISI		Sebelum	Sesudah
A	Berat Cetakan	5538	5532
B	Berat Tanah + Cetakan	9826	9816
C	Berat Tanah Basah	4288	4284
D	Volume Cetakan	2121	2121
E	Berat Isi Basah	2.022	2.020
F	Berat Isi Kering	1.654	1.598

KADAR AIR		Sebelum	Sesudah
G	Berat Cawan + tanah basah	52.50	67.80
H	Berat Cawan + tanah kering	45.00	56.00
I	Berat Cawan	11.30	11.30
J	Berat air	7.50	11.80
K	Berat tanah kering	33.70	44.70
L	Kadar air	22.26	26.40

Penetration	Dial Penetration reading	Dial Load Reading	Load	Dial Load Reading	Load
(Inchi)	*(0,001 mm)*	*unsoaked*	*(Lb)*	*soaked*	*(Lb)*
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.013	31.76	3.00	30.45	1.00	10.15
0.025	63.53	10.00	101.50	2.00	20.30
0.050	127.05	25.00	253.75	6.00	60.90
0.075	203.28	47.00	477.05	12.00	121.80
0.100	254.10	65.00	659.75	16.00	162.40
0.150	381.15	84.00	852.60	20.00	203.00
0.200	508.20	97.00	984.55	23.00	233.45
0.300	635.25	121.00	1228.15	31.00	314.65
0.400	762.30	130.00	1319.50	37.00	375.55
0.450	889.35	138	1400.70	42	426.30
0.500	1016.40				
0.550	1270.50				

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	21.99	21.88
CBR DESIGN	21.99	
Soaked	5.41	5.19
CBR DESIGN	5.41	





Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Koordinator Quality	Penguji
Saparjo	Habib Nashrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

PENGUJIAN CBR LABORATORIUM

Quarry	:	Material Borrow Ex. Sambi	Test	:	**SNI 1744:2012**
Test No.	:	1-(22-06-2023)	Operator	:	Fabian
Compaction	:	Modified Proctor (56 Pukulan)	Analysis	:	Habib Nasrulloh

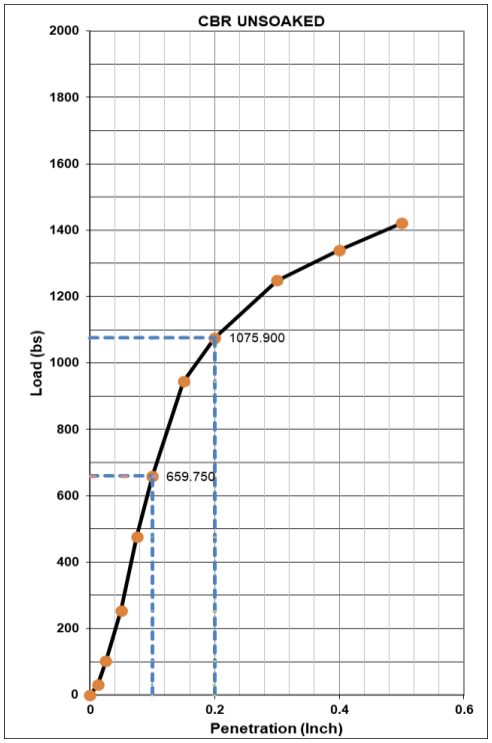
KALIBRASI PROVING RING 10.15 lbs

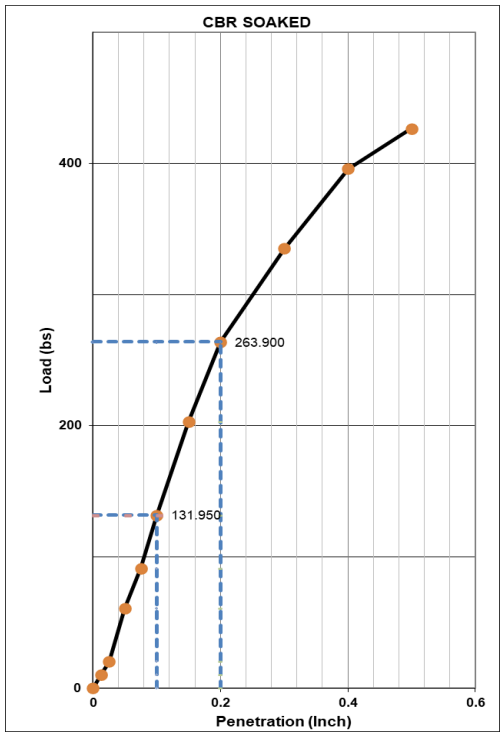
BERAT ISI		Sebelum	Sesudah
A	Berat Cetakan	5548	5541
B	Berat Tanah + Cetakan	9837	9826
C	Berat Tanah Basah	4289	4285
D	Volume Cetakan	2121	2121
E	Berat Isi Basah	2.022	2.020
F	Berat Isi Kering	1.663	1.588

KADAR AIR		Sebelum	Sesudah
G	Berat Cawan + tanah basah	53.50	68.80
H	Berat Cawan + tanah kering	46.00	56.50
I	Berat Cawan	11.30	11.30
J	Berat air	7.50	12.30
K	Berat tanah kering	34.70	45.20
L	Kadar air	21.61	27.21

Penetration	Dial Penetration reading	Dial Load Reading	Load	Dial Load Reading	Load
(Inchi)	*(0,001 mm)*	*unsoaked*	*(Lb)*	*soaked*	*(Lb)*
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.013	31.76	3.50	35.53	1.50	15.23
0.025	63.53	9.50	96.43	2.50	25.38
0.050	127.05	24.00	243.60	7.00	71.05
0.075	203.28	46.00	466.90	10.00	101.50
0.100	254.10	65.50	664.83	14.00	142.10
0.150	381.15	95.00	964.25	21.00	213.15
0.200	508.20	107.00	1086.05	26.50	268.98
0.300	635.25	124.00	1258.60	33.50	340.03
0.400	762.30	133.00	1349.95	39.50	400.93
0.450	889.35	140	1421.00	42	426.30
0.500	1016.40				
0.550	1270.50				

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	22.16	24.13
CBR DESIGN	22.16	
Soaked	4.74	5.98
CBR DESIGN	4.74	





Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Koordinator Quality	Penguji
Saparjo	Habib Nashrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

PENGUJIAN CBR LABORATORIUM (TANAH ASLI + SEMEN 1%)

Quarry	:	Material Borrow Ex. Sambi	Test	:	**SNI 1744:2012**
Test No.	:	1-(22-06-2023)	Operator	:	Fabian
Compaction	:	Modified Proctor (56 Pukulan)	Analysis	:	Habib Nasrulloh

KALIBRASI PROVING RING 10.15 lbs

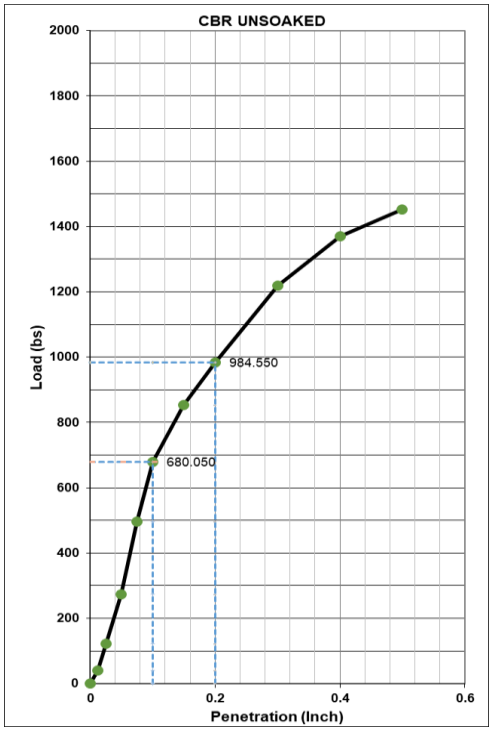
BERAT ISI		Sebelum	Sesudah
A	Berat Cetakan	5538	5532
B	Berat Tanah + Cetakan	9826	9826
C	Berat Tanah Basah	4288	4294
D	Volume Cetakan	2121	2121
E	Berat Isi Basah	2.022	2.025
F	Berat Isi Kering	1.654	1.602

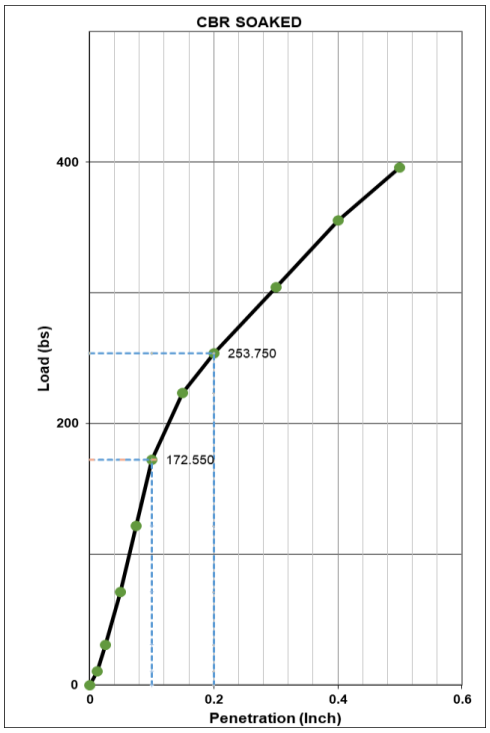
KADAR AIR		Sebelum	Sesudah
G	Berat Cawan + tanah basah	52.50	67.80
H	Berat Cawan + tanah kering	45.00	56.00
I	Berat Cawan	11.30	11.30
J	Berat air	7.50	11.80
K	Berat tanah kering	33.70	44.70
L	Kadar air	22.26	26.40

Penambahan Semen 1%		
Berat Sampel tanah asli	5000	gr
% Semen	0.01	%
Penembahan Semen	50	gr

Penetration	Dial Penetration reading	Dial Load Reading	Load	Dial Load Reading	Load
(Inchi)	*(0,001 mm)*	*unsoaked*	*(Lb)*	*soaked*	*(Lb)*
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.013	31.76	4.00	40.60	1.00	10.15
0.025	63.53	12.00	121.80	3.00	30.45
0.050	127.05	27.00	274.05	7.00	71.05
0.075	203.28	49.00	497.35	12.00	121.80
0.100	254.10	67.00	680.05	17.00	172.55
0.150	381.15	84.00	852.60	22.00	223.30
0.200	508.20	97.00	984.55	25.00	253.75
0.300	635.25	120.00	1218.00	30.00	304.50
0.400	762.30	135.00	1370.25	35.00	355.25
0.450	889.35	143	1451.45	39	395.85
0.500	1016.40				
0.550	1270.50				

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	22.67	21.88
CBR DESIGN	22.67	
Soaked	5.75	5.64
CBR DESIGN	5.75	





Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Koordinator Quality	Penguji
Saparjo	Habib Nashrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

PENGUJIAN CBR LABORATORIUM

Quarry	:	Material Borrow Ex. Sambi	Test	:	**SNI 1744:2012**
Test No.	:	1-(22-06-2023)	Operator	:	Fabian
Compaction	:	Modified Proctor (56 Pukulan)	Analysis	:	Habib Nasrulloh

KALIBRASI PROVING RING 10.15 lbs

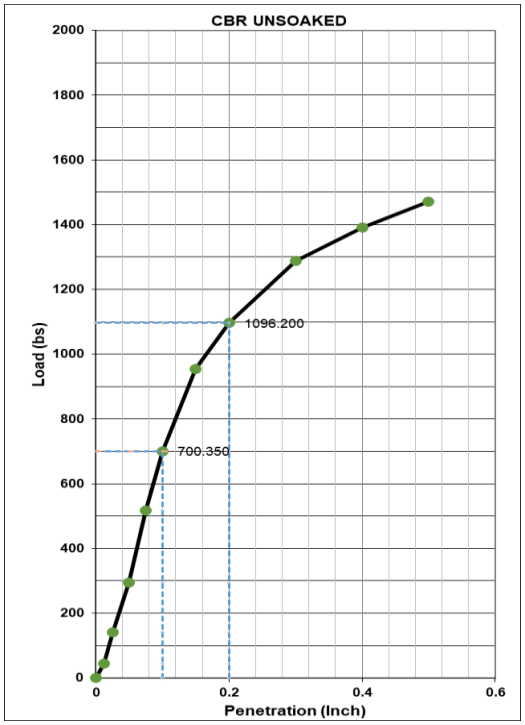
BERAT ISI		Sebelum	Sesudah
A	Berat Cetakan	5538	5532
B	Berat Tanah + Cetakan	9826	9836
C	Berat Tanah Basah	4288	4304
D	Volume Cetakan	2158	2158
E	Berat Isi Basah	1.987	1.994
F	Berat Isi Kering	1.647	1.605

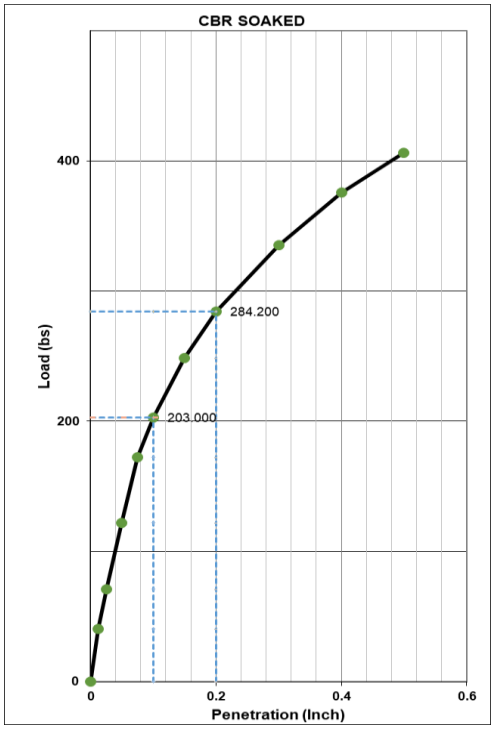
KADAR AIR		Sebelum	Sesudah
G	Berat Cawan + tanah basah	54.00	68.10
H	Berat Cawan + tanah kering	46.70	57.00
I	Berat Cawan	11.30	11.30
J	Berat air	7.30	11.10
K	Berat tanah kering	35.40	45.70
L	Kadar air	20.62	24.29

Penambahan Semen 3%		
Berat Sampel tanah asli	5000	gr
% Semen	0.03	%
Penembahan Semen	150	gr

Penetration	Dial Penetration reading	Dial Load Reading	Load	Dial Load Reading	Load
(Inchi)	*(0,001 mm)*	*unsoaked*	*(Lb)*	*soaked*	*(Lb)*
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.013	31.76	4.50	45.68	4.00	40.60
0.025	63.53	14.00	142.10	7.00	71.05
0.050	127.05	29.00	294.35	12.00	121.80
0.075	203.28	51.00	517.65	17.00	172.55
0.100	254.10	69.00	700.35	20.00	203.00
0.150	381.15	88.00	893.20	24.50	248.68
0.200	508.20	103.00	1045.45	28.00	284.20
0.300	635.25	125.00	1268.75	34.00	345.10
0.400	762.30	137.00	1390.55	37.00	375.55
0.450	889.35	145	1471.75	40	406.00
0.500	1016.40				
0.550	1270.50				

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	23.35	23.23
CBR DESIGN	23.35	
Soaked	6.77	6.32
CBR DESIGN	6.77	





Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Koordinator Quality	Penguji
Saparjo	Habib Nashrulloh	Fabian

PEMBANGUNAN
JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI 1 PAKET 1.1 SOLO-KLATEN (STA 0+000 S.D STA 22+300)

PENGUJIAN CBR LABORATORIUM

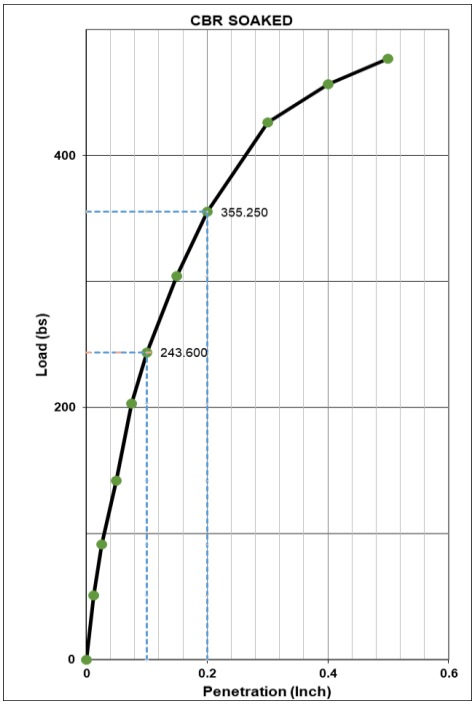
Quarry	:	Material Borrow Ex. Sambi	Test	:	**SNI 1744:2012**
Test No.	:	1-(22-06-2023)	Operator	:	Fabian
Compaction	:	Modified Proctor (56 Pukulan)	Analysis	:	Habib Nasrulloh

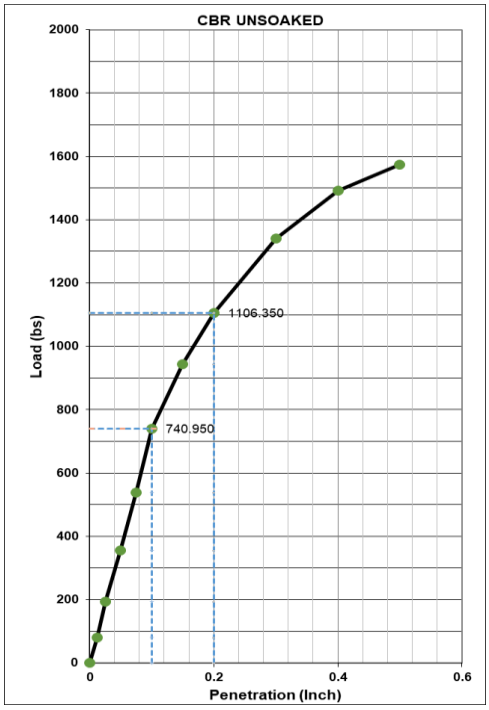
KALIBRASI PROVING RING		10.15	lbs	lbs
BERAT ISI		**Sebelum**	**Sesudah**	
A	Berat Cetakan	5538	5532	
B	Berat Tanah + Cetakan	9826	9826	
C	Berat Tanah Basah	4288	4294	
D	Volume Cetakan	2121	2121	
E	Berat Isi Basah	2.022	2.025	
F	Berat Isi Kering	1.654	1.602	
KADAR AIR		**Sebelum**	**Sesudah**	
G	Berat Cawan + tanah basah	52.50	67.80	
H	Berat Cawan + tanah kering	45.00	56.00	
I	Berat Cawan	11.30	11.30	
J	Berat air	7.50	11.80	
K	Berat tanah kering	33.70	44.70	
L	Kadar air	22.26	26.40	

Penambahan Semen 5%		
Berat Sampel tanah asli	5000	gr
% Semen	0.05	%
Penembahan Semen	250	gr

Penetration	**Dial Penetration reading**	**Dial Load Reading**	**Load**	**Dial Load Reading**	**Load**
(Inchi)	*(0,001 mm)*	*unsoaked*	*(Lb)*	*soaked*	*(Lb)*
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.013	31.76	8.00	81.20	5.00	50.75
0.025	63.53	19.00	192.85	9.00	91.35
0.050	127.05	35.00	355.25	14.00	142.10
0.075	203.28	53.00	537.95	20.00	203.00
0.100	254.10	73.00	740.95	24.00	243.60
0.150	381.15	93.00	943.95	30.00	304.50
0.200	508.20	109.00	1106.35	35.00	355.25
0.300	635.25	132.00	1339.80	42.00	426.30
0.400	762.30	147.00	1492.05	45.00	456.75
0.450	889.35	155	1573.25	47	477.05
0.500	1016.40				
0.550	1270.50				

	Value of CBR	
CBR (%)	0,1"	0,2"
Unsoaked	24.70	24.59
CBR DESIGN	24.70	
Soaked	8.12	7.89
CBR DESIGN	8.12	





Disetujui Oleh:	Diperiksa Oleh:	Dibuat Oleh:
Manager QHSE	Koordinator Quality	Penguji
Saparjo	Habib Nashrulloh	Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 1 Tanah Asli)

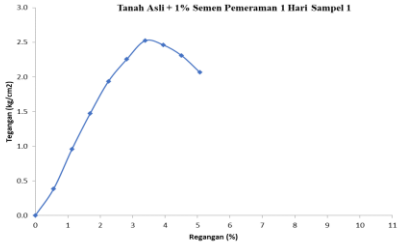
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.100	9.250
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	16.750	16.950
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	15.580	15.620
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	7.650	7.700
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	6.480	6.370
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	1.170	1.330
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	18.056	20.879
Kadar air rata - rata, w (%)	19.467	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	136.49
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.58
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.135
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.066
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	71.82
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	19.467
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.900
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.591

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	4	2.024	0.561	0.200
80	10	5.060	1.121	0.497
120	17	8.602	1.682	0.840
160	24	12.144	2.242	1.179
200	28	14.168	2.803	1.368
240	33	16.698	3.364	1.603
280	37	18.722	3.924	1.787
320	41	20.746	4.485	1.969
360	44	22.264	5.046	2.100
400	46	23.276	5.606	2.183
440	44	22.264	6.167	2.075
480	37	18.722	6.727	1.735



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli Pemeraman 1 Hari Sampel 1



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli Pemeraman 1 Hari Sampel 1

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	2.183
$c_u (kg/cm^2)$	0.630
α (°)	60
ϕ (°)	30

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 2 Tanah Asli)

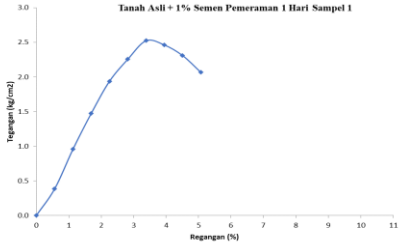
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.080	9.010
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	16.950	16.750
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	15.580	15.620
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	7.870	7.740
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	6.500	6.610
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	1.370	1.130
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	21.077	17.095
Kadar air rata - rata, w (%)	19.086	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133.79
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.65
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.135
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.463
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	74.66
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	19.086
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.792
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.505

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	3	1.518	0.561	0.144
80	8	4.048	1.121	0.383
120	15	7.590	1.682	0.713
160	22	11.132	2.242	1.040
200	27	13.662	2.803	1.269
240	31	15.686	3.364	1.449
280	35	17.710	3.924	1.626
320	40	20.240	4.485	1.848
360	44	22.264	5.046	2.020
400	43	21.758	5.606	1.963
440	38	19.228	6.167	1.724
480	32	16.192	6.727	1.443



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli
Pemeraman 1 Hari Sampel 2



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli
Pemeraman 1 Hari Sampel 2

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	2.020
$c_u (kg/cm^2)$	0.560
α (°)	61
ϕ (°)	32

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 1 Tanah Asli + 1% Semen Pemeraman 1 Hari)

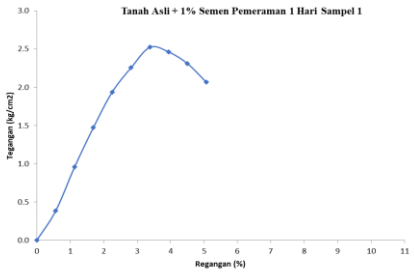
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8.900	9.300
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	17.330	17.150
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	15.940	15.820
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	8.430	7.850
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	7.040	6.520
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	1.390	1.330
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	19.744	20.399
Kadar air rata - rata, w (%)	20.072	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	136.60
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.65
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.100
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.463
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	74.29
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	20.072
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.839
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.531

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	8	4.048	0.563	0.385
80	20	10.120	1.127	0.956
120	31	15.686	1.690	1.474
160	41	20.746	2.254	1.938
200	48	24.288	2.817	2.256
240	54	27.324	3.380	2.523
280	53	26.818	3.944	2.462
320	50	25.300	4.507	2.309
360	45	22.770	5.070	2.066



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 1% Pemeraman 1 Hari Sampel 1



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 1% Pemeraman 1 Hari Sampel 1

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	2.523
$c_u (kg/cm^2)$	0.728
α (°)	60
ϕ (°)	30

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 2 Tanah Asli + 1% Semen Pemeraman 1 Hari)

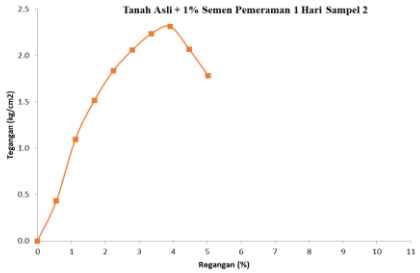
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.040	8.900
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	17.230	17.450
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	15.940	15.820
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	8.190	8.550
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	6.900	6.920
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	1.290	1.630
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	18.696	23.555
Kadar air rata - rata, w (%)	21.125	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	135.32
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.66
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.160
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.521
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	75.33
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	21.125
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.796
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.483

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	9	4.554	0.559	0.430
80	23	11.638	1.117	1.094
120	32	16.192	1.676	1.513
160	39	19.734	2.235	1.834
200	44	22.264	2.793	2.057
240	48	24.288	3.352	2.231
280	50	25.300	3.911	2.311
320	45	22.770	4.469	2.068
360	39	19.734	5.028	1.781



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 1% Pemeraman 1 Hari Sampel 2



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 1% Pemeraman 1 Hari Sampel 2

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	2.311
$c_u (kg/cm^2)$	0.614
α (°)	62
ϕ (°)	34

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 1 Tanah Asli + 3% Semen Pemeraman 1 Hari)

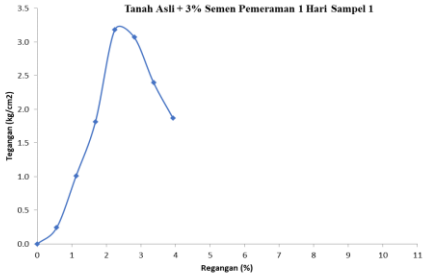
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.020	9.280
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	20.760	20.050
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	18.580	18.220
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	11.740	10.770
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	9.560	8.940
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	2.180	1.830
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	22.803	20.470
Kadar air rata - rata, w (%)	21.637	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	136.52
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.64
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.120
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.406
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	74.09
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	21.637
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.843
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.515

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	5	2.530	0.562	0.242
80	21	10.626	1.124	1.010
120	38	19.228	1.685	1.817
160	67	33.902	2.247	3.185
200	65	32.890	2.809	3.072
240	51	25.806	3.371	2.396
280	40	20.240	3.933	1.869



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 1 Hari Sampel 1



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 1 Hari Sampel 1

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	3.185
$c_u (kg/cm^2)$	0.811
α (°)	63
ϕ (°)	36

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek	: Tugas Akhir
Lokasi	: Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan	: Fabian Elga Wicaksono
Tanggal	: 18 Sepetember 2023
Sampel	: Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 2 Tanah Asli + 3% Semen Pemeraman 1 Hari)

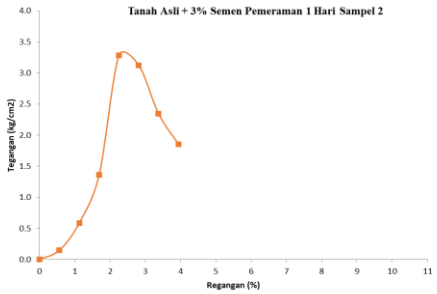
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.070	8.870
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	18.460	18.920
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	16.710	17.240
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	9.390	10.050
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	7.640	8.370
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	1.750	1.680
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	22.906	20.072
Kadar air rata - rata, w (%)	21.489	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	136.87
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.61
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.110
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.235
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	72.77
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	21.489
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.881
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.548

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	3	1.518	0.563	0.147
80	12	6.072	1.125	0.587
120	28	14.168	1.688	1.361
160	68	34.408	2.250	3.286
200	65	32.890	2.813	3.123
240	49	24.794	3.376	2.341
280	39	19.734	3.938	1.852



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 1 Hari Sampel 2



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 1 Hari Sampel 2

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	2.311
$c_u (kg/cm^2)$	0.614
α (°)	62
ϕ (°)	34

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 1 Tanah Asli + 5% Semen Pemeraman 1 Hari)

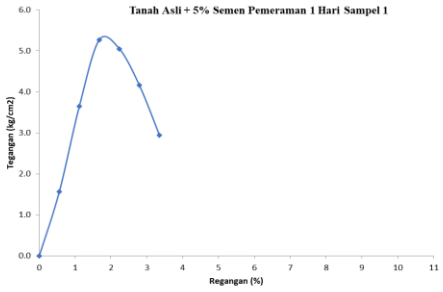
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.080	8.970
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22.290	22.870
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	19.920	20.320
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	13.210	13.900
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	10.840	11.350
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	2.370	2.550
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	21.863	22.467
Kadar air rata - rata, w (%)	22.165	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	135.57
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.62
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.170
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.292
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	73.79
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	22.165
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.837
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.504

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	32	16.192	0.558	1.564
80	75	37.950	1.116	3.646
120	109	55.154	1.674	5.269
160	105	53.130	2.232	5.047
200	87	44.022	2.789	4.158
240	62	31.372	3.347	2.946



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 1 Hari Sampel 1



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 1 Hari Sampel 1

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	5.269
$c_u (kg/cm^2)$	1.342
α (°)	63
ϕ (°)	36

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek	: Tugas Akhir
Lokasi	: Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan	: Fabian Elga Wicaksono
Tanggal	: 18 Sepetember 2023
Sampel	: Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 2 Tanah Asli + 5% Semen Pemeraman 1 Hari)

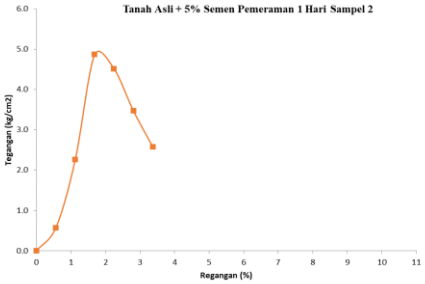
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8.860	8.970
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	22.480	21.200
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	20.110	19.040
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	13.620	12.230
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	11.250	10.070
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	2.370	2.160
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	21.067	21.450
Kadar air rata - rata, w (%)	21.258	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133.23
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.68
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.130
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.636
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	75.84
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	21.258
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.757
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.449

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	32	16.192	0.558	1.564
80	75	37.950	1.116	3.646
120	109	55.154	1.674	5.269
160	105	53.130	2.232	5.047
200	87	44.022	2.789	4.158
240	62	31.372	3.347	2.946



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 1 Hari Sampel 2



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 1 Hari Sampel 2

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	4.864
$c_u (kg/cm^2)$	1.186
α (°)	64
ϕ (°)	38

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek	: Tugas Akhir
Lokasi	: Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan	: Fabian Elga Wicaksono
Tanggal	: 18 Sepetember 2023
Sampel	: Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 1 Tanah Asli + 1% Semen Pemeraman 7 Hari)

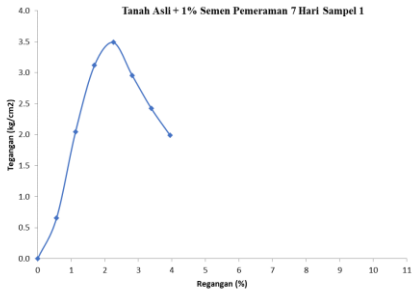
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	12.960	12.690
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	17.980	21.380
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	17.180	19.810
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	5.020	8.690
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	4.220	7.120
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	0.800	1.570
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	18.957	22.051
Kadar air rata - rata, w (%)	20.504	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	134.14
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.69
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.090
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.665
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	75.62
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.470
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	20.504
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.774
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.472

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	15	7.050	0.564	0.657
80	47	22.090	1.128	2.048
120	72	33.840	1.693	3.119
160	81	38.070	2.257	3.489
200	69	32.430	2.821	2.955
240	57	26.790	3.385	2.427
280	47	22.090	3.949	1.989



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 1%
Pemeraman 7 Hari Sampel 1



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 1%
Pemeraman 7 Hari Sampel 1

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	3.489
$c_u (kg/cm^2)$	0.851
α (°)	64
ϕ (°)	30

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek	: Tugas Akhir
Lokasi	: Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan	: Fabian Elga Wicaksono
Tanggal	: 18 Sepetember 2023
Sampel	: Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 2 Tanah Asli + 3% Semen Pemeraman 1 Hari)

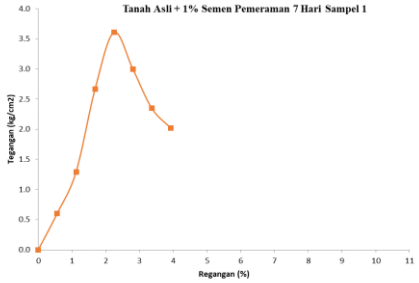
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.090	9.210
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	14.350	15.760
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	13.480	14.630
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	5.260	6.550
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	4.390	5.420
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	0.870	1.130
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	19.818	20.849
Kadar air rata - rata, w (%)	20.333	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	133.50
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.58
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.130
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.066
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	71.77
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.470
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	20.333
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.860
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.546

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	13	6.110	0.561	0.604
80	28	13.160	1.122	1.293
120	58	27.260	1.683	2.663
160	79	37.130	2.244	3.606
200	66	31.020	2.805	2.995
240	52	24.440	3.366	2.346
280	45	21.150	3.927	2.019



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 1 Hari Sampel 2



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan
Tanah Asli + Semen 3%
Pemeraman 1 Hari Sampel 2

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	3.606
$c_u (kg/cm^2)$	0.841
α (°)	65
ϕ (°)	40

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 1 Tanah Asli + 3% Semen Pemeraman 7 Hari)

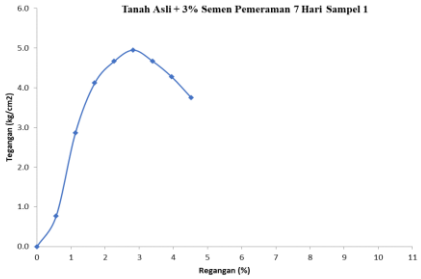
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	8.990	8.880
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	19.110	18.860
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	17.000	17.160
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	10.120	9.980
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	8.010	8.280
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	2.110	1.700
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	26.342	20.531
Kadar air rata - rata, w (%)	23.437	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	136.82
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.16
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.090
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	7.843
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	55.60
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	23.437
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	2.461
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.993

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	12	6.072	0.564	0.770
80	45	22.770	1.128	2.871
120	65	32.890	1.693	4.123
160	74	37.444	2.257	4.667
200	79	39.974	2.821	4.953
240	75	37.950	3.385	4.675
280	69	34.914	3.949	4.276
320	61	30.866	4.513	3.758



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 3% Pemeraman 7 Hari Sampel 1



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 3% Pemeraman 7 Hari Sampel 1

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	4.953
$c_u (kg/cm^2)$	1.103
α (°)	66
ϕ (°)	42

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 2 Tanah Asli + 3% Semen Pemeraman 7 Hari)

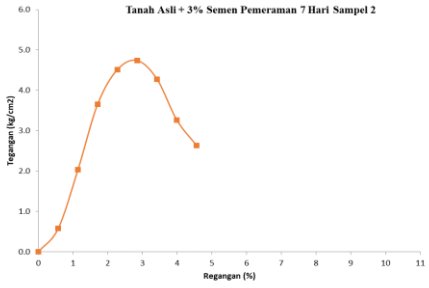
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	12.860	12.760
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	19.270	18.130
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	17.980	17.220
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	6.410	5.370
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	5.120	4.460
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	1.290	0.910
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	25.195	20.404
Kadar air rata - rata, w (%)	22.799	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	131.57
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.17
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.020
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	7.892
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	55.40
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	22.799
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	2.375
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.934

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	9	4.554	0.570	0.574
80	32	16.192	1.140	2.028
120	58	29.348	1.709	3.655
160	72	36.432	2.279	4.511
200	76	38.456	2.849	4.734
240	69	34.914	3.419	4.273
280	53	26.818	3.989	3.262
320	43	21.758	4.558	2.631



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 3% Pemeraman 7 Hari Sampel 2



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 3% Pemeraman 7 Hari Sampel 2

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	4.734
$c_u (kg/cm^2)$	1.104
α (°)	65
ϕ (°)	40

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 1 Tanah Asli + 5% Semen Pemeraman 7 Hari)

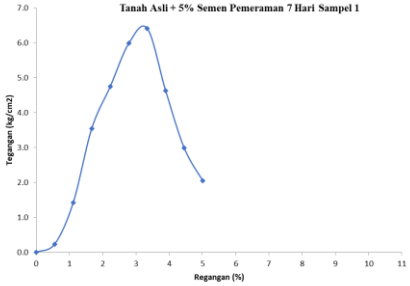
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	12.760	9.000
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	23.170	20.050
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	21.080	18.090
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	10.410	11.050
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	8.320	9.090
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	2.090	1.960
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	25.120	21.562
Kadar air rata - rata, w (%)	23.341	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	136.84
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.66
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.190
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.521
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	75.65
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	23.341
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.809
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.467

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	5	2.530	0.556	0.239
80	30	15.180	1.113	1.427
120	75	37.950	1.669	3.547
160	101	51.106	2.225	4.749
200	128	64.768	2.782	5.985
240	138	69.828	3.338	6.416
280	100	50.600	3.894	4.622
320	65	32.890	4.451	2.987
360	45	22.770	5.007	2.056



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 7 Hari Sampel 1



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 7 Hari Sampel 1

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	6.416
$c_u (kg/cm^2)$	1.428
α (°)	66
ϕ (°)	42

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (*UNCONFINED COMPRESSION TEST*)
ASTM D 2166

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Proyek Jalan Tol Solo-Jojga-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo-Klaten
Dikerjakan : Fabian Elga Wicaksono
Tanggal : 18 Sepetember 2023
Sampel : Tanah Timbunan dari Kecamatan Sambi, Boyolali STA 3+000 sampai 5+000 (Sampel 2 Tanah Asli + 5% Semen Pemeraman 7 Hari)

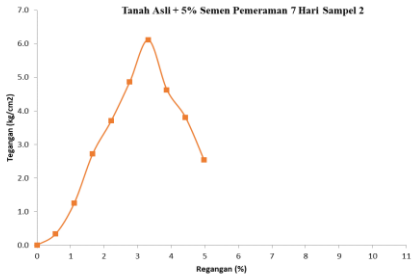
KADAR AIR		
No. Uji	1	2
No. container	a	b
Berat container, W_1 (gr)	9.090	9.270
Berat tanah basah + container, W_2 (gr)	16.150	19.810
Berat tanah kering + container, W_3 (gr)	14.870	17.810
Berat tanah basah, W= W_2-W_1 (gr)	7.060	10.540
Berat tanah kering W_s= W_3-W_1 (gr)	5.780	8.540
Berat air, W_w =W_3-W_2 (gr)	1.280	2.000
Kadar air, w =(W_w/W_s)x 100%	22.145	23.419
Kadar air rata - rata, w (%)	22.782	

DATA SAMPEL	
Berat sampel tanah (gr)	135.12
Diameter sampel tanah, D (cm)	3.64
Tinggi awal sampel tanah, Lo (cm)	7.240
Luas penampang sampel tanah, Ao (cm2)	10.406
Volume awal sampel tanah Vo (cm3)	75.34
Kalibrasi ring, LRC (kg/div)	0.506
Kecepatan penggeseran (mm/menit)	0.320
Kadar air, W (%)	22.782
Berat isi tanah basah (gr/cm3)	1.793
Berat isi tanah kering (gr/cm3)	1.461

vertical dial	Pem. Dial	Beban, P (dial)	ε=ΔL/Lo	Tegangan
x 0.01 mm	Beban	Beban x Kalibrasi		σ=P/A
	(div)	kg	%	(kg/cm^2)
0	0	0.000	0.000	0.000
40	7	3.542	0.552	0.338
80	26	13.156	1.105	1.250
120	57	28.842	1.657	2.726
160	78	39.468	2.210	3.709
200	103	52.118	2.762	4.870
240	130	65.780	3.315	6.112
280	99	50.094	3.867	4.628
320	82	41.492	4.420	3.811
360	55	27.830	4.972	2.541



Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 7 Hari Sampel 2



Grafik Hubungan Regangan dengan Tegangan Tanah Asli + Semen 5% Pemeraman 7 Hari Sampel 2

Uraian	
$q_u (kg/cm^2)$	6.112
$c_u (kg/cm^2)$	1.297
α (°)	67
ϕ (°)	44

Mengetahui
Kepala Lab Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 11 November 2023
Peneliti

Fabian