

TUGAS AKHIR

**PERUBAHAN NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*) TANAH LEMPUNG EKSPANSIF AKIBAT BAHAN *ADDITIVE* ROTEC DENGAN VARIASI PENAMBAHAN SEMEN
(*CHANGE IN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) VALUE OF EXPANSIVE CLAY DUE TO ADDITIVE ROTEC MATERIAL WITH VARIATION OF CEMENT ADDITION*)**

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



**Mahfud Arfah
10511240**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

TUGAS AKHIR

PERUBAHAN NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*) TANAH LEMPUNG EKSPANSIF AKIBAT BAHAN *ADDITIVE* ROTEC DENGAN VARIASI PENAMBAHAN SEMEN (*CHANGE IN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) VALUE OF EXPANSIVE CLAY DUE TO ADDITIVE ROTEC MATERIAL WITH VARIATION OF CEMENT ADDITION*)

Disusun oleh

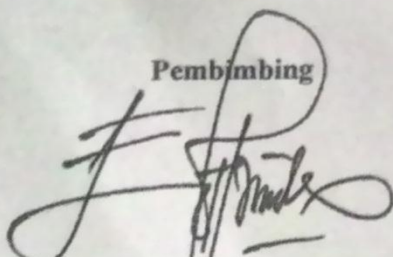


Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 31 Oktober 2017

Oleh Dewan Penguji

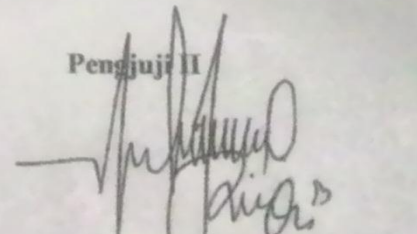
Pembimbing


Edy Purwanto, Dr. Ir., CES., DEA
NIK : 855110101

Penguji I


Lalu Makrup, Dr. Ir., M.T.
NIK : 885110106

Penguji II


M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng
NIK : 135111101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 31 Oktober 2017



Mahfud Arfah
(10511240)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas nikmat islam, iman serta karunia dan hidayah-Nya. Dengan ini saya persembahkan karya ini orang tua tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung. Semoga Allah selalu menjaga dan melimpahkan ridho-

Nya yang tiada henti kepada kalian.

Saudara-saudariku terimakasih atas dukungan dan semangatnya.

Semoga Allah SWT membalas jasa budi kalian serta memberikan kemudahan dalam segala hal.

“Barang siapa bertakwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rizki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakkal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu menurut kadarnya” (Q.S. Ath-Thalaq: 2-3)

“Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan, jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan, tapi lihatlah sekitarmu dengan penuh kesadaran”

- James Turber -

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

Alhamdulillah puji syukur selalu tercurahkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat teriring salam selalu terucapkan kepada junjungan kita Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar strata satu (S-1). Masih terdapat banyak keterbatasan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terimakasih atas bimbingannya dan masukan-masukannya sehingga penulis semakin termotivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Lalu Makrup, MT selaku Dosen Penguji Tugas Akhir, terimakasih atas nasehat dan bimbingannya.
3. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, ST., M.Eng selaku Dosen penguji Tugas Akhir, terimakasih atas bimbingannya dan motivasinya.
4. Ibu Miftahul Fauziah, ST., MT dan Bapak Berlian Kushari, ST., M.Eng selaku Pengurus Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Yudi dan Bapak Sugiyana selaku Karyawan Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, terimakasih atas bantuan serta masukan-masukannya.
6. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil.
7. Ayah dan Ibu tercinta, bapak Arfah Tamin dan ibu Warniaty, terimakasih atas kasih sayang, cinta, do'a, kesabaran, serta dukungan materil dan moril yang selama ini diberikan tanpa henti sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.


8. Teman dan kerabat terdekat, Bapak dan ibu H. Jumaidi, Ferayanti, Ulul Albab, Abdul Aziz, Vicky, Fadlan Frisas, Alhafidz, Prastowo Adi, Nico Aryanto, Nova, Hermanda, Bagong, Andi, Mas Hamid sekeluarga terima kasih semangat dan do'anya selama ini.
9. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2010, keluarga yang hadir dan selalu menemani selama ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya bagi semua pihak yang membutuhkan umumnya.

Wabillahitaufik walhidayah.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 31 Oktober 2017



Mahfud Arfah
(1051240)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Lokasi Penelitian	3
BAB II STUDI PUSTASKA	
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Tanah	5
2.1.2 Rotec	6
2.1.3 Portland <i>Cement</i> (PC)/Semen <i>Portland</i>	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.2.1 Penggunaan Bahan Campuran/Bahan Additive Untuk Tanah Lempung	7

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	9
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Tinjauan Umum	18
3.1.1 Pengertian Tanah	18
3.1.2 Komponen-komponen Tanah	19
3.1.3 Sifat-sifat Fisik Tanah	23
3.1.4 Klasifikasi Tanah	24
3.1.5 Batas-batas Konsisten Tanah (<i>Atterberg Limits</i>)	25
3.2 Tanah Lempung Ekspansif	28
3.3 Konsep Perbaikan Tanah	30
3.3.1 Rotec	31
3.3.2 Kegunaan Rotec	31
3.3.3 Penerapan Rotec	32
3.3.4 Komposisi Penggunaan Rotec	32
3.3.5 <i>Portland Cement (PC) / Semen Portland</i>	33
3.3.6 Jenis-jenis Semen <i>Portland</i>	33
3.4 Kadar Air Tanah	34
3.5 Stabilisasi Tanah	35
3.5.1 Jenis-jenis Stabilisasi Tanah	36
3.6 Pemadatan (<i>Compaction</i>)	37
3.7 <i>California Bearing Ratio (CBR)</i>	40
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Tahapan Penelitian	42
4.2 Tempat dan Bahan Penelitian	43
4.2.1 Tempat Penelitian	43
4.2.2 Bahan Penelitian	43
4.2.3 Pemeraman dan Rendaman Sampel	43
4.2.4 Jumlah Sampel Pengujian	43
4.3 Penelitian Pengujian	44
4.4 Analisis Data	45
4.5 Bagan Alir Penelitian	45

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Sifat Fisik Tanah Lempung	47
5.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung	47
5.2.2 Pengujian Kadar Air	47
5.2.4 Pengujian Berat Jenis	48
5.2.1 Pengujian Analisis Butiran Tanah	49
5.2.3 Pengujian Berat Volume	53
5.2.5 Pengujian Batas Cair	54
5.2.6 Pengujian Batas Plastis	56
5.2.7 Pengujian Batas Susut (<i>Shrinkage Limit</i>)	58
5.2.8 Uji Kepadatan Tanah (Uji <i>Proctor</i> Standar)	58
5.3 Pengujian <i>California Bearing Ratio</i> (CBR)	61
5.3.1 Pengujian CBR Tanah Asli	61
5.3.5 Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec	65
5.3.6 Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 7% + Rotec	69
5.3.7 Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec	73
5.3.8 Hasil Rekapitulasi Nilai CBR	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	79
6.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3.1 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah	28
Tabel 3.2 Potensi Pengembangan Tanah Ekspansif	29
Tabel 3.3 Klasifikasi Kompresibilitas Tanah	30
Tabel 3.4 Sifat-Sifat Umum Lempung Lunak	30
Tabel 3.5 <i>Standard Unit Load</i>	41
Tabel 4.1 Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel	44
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah	47
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah	48
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan (Sampel I)	49
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Hidrometer (Sampel I)	50
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisis Saringan (Sampel II)	51
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Hidrometer (Sampel II)	51
Tabel 5.7 Rekapitulasi Nilai Fraksi Butiran Tanah Asli	53
Tabel 5.8 Rekapitulasi Pengujian Hidrometer	53
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah	53
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Batas Cair (Sampel I)	54
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Batas Cair (Sampel II)	55
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Batas Plastis (Sampel I)	56
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Batas Plastis (Sampel II)	57
Tabel 5.14 Pengujian Batas Susut	58
Tabel 5.15 Berat Volume Tanah (γ) Asli	59
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli	59
Tabel 5.17 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	61
Tabel 5.18 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli <i>Soaked</i> (Sampel I)	62
Tabel 5.19 Nilai CBR Tanah Asli (Sampel I)	63
Tabel 5.20 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	63
Tabel 5.21 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli <i>Soaked</i> (Sampel II)	64

Tabel 5.22 Nilai CBR Tanah Asli (Sampel II)	65
Tabel 5.23 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	65
Tabel 5.24 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Soaked</i> (Sampel I)	66
Tabel 5.25 Nilai CBR Tanah + Semen 5% + Rotec (Sampel I)	67
Tabel 5.26 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	67
Tabel 5.27 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Soaked</i> (Sampel II)	68
Tabel 5.28 Nilai CBR Tanah + Semen 5% + Rotec (Sampel II)	69
Tabel 5.29 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 7% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	69
Tabel 5.30 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% <i>Soaked</i> (Sampel I)	70
Tabel 5.31 Nilai CBR Tanah + Semen 7% + Rotec (Sampel I)	71
Tabel 5.32 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 7% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	71
Tabel 5.33 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% <i>Soaked</i> (Sampel II)	72
Tabel 5.34 Nilai CBR Tanah + Semen 7% + Rotec (Sampel II)	73
Tabel 5.35 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	73
Tabel 5.36 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec <i>Soaked</i> (Sampel I)	74
Tabel 5.37 Nilai CBR Tanah + Semen 9% + Rotec (Sampel I)	75
Tabel 5.38 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	75
Tabel 5.39 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec <i>Soaked</i> (Sampel II)	76
Tabel 5.40 Nilai CBR Tanah + Semen 9% + Rotec (Sampel II)	77
Tabel 5.41 Hasil Rekapitulasi Nilai CBR	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Penelitian	4
Gambar 3.1	Diagram Fase Tanah	19
Gambar 3.2	Batas-batas Konsisten <i>Atterberg Limits</i>	26
Gambar 3.3	Kegunaan Rotec	31
Gambar 3.4	Komposisi Rotec	32
Gambar 3.5	Gambar Alat Uji Proctor dan Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering	39
Gambar 3.6	Gambar Alat Uji CBR dan Grafik Standart CBR	41
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	46
Gambar 5.1	Grafik Hasil Uji Analisis Saringan (Sampel I)	50
Gambar 5.2	Grafik Hasil Uji Analisis Saringan (Sampel II)	52
Gambar 5.3	Grafik Hubungan Antara Pukulan Kadar Air (Sampel I)	55
Gambar 5.4	Grafik Hubungan Antara Pukulan Kadar Air (Sampel II)	56
Gambar 5.5	Hasil Uji Kepadatan Tanah	60
Gambar 5.6	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	62
Gambar 5.7	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli <i>Soaked</i> (Sampel I)	63
Gambar 5.8	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	64
Gambar 5.9	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli <i>Soaked</i> (Sampel II)	65
Gambar 5.10	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	66
Gambar 5.11	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Soaked</i> (Sampel I)	67
Gambar 5.12	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	68
Gambar 5.13	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec <i>Soaked</i> (Sampel II)	69
Gambar 5.14	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	70

Gambar 5.15	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% <i>Soaked</i> (Sampel I)	71
Gambar 5.16	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	72
Gambar 5.17	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% <i>Soaked</i> (Sampel II)	73
Gambar 5.18	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 9% <i>Unsoaked</i> (Sampel I)	74
Gambar 5.19	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 9% <i>Soaked</i> (Sampel I)	75
Gambar 5.20	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec <i>Unsoaked</i> (Sampel II)	76
Gambar 5.21	Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 9% <i>Soaked</i> (Sampel II)	77
Gambar 5.22	Grafik Perbandingan Nilai CBR	78

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel L- 1.1 Data Pengujian Kadar Air

Tabel L-1.2 Data Pengujian Berat Jenis

Tabel L- 1.3 Data Pengujian Berat Volume

Tabel L- 1.4 Data Pengujian Batas Cair Tanah

Tabel L- 1.5 Data Pengujian Batas Plastis Tanah

Tabel L- 1.6 Data Pengujian Batas Susut

Tabel L- 1.7 Harga Kedalaman Efektif (L) untuk Hukum Stoke

Tabel L- 1.8 Harga K untuk berbagai jenis berat isi dan temperat

Tabel L- 1.9 Faktor koreksi (a)

Gambar L- 1.1 Data Pengujian Analisis Saringan Tanah

Gambar L- 1.2 Grafik Pengujian Analisis Saringan Tanah

Gambar L- 1.3 Grafik Pengujian Batas Cair Tanah

Gambar L- 1.4 DataPengujian Proctor Standar Tanah Asli

Gambar L- 1.5. Data Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked*

Gambar L- 1.6 DataPengujian CBR Tanah Asli *Soaked*

Gambar L- 1.7 Data Pengujian CBR Tanah + 5% Semen + 1 kg Rotec *Unsoaked*

Gambar L- 1.8 Data Pengujian CBR Tanah + 5% Semen + 1 kg Rotec *Soaked*

Gambar L- 1.9 Data Pengujian CBR Tanah + 7% Semen + 1 kg Rotec *Unsoaked*

Gambar L- 1.10 Data Pengujian CBR Tanah + 7% Semen + 1 kg Rotec *Soaked*

Gambar L- 1.11 Data Pengujian CBR Tanah + 9% Semen + 1 kg Rotec *Unsoaked*

Gambar L- 1.12 Data Pengujian CBR Tanah + 9% Semen + 1 kg Rotec *Soaked*

Gambar L-1.13 Data Perbandingan Nilai CBR

Gambar L- 1.14 Alat Pengujian

DAFTAR NOTASI

ASTM	=	<i>American Standard Testing and Material</i>
Beban P	=	Beban penetrasi (lbs)
CBR	=	<i>California Bearing Ratio</i>
CBR 0,1''	=	Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inc
CBR 0,2''	=	Nilai CBR pada penetrasi 0,2 inc
CBR <i>Soacked</i>	=	Pengujian CBR rendaman
CBR <i>Unsoacked</i>	=	Pengujian CBR tanpa rendaman
Cc	=	<i>Coefficient of gradation</i> (koefisien gradasi)
CH	=	Lempung Plastisitas Tinggi
CI	=	Lempung Plastisitas Rendah
CL	=	Lempung Plastisitas rendah
Cs	=	<i>Swelling index</i>
Cu	=	<i>Coefficient of uniformity</i> (koefisien keseragaman)
DIY	=	Daerah Istimewa Yogyakarta
D	=	Diameter butiran (mm)
D ₁₀	=	10% dari berat butiran total berdiameter lebih kecil dari ukuran butir tertentu
D ₃₀	=	30% dari berat butiran total berdiameter lebih kecil dari ukuran butir tertentu
D ₆₀	=	60% dari berat butiran total berdiameter lebih kecil dari ukuran butir tertentu
e	=	Angka Pori
F	=	Persen butiran lolos saringan
Gs	=	<i>Spesific gravity</i> (berat jenis)
k	=	Nilai kalibrasi
L	=	Kedalaman (cm)
LL	=	<i>Liquid Limit</i> (batas cair)
MDD	=	<i>Maximum Dry Density</i> / berat volume kering maksimum (gr/cm ³)
n	=	Porositas
OMD	=	<i>Optimum Moisture Content</i> / kadar air optimum (%)
PC	=	<i>Portland Cement</i> (Semen Portlan)
PI	=	Indeks plastisitas
PL	=	<i>Plastis Limit</i> (batas plastis)
SL	=	Batas susut tanah
Sr	=	Derajat Kejenuhan

V	=	Volume/Isi (cm ³)
V _o	=	Volume benda uji kering
V _a	=	Volume/Isi Udara (cm ³)
V _s	=	Volume/Isi butiran (cm ³)
V _v	=	Volume/Isi pori (cm ³)
V _w	=	Volume/Isi air (cm ³)
W	=	Berat tanah (gr)
w	=	Kadar air (%)
W _o	=	Berat benda uji kering
W _a	=	Berat udara
w _{opt}	=	Kadar air optimum / <i>optimum moisture content</i> (%)
W _w	=	Berat air (gr)
W _s	=	Berat butiran (gr)
ZAV	=	<i>Zero Air Void</i>
γ _{sat}	=	Berat volume jenuh (gr/cm ³)
γ _b	=	Berat volume basah (gr/cm ³)
γ	=	Berat volume tanah (kN/m ³)
γ _d	=	Berat volume kering maksimum (gr/cm ³)

ABSTRAK

Tanah merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi, baik sebagai bahan konstruksi maupun sebagai pendukung beban. Pada jenis dan kondisi tertentu tanah memiliki daya dukung rendah untuk dijadikan sebagai landasan pekerjaan konstruksi. Salah satunya adalah tanah lempung ekspansif yang memiliki nilai daya dukung rendah, kembang susut tinggi, dan permasalahan merugikan lainnya.

Tanah lempung ekspansif yang akan digunakan sebagai pendukung beban konstruksi harus di stabilisasi agar sifat-sifat tanahnya menjadi baik atau stabil. Stabilisasi adalah cara untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan cara menambahkan bahan aditif pada tanah yang tidak baik. Stabilisasi yang dilakukan pada penelitian ini berupa penambahan bahan rotec. Penelitian ini menggunakan sampel tanah dari desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian meliputi pengujian sifat fisik tanah asli dan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) tanah asli serta pengujian CBR tanah asli yang sudah di stabilisasi dengan penambahan 1 kg rotec dan variasi penambahan semen sebanyak 5%, 7% dan 9% dengan lama pemeraman 7 hari dan rendaman 4 hari. Pengujian CBR dilakukan dengan 2 (dua) metode, yaitu dengan rendaman (*soaked*) dan tanpa rendaman (*unsoaked*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dari desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki jenis lempung kelanauan mengandung pasir. Hasil dari pengujian CBR Laboratorium didapatkan nilai CBR tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) sebesar 12,035%, sedangkan untuk nilai CBR tanah asli rendaman (*soaked*) sebesar 1,59%. Setelah ditambah dengan bahan 1 kg rotec dan semen dengan variasi 5%, 7%, dan 9% didapatkan peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) berturut-turut pada pemeraman 7 hari sebesar 27,96%, 75,16% dan 88,86% dari tanah asli pada kondisi tanpa rendaman (*unsoaked*). Sedangkan peningkatan nilai CBR rendaman (*soaked*) berturut-turut pada pemeraman 7 hari dan rendaman 4 hari sebesar 1159,12%, 1546,54%, dan 2646,54% dari tanah asli pada kondisi rendaman (*soaked*).

Kata Kunci : Rotec, stabilisasi, tanah lempung ekspansif, CBR

ABSTRACT

Land is a very important part in a construction work, both as a construction material and as a load supporter. In certain types and conditions the soil has a low carrying capacity to serve as the foundation for construction works. One is expansive clay that has low carrying capacity, high shrinkage, and other adverse problems.

The expansive clay soil that will be used as a support for the construction load should be stabilized so that the soil properties are good or stable. Stabilization is a way of improving soil properties by adding additives to poor soil. Stabilization conducted in this research is the addition of rotec material. This study used soil samples from Tuksono village, Kec. Sentolo, Kab. Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. The study included original soil physical characteristic testing and original CBR (Ground Bearing Ratio) and original stabilized CBR test with 1 kg rotec addition and 5%, 7% and 9% cement addition variation with 7 days of curing time and 4 days of soaked. CBR testing is done with 2 (two) methods, that is with soaked and (unsoaked).

The results showed that the soil from Tuksono village, Kec. Sentolo, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta has a type of loose clay containing sand. The result of CBR Laboraturium test obtained the original soil CBR value unsoaked of 12.035%, while for the soil CBR value of soil original soaked of 1.59%. After addition of 1 kg rotec and cement with variation of 5%, 7%, and 9%, the increase of CBR value unsoaked was 7,96%, 75,16% and 88,86 % of the original soils for unsoaked conditions. While the increase of CBR value soaked at 7 days curing and 4 days soaked was 1159,12%, 1546,54%, and 2646,54% from original soil at soaked condition.

Keywords: *Rotec, stabilization, expansive clay soil, CBR*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah hasil pelapukan batuan yang butir-butirnya dapat dipisahkan atau kumpulan sebagian kecil mineral atau bahan organik (kumpulan bermacam-macam batu, tumbuhan, dll). Baik yang saling merekat atau tidak, dimana sebagian atau seluruhnya terisi air atau udara.

Tanah lempung ekspansif sering digambarkan sebagai suatu kondisi tanah yang mudah mengembang (*swelling*) dan menyusut (*shrink*) menurut kadar air yang dikandung oleh tanah tersebut. Tanah ekspansif merupakan tanah lempung yang memiliki plastisitas tinggi dan mengandung mineral-mineral yang bersifat ekspansif. Tanah ekspansif memiliki daya dukung yang rendah dan kekakuan yang menurun drastis pada kondisi basah. Sehingga pada kondisi tanah tersebut mengakibatkan pengaruh yang besar terhadap kerusakan bangunan atau struktur sipil.

Tanah lempung ekspansif Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan tanah yang secara fisik dan teknis kurang memenuhi persyaratan untuk pekerjaan pembangunan sipil. Jenis tanah pada desa tersebut kekuatannya rendah dan pengembangannya cukup besar sehingga lempung ekspansif ini berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan di atasnya.

Untuk kondisi tanah ekspansif tersebut diperlukan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah adalah usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu (Hardiyatmo,2010). Stabilisasi tanah yang dapat dilakukan salah satunya yaitu stabilisasi bahan campuran dengan penggunaan bahan *additive* rotec.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. bagaimana jenis klasifikasi tanah lempung lunak (ekspansif) dari Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta,
2. bagaimana nilai CBR tanah asli tanpa bahan tambah,
3. bagaimana nilai CBR tanah dengan bahan *additive* rotec pada berbagai variasi penambahan semen, dan
4. bagaimana pengaruh variasi penambahan semen terhadap nilai CBR pada tanah dengan bahan *additive* rotec.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari penguraian rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. mengetahui jenis klasifikasi tanah lempung lunak (ekspansif) dari Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta,
2. mengetahui nilai CBR tanah asli tanpa bahan tambah,
3. mengetahui nilai CBR tanah dengan bahan *additive* rotec pada berbagai variasi penambahan semen, dan
4. mengetahui pengaruh variasi penambahan semen terhadap nilai CBR pada tanah dengan bahan *additive* rotec.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. sebagai alternatif dalam pemecahan masalah yang timbul pada pondasi di atas tanah lempung (ekspansif), dan
2. dapat digunakan sebagai bank data atau sebagai acuan untuk stabilisasi tanah lempung lunak (ekspansif).

1.5 Batasan Masalah

Guna memperjelas berbagai permasalahan dan mempermudah dalam penelitian maka dibuat batasan-batasan sebagai berikut ini.

1. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, FTSP UII, Yogyakarta.

2. Tanah yang di uji adalah tanah lempung ekspansif yang diambil dari Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta.
3. Bahan rotec yang digunakan adalah bahan rotec dari PT. Cahaya Inti Solusindo.
4. Jenis semen yang digunakan adalah semen Tiga Roda tipe I.
5. Air yang digunakan untuk perendaman adalah air dari sumur air bersih.
6. Pencampuran dilakukan dengan cara penambahan 1 kg bahan rotec pada setiap sampel dan semen dengan takaran 5%, 7%, dan 9% dari berat tanah kering.
7. Penelitian yang dilakukan berupa pengujian *proctor*, pengujian CBR tanah asli dan pengujian CBR tanah asli setelah distabilisasi dengan bahan rotec.
8. Pemeraman dilakukan selama 7 (tujuh) hari dan perendaman selama 4 (empat) hari.
9. Penelitian yang dilakukan adalah meneliti nilai CBR pada kondisi tidak terendam (*unsoaked*) dan kondisi terendam (*soaked*) untuk tanah asli tanpa bahan tambah dan tanah asli dengan bahan tambah.

1.6 LOKASI PENELITIAN

Lokasi pengambilan tanah uji adalah Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta seperti yang terlihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian
(Sumber : indonesia-peta.blogspot.co.id)

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya, (Hardiyatmo, 2002).

Tanah lempung ekspansif secara umum diartikan sebagai tanah yang cenderung mengalami perubahan volume jika kadar air yang dikandung juga mengalami perubahan. Bila kadar air bertambah maka tanah tersebut akan mengembang (*swell*) dan begitupun sebaliknya, kadar air berkurang maka tanah akan cenderung menyusut (*shrink*). Hal ini dikarenakan tanah *ekspansif* mengandung jenis-jenis material tertentu yang mengakibatkan tanah tersebut mempunyai luas permukaan cukup besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah besar.

Bila suatu konstruksi dibangun diatas tanah ekspansif maka kerusakan-kerusakan yang dapat terjadi antara lain retakan (*cracking*) pada perkerasan jalan dan jembatan serta dinding bangunan, terangkatnya struktur pelat sebagai akibat dari pengembangan (*swell*), terjadinya penggulingan pondasi karena pengembangan pada titik permukaan tertentu, longsoran, dan sebagainya.

Untuk mengatasi kerusakan yang disebabkan oleh tanah *ekspansif* dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu antara lain dengan penggantian material atau mencampur tanah, pemakaian cerucuk bambu, pengubahan sifat kimiawi, dan penggunaan geosintetis.

2.1.2 Rotec

Rotec merupakan bahan *additive* berbentuk bubuk berguna sebagai *soil stabilizer* yang berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (*stabilizer*) tanah secara fisik, dengan kandungan kimia ramah lingkungan untuk merekayasa tanah menjadi sekeras batu, menyingkirkan partikel air (*water repellant*) membungkus unsur tanah agar tidak mudah tercampur air, tidak akan lembek terutama saat musim penghujan. Membuat unsur tanah (*soil*) mudah dicampur dengan semen, seperti memadukan pasir dengan semen. Kekuatannya jauh melampaui stabilisasi berbahan baku polimer. Fungsinya mirip pembuatan bata merah, unsur air harus dikeluarkan.

2.1.3 Portland Cement (PC)/Semen Portland

Semen *Portland* adalah semen yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen *portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

2.2 Penelitian Terdahulu

Untuk mencapai hasil yang lebih baik maka,

1. penelitian ini menggunakan studi pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya seperti karya ilmiah yang dipublikasikan melalui jurnal maupun skripsi terkait dengan stabilitasi tanah ekspansif,
2. dengan adanya penelitian terdahulu diharapkan menjadi masukan bagi penelitian sekarang dengan menggunakan penambahan bahan *additive* rottec untuk tanah lempung lunak (ekspansif).

2.2.1 Penggunaan Bahan Campuran/Bahan *Additive* Untuk Tanah Lempung

1. Menurut Hatmoko, 2007, penambahan kapur pada tanah ekspansif menurunkan tekanan dan potensi pengembangan dengan angka yang cukup signifikan, Potensi pengembangan turun dari 12% pada tanah asli menjadi 1,12% pada tanah dengan kadar kapur 10%. Tekanan pengembangan turun dari 340 kPa pada tanah asli menjadi 105 kPa pada tanah dengan kadar kapur 10%. Dengan bertambahnya kadar kapur, kepadatan maksimum meningkat dan dicapai nilai maksimum pada kadar kapur 4%.
2. Menurut Risman, 2011, penambahan kapur dan pasir pada tanah lempung dapat meningkatkan kepadatan dan nilai daya dukung/CBR (*California Bearing Ratio*) tanah. Penambahan pasir 15% dan penambahan kapur 10% ke dalam campuran tanah lempung dapat memberikan nilai CBR = 20,06% pada kondisi tanpa rendaman dan nilai CBR = 9,08% pada kondisi dengan rendaman.
3. Menurut Endriani, 2012, penambahan abu cangkang sawit pada tanah lempung menurunkan tekanan dan potensi pengembangan. Dengan bertambahnya abu cangkang sawit, maka kepadatan maksimum meningkat dan di dapat nilai maksimum abu cangkang sawit yaitu pada 6%. Dari pengujian CBR, nilai CBR mengalami kenaikan dengan bertambahnya kadar abu cangkang sawit pada 6% dengan nilai 4,77% dari nilai CBR tanah asli sebesar 2,77% dan kembali mengalami penurunan pada kadar abu cangkang sawit yang lebih tinggi pada 9% nilai CBR turun menjadi 4,20%.
4. Menurut Palar, 2013, penambahan kapur dan tras dapat meningkatkan nilai daya dukung. Pada pencampuran kapur 2,5% dan tras 20% terjadi peningkatan nilai CBR rendaman sebesar 116,7% dan nilai CBR lapangan pada alat Cone Penetrometer sebesar 455,4% dari nilai CBR tanah asli dan pada nilai daya dukung terjadi peningkatan dengan menggunakan alat CBR rendaman sebesar 56,6% dan pada percobaan CBR lapangan dengan alat Cone Penetrometer sebesar 390,4% dari nilai daya dukung tanah asli.
5. Menurut Sinaga, 2014, nilai kuat tekan bebas (q_u) pada tanah asli sebesar 2,88% kg/cm^2 , pada variasi campuran 2% PC + 3% ACS diperoleh nilai kuat

tekan tanah sebesar 4,94% kg/cm², nilai kuat tekan bebas tanah menurun hingga variasi campuran 2% PC + 5% ACS sebesar 28,07%, kemudian naik 53,08% pada variasi campuran 2% PC + 9% ACS, tetapi nilai kuat tekan bebasnya masih dibawah nilai kuat tekan bebas dan kemudian menurun terus hingga variasi campuran 2% PC +18% ACS sebesar 77,65% dengan nilai kuat tekan bebas tanah (q_u) sebesar 0,58 kg/cm².

6. Menurut prasetyo, dkk, 2015, penambahan abu ampas tebu dan kapur berpengaruh terhadap karakteristik tanah lempung ekspansif. Pada penambahan campuran 8% abu ampas tebu dan 6% kapur pada tanah asli mengalami peningkatan nilai CBR *Unsoaked* sebesar 9,324% dan nilai CBR *Soaced* sebesar 7,797%. Nilai CBR ini mengalami peningkatan hingga 135,87% pada CBR *Unsoaced* dan 230,38% pada CBR *Soaced* jika dibandingkan dengan nilai CBR pada tanah asli sebesar 3,953% pada CBR *Unsoaced* dan 2,385% pada CBR *Soaced*.
7. Menurut Shabirin, 2017, penambahan kapur pada stabilitas tanah lempung menggunakan bahan tambah Rotec berpengaruh terhadap nilai CBR tanah lempung. Pada penambahan Rotec 5% dan kapur dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% didapatkan peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*) berturut-turut pada pemeraman 1 hari sebesar 27,24%, 245,84%, 463,50%, dan 472,12% dari tanah asli tanpa rendaman (*Unsoaked*). Kemudian peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*) berturut-turut pada pemeraman 3 hari sebesar 9,63%, 278,93%, 543,96%, dan 852,22% dari tanah asli tanpa rendaman (*Unsoaked*). Kemudian peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*) berturut-turut pada pemeraman 7 hari sebesar 49,17%, 322,28%, 1064,29%, dan 1438,78% dari tanah asli tanpa rendaman (*Unsoaked*). Sedangkan peningkatan nilai CBR rendaman (*Soacked*) berturut-turut pada pemeraman 7 hari sebesar 16,64%, 659,45%, 1571,32%, dan 2399,95% dari tanah asli rendaman (*Soacked*).
8. Menurut Utari, 2017, penambahan bahan rotec dan variasi kapur berpengaruh terhadap parameter kuat geser tanah dan parameter konsolidasinya. maka pengujian dievaluasi dari parameter kekuatan geser dan disesuaikan dengan

variasi campuran tanah asli + 5% rotec + (0% / 5% / 10% / 15%) kapur dan variasi waktu pemeraman untuk 1, 3, dan 7 hari. Sifat fisik yang terdapat pada tanah asli yang diuji memiliki nilai kohesi sebesar 1,0645 kg/cm², sudut geser dalam 16,6361° dan Cc sebesar 0,006184. Pengujian parameter kekuatan geser tanah, nilai kohesi optimum berkisar antara persentase penambahan kapur antara 10% -15%. Dan untuk sudut geser bagian dalam, semakin banyak persen penambahan kapur, semakin kecil nilai sudut geser yang dihasilkan. Dalam uji parameter konsolidasi, semakin banyak persen kapur yang digunakan dengan waktu pemeraman lebih lama, semakin kecil nilai Cc yang diperoleh.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Untuk penelitian yang akan dilakukan, penyusun menggunakan sampel tanah lempung ekspansif dari desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulonprogo, DIY dengan melakukan pengujian sifat klasifikasi tanah dan sifat mekanis berupa pengujian pemadatan dan pengujian CBR. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan aturan dan standarisasi yang sesuai dengan ASTM.

Metode pencampuran yaitu dengan penambahan bahan *additive* rotec dan semen yaitu 1 kg rotec dan semen dengan variasi 5%, 7% dan 9% dari berat tanah kering. Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Topik	Metode	Hasil
1	John Tri Hatmoko, Yogyakarta (2007)	UCS Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur.	Stabilisasi tanah lempung dengan abu ampas tebu dan kapur.	<ul style="list-style-type: none"> - Sampel tanah lempung. - Dilakukan pengujian indeks properties tanah dan variasi kapur 2, 4, 6, 8 dan 10%. Kemudian diambil harga yang optimum. - Pengujian kepadatan tanah standar menggunakan standard AASTHO T99-70, atau ASTM D698-70, pada percobaan sebelumnya ditambah abu ampas tebu dengan persentase 2,5;5;7,5;10;12,5; dan 15%. Pengujian dilakukan dengan perendaman selama 0, 4, 7 dan 14 hari. Pada pengujian dengan merendam dilakukan pengukuran pengembangan tanah. - Pengujian tekan bebas dilakukan dengan komposisi tanah + kapur + abu ampas tebu, seperti pada pengujian pemadatan. Pengujian ini menggunakan standar ASTM 2166-66. 	<ul style="list-style-type: none"> - Penambahan kapur pada tanah ekspansif menurunkan tekanan dan potensi pengembangan dengan angka yang cukup signifikan, Potensi pengembangan turun dari 12% pada tanah asli menjadi 1,12% pada tanah dengan kadar kapur 10%. - Tekanan pengembangan turun dari 340 kPa pada tanah asli menjadi 105 kPa pada tanah dengan kadar kapur 10%. Dengan bertambahnya kadar kapur, kepadatan maksimum meningkat dan dicapai nilai maksimum pada kadar kapur 4%..
2	Risman, Semarang, (2011)	Analisis Daya Dukung Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Pasir	Stabilisasi tanah lempung dengan kapur dan pasir	<ul style="list-style-type: none"> - Mempersiapkan bahan (material) yang akan dipergunakan seperti pengambilan sampel tanah dari Sendang Mulyo, kapur dari Purwodadi dan pasir Muntilan dari toko bahan bangunan di Semarang. - Pengujian laboratorium dimulai dari mempersiapkan bahan uji, menimbang persentase kapur (5%, 10%, 15%), pasir (5%, 10%, 15%) dilanjutkan mencampur tanah dengan masing-masing persentase kapur dan pasir, kemudian 	<ul style="list-style-type: none"> - penambahan kapur dan pasir pada tanah lempung dapat meningkatkan kepadatan dan nilai daya dukung/CBR (<i>California Bearing Ratio</i>) tanah. - Penambahan pasir 15% dan penambahan kapur 10% ke dalam campuran tanah lempung dapat memberikan nilai CBR = 20,06% pada kondisi tanpa rendaman dan nilai CBR = 9,08% pada kondisi dengan rendaman.

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Topik	Metode	Hasil
				dimasukkan kedalam plastik dan diperam selama \pm 24 jam, pengujian pemadatan (kompaksi) dan CBR tanah untuk masing-masing prosentase kapur dan pasir sebanyak 3 kali pengujian	
3	Debby Endriani, Medan (2012)	Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Daya Dukung dan Kuat Tekan pada Tanah Lempung Ditinjau dari Uji UCS dan CBR Laboratorium	Pengaruh penambahan abu cangkang sawit terhadap daya dukung dan kuat tekan pada tanah lempung	<ul style="list-style-type: none"> - Sampel yang digunakan adalah tanah lempung dari daerah Belawan, Pulau Sicanang, Sumatera Utara - Abu cangkang sawit berasal dari pabrik pengolahan minyak sawit bakrie plantations. - Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah abu cangkang sawit dengan variasi 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% terhadap berat sampel tanah dan menggunakan pemeraman 1 hari dan perendaman 4 hari. - Pengujian pemadatan tanah asli dan tanah yang sudah distabilisasi, serta pengujian kuat tekan bebas tanah asli dan tanah yang sudah distabilisasi dengan abu cangkang sawit, juga pengujian kuat dukung tanah lempung yang diuji dengan pengujian CBR Unsoaked dan Soaked. 	<ul style="list-style-type: none"> - Penambahan abu cangkang sawit pada tanah lempung menurunkan tekanan dan potensi pengembangan. - Dengan bertambahnya abu cangkang sawit, maka kepadatan maksimum meningkat dan di dapat nilai maksimum abu cangkang sawit yaitu pada 6%. - Dari pengujian CBR, nilai CBR mengalami kenaikan dengan bertambahnya kadar abu cangkang sawit pada 6% dengan nilai 4,77% dari nilai CBR tanah asli sebesar 2,77% dan kembali mengalami penurunan pada kadar abu cangkang sawit yang lebih tinggi pada 9% nilai CBR Turun menjadi 4,20%

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Topik	Metode	Hasil
					- nilai CBR untuk terendam terjadi penurunan nilai CBR dari kondisi langsung untuk 6% abu cangkang sawit penurunan terjadi dari 4,77% menjadi 2,40% hal ini dikarenakan diasumsikan kondisi terendam air.
4	Hariman Palar, Manado (2013)	Pengaruh Pencampuran Tras dan Kapur pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung	Pengaruh Pencampuran Tras dan kapur pada Lempung Ekspansif	<ul style="list-style-type: none"> - Sampel tanah lempung. - Pengujian menggunakan campuran tras dengan kapur - Pencampuran dilakukan dengan kapur 2,5% dan variasi Tras 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. - Penelitian dilakukan dengan pengujian CBR laboratorium rendaman selama 4 hari. - Alat <i>Cone Penetrometer</i> dioperasikan dengan cara meletakkan ujung konus <i>cone penetrometer</i> pada tanah dasar dengan posisi vertical dan tangan simetris pada pegangan, selanjutnya alat cone penetrometer di tekan ke bawah dengan gerakan konstan kira-kira 25 cm/det. Untuk mengetahui nilai penetrasi konus dapat dibaca langsung pada arloji yang ada. Untuk hasil yang lebih teliti, sebaiknya dalam satu lubang pemeriksaan dilakukan 3 kali dengan posisi segitiga sama sisi. - Dilakukan perbandingan antara nilai CBR rendaman dan nilai CBR lapangan (<i>cone penetrometer</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pada campuran kapur 2.5% dan Tras 20% terjadi peningkatan nilai CBR Rendaman sebesar 116.7% dan Nilai CBR Lapangan pada alat Cone Penetrometer sebesar 455.4 % dari nilai CBR tanah asli. - Pada campuran kapur 2.5% dan Tras 20% terjadi peningkatan nilai Daya Dukung dengan menggunakan alat CBR Rendaman sebesar 56.6% dan Nilai Daya Dukung pada percobaan CBR Lapangan dengan alat Cone Penetrometer sebesar 390.4% dari nilai Daya Dukung Tanah Asli.

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Topik	Metode	Hasil
5	Hasoloan H.P Sinaga, Medan (2014)	Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test) pada Stabilitas Tanah Lempung dengan Campuran Semen dan Abu Cangkang Sawit	Stabilitas Tanah Lempung dengan Campuran Semen dan Abu Cangkang Sawit.	<ul style="list-style-type: none"> - Penelitian ini dilakukan pada sampel tanah asli dan tanah lempung yang diberikan bahan stabilisasi berupa penambahan semen dan abu cangkang sawit (ACS) dengan berbagai variasi campuran. - Untuk kombinasi campuran yaitu 2% semen, dan variasi ACS 2%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14%, 15%, 16%, 17%, dan 18% dengan masa pemeraman selama 7 hari. - Pengujian mekanis yang dilakukan berupa pengujian proktor standart dan kuat tekan bebas. 	Dari pengujian menghasilkan nilai kuat tekan bebas (q_u) pada tanah asli sebesar 2,88% kg/cm^2 , pada variasi campuran 2% PC + 3% ACS diperoleh nilai kuat tekan tanah sebesar 4,94% kg/cm^2 , nilai kuat tekan bebas tanah menurun hingga variasi campuran 2% PC + 5% ACS sebesar 28,07%, kemudian naik 53,08% pada variasi campuran 2% PC + 9% ACS, tetapi nilai kuat tekan bebasnya masih dibawah nilai kuat tekan bebas dan kemudian menurun terus hingga variasi campuran 2% PC +18% ACS sebesar 77,65% dengan nilai kuat tekan bebas tanah (q_u) sebesar 0,58 kg/cm^2 .
6	Prasetyo, dkk, Malang (2015)	Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro	Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur Untuk Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro	<ul style="list-style-type: none"> - Benda uji yang digunakan adalah tanah asli dari daerah Kec. Ngasem, Kab. Bojonegoro, Jawa Timur. - Persentase pencampuran adalah abu ampas tebu 8% dengan variasi kadar kapur 4%, 6% dan 8% dari berat total campuran. - Pengujian CBR yang dilakukan berupa pengujian CBR <i>unsoaked</i> dan CBR <i>soaked</i>. - Dilakukan uji <i>Swelling Free</i> dan <i>Swell</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nilai CBR <i>Unsoaked</i> dan CBR <i>Soaked</i> yang didapatkan untuk tanah asli dengan penambahan bahan campuran abu ampas tebu 8% dan variasi kadar kapur mengalami peningkatan. Peningkatan nilai CBR maksimum didapatkan pada kondisi penambahan bahan campuran abu ampas tebu 8% dengan kadar kapur 6% kedalam tanah asli dengan nilai CBR <i>Unsoaked</i> sebesar 9,324% dan nilai CBR <i>Soaked</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

					<p>sebesar 7,797%. Nilai CBR ini mengalami peningkatan hingga 135,87% pada CBR <i>Unsoaked</i> dan 230,38% pada CBR <i>Soaked</i> jika dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nilai pengembangan minimum didapatkan dari penambahan bahan campuran 8% abu ampas tebu dan 8% kadar kapur yaitu sebesar 0,1681%. Nilai pengembangan tersebut mengalami penurunan hingga 97,28% dari tanah asli. - Nilai pengembangan bebas (<i>free swell</i>) minimum diperoleh pada penambahan bahan campuran 8% abu ampas tebu dan 8% kadar kapur yaitu sebesar 22,22%. Nilai pengembangan tersebut mengalami penurunan hingga 217,7% dari tanah asli. - Pada prosentase bahan campuran 8% abu ampas tebu dan 4% kadar kapur, nilai Cc mengalami penurunan hingga 85,35% dari yang sebelumnya sebesar 0,658 menjadi 0,355. Artinya bahan campuran tersebut dapat memperkecil kemampuan tanah lempung ekspansif
--	--	--	--	--	--

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

					untuk memampat, sehingga penurunan (<i>settlement</i>) dari tanah tersebut juga semakin kecil.
7	Shabirin, Yogyakarta, (2017)	Pengaruh Penambahan Kapur Pada Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Bahan Tambah Rotec Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio),	Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Bahan Tambah Rotec dan Kapur	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan persiapan material berupa tanah lempung, rotec dan kapur. - Variasi campuran antara lain - Pengujian <i>properties</i> tanah serta uji proktor standar - Setelah mendapatkan kadar air optimum dilakukan pencampuran rotec dan kapur, kemudian di uji CBR terhadap tanah asli dan tanah yang telah di stabilisasi - Persentase pecampuran bahan antara lain penambahan rotec 5% dan variasi kapur 5%, 10%, dan 15% - Dengan masa pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari - Dilakukan Pengujian CBR <i>unsoaked</i> dan <i>soaked</i> dengan masa perendaman 7 hari - Melakukan analisis dan perbandingan nilai CBR tanah asli dengan yang telah di stabilisasi menggunakan rotec dan kapur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pada penambahan Rotec 5% dan kapur dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% didapatkan peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (Unsoaked) berturut-turut pada pemeraman 1 hari sebesar 27,24%, 245,84%, 463,50%, dan 472,12% dari tanah asli tanpa rendaman (Unsoaked). - Peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (Unsoaked) berturut-turut pada pemeraman 3 hari sebesar 9,63%, 278,93%, 543,96%, dan 852,22% dari tanah asli tanpa rendaman (Unsoaked). - Peningkatan nilai CBR tanpa rendaman (Unsoaked) berturut-turut pada pemeraman 7 hari sebesar 49,17%, 322,28%, 1064,29%, dan 1438,78% dari tanah asli tanpa rendaman (Unsoaked). - Sedangkan peningkatan nilai CBR rendaman (Soaked) berturut-turut pada pemeraman 7 hari sebesar 16,64%, 659,45%, 1571,32%, dan

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

					2399,95% dari tanah asli rendaman (Soacked).
8	Utari H.P, Yogyakarta, (2017)	Pengaruh Stabilisasi Kimiawi Pada Tanah Menggunakan Bahan Aditif Rotec dan Variasi Kapur Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah dan Koefisien Uji Konsolidaasi	Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Bahan Aditif Rotec dan Variasi Kapur.	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan persiapan material berupa tanah lempung, rotec dan kapur. - Pengujian <i>properties</i> tanah serta uji proktor standar - Dilakukan pencampuran rotec dan kapur, kemudian di uji geser langsung dan uji konsolidasi. - variasi campuran tanah asli + 5% rotec + (0% / 5% / 10% / 15%) kapur dan variasi waktu pemeraman untuk 1, 3, dan 7 hari.masa pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari - Melakukan evaluasi hasil penelitian . 	<ul style="list-style-type: none"> - Nilai kohesi yang dihasilkan dari tanah yang distabilisasi memiliki nilai sudut geser dalam lebih besar dari tanah asli - Nilai sudut geser dalam terbesar dihasilkan dari variasi penambahan 10% kapur dengan pemeraman 1 hari, yaitu sebesar 49,163°. - Nilai Cc tanah asli sebesar 0,0062 dibandingkan dengan nilai Cc tanah yang telah distabilisasi, pemeraman 1, 3, dan 7 hari pada varias 10% dan 15% memiliki nilai Cc lebih keci dibandingkan nilai Cc pada tanah asli. Sedangkan pada variasi 0% dan 5% kapur nilai Cc jauh lebih besar

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

					<p>daripada nilai Cc tanah asli. kecuali variasi 5% pada pemeraman 3 hari yaitu sebesar 0,0042. Nilai Cc terkecil terdapat pada variasi penambahan 15% kapur dengan waktu pemeraman 7 hari yaitu sebesar 0,0016. Jumlah persenan kapur dan waktu pemeraman mempengaruhi nilai Cc, semakin banyak jumlah persenan kapur yang digunakan dengan waktu pemeraman yang lebih lama, maka semakin kecil nilai Cc yang didapatkan. Nilai Cc yang diharapkan lebih baik semakin kecil, karena semakin kecil nilai Cc menunjukkan kemampuan tanah yang semakin bertambah sehingga penurunan konsolidasi yang terjadi semakin kecil.</p>
--	--	--	--	--	---

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tjauan Umum

3.1.1 Pengertian Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) antara satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah dapat digolongkan ke dalam macam pokok berikut:

1. batu kerikil (*gravel*)
2. pasir (*sand*)
3. lanau (*silt*)
4. lempung (*clay*)

Pembentukan tanah merupakan efek dari penggabungan proses fisik, kimia, biologi, dan antropogenik pada bahan induk tanah. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, perbuatan manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama mengandung yang asam) dan proses-proses kimia yang lain.

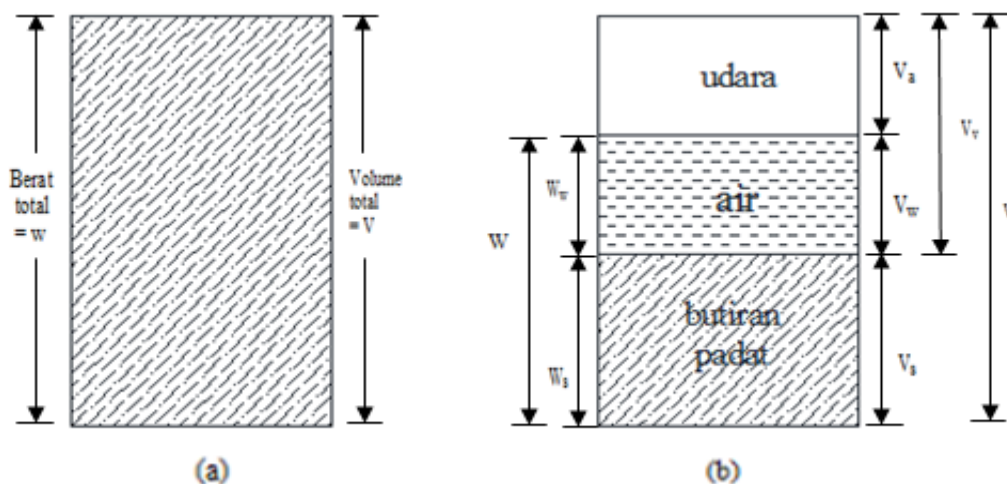
Tanah berguna sebagai bahan bangunan dan juga fondasi bangunan. Pada kondisi kering, tanah terdiri dari dua bagian, yakni butir-butir tanah dan pori-pori udara. Pada kondisi jenuh air, tanah terdiri dari dua bagian, yakni butir-butir tanah dan air pori. Pada kondisi natural (tidak jenuh air), tanah terdiri dari butir-butir tanah, pori-pori udara dan air pori.

Hubungan berat dan volume yang biasa digunakan dalam mekanika tanah adalah kadar air, porositas, angka pori, berat volume, berat jenis, derajat kejenuhan dan lain-lain.

3.1.2 Komponen-komponen Tanah

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu : udara, air dan bahan padat (butiran). Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang diantara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga terisi oleh udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagaimana. Tanah kering adalah tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol.

Hubungan antara kadar air, angka pori, porositas, berat volume, dan lain-lainnya sangat di perlukan dalam praktek. Pada Gambar 3.1 memperlihatkan diagram fase tanah beserta komponen-komponennya.



Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah
(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

Keterangan:

$$V = \text{Volume/Isi (cm}^3\text{)} = V_v + V_s$$

$$V_v = \text{Volume/Isi pori (cm}^3\text{)} = V_a + V_w$$

$$V_a = \text{Volume/Isi Udara (cm}^3\text{)}$$

$$V_w = \text{Volume/Isi air (cm}^3\text{)}$$

$$V_s = \text{Volume/Isi butiran (cm}^3\text{)}$$

$$W = \text{Berat tanah (gr)} = W_s + W_w + W_a = W_s + W_a$$

$$W_a = \text{Berat udara} = 0$$

W_w = Berat air (gr)

W_s = Berat butiran (gr).

Dari Gambar 3.1 diatas menghasilkan persamaan berat dan volume adalah sebagai berikut ini:

1. Kadar air (*Moisture Content/water content*)

Kadar air (W), adalah perbandingan antara berat air (W_w), dengan berat butiran padat (W_s) dalam tanah tersebut dinyatakan dalam Persamaan 3.1 berikut ini.

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

Keterangan :

W = kadar air (%),

W_w = berat air (gr),

W_s = butiran padat (gr).

2. Angka pori (*Void ratio*)

Angka pori adalah perbandingan volume pori dan volume partikel padat dinyatakan dalam Persamaan 3.2 berikut ini.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

e = angka pori (%),

V_v = volume/isi pori (cm^3) = $V_a + V_w$,

V_a = volume/isi udara (cm^3),

V_w = volume/isi air (cm^3),

V_s = volume partikel/isi butiran (cm^3).

3. Porositas (Porosity)

Porositas (n), adalah perbandingan antara volume pori (V_v) dengan volume total/isi (V), nilai n dapat dinyatakan dalam persen atau desimal, nilai porositas dinyatakan dalam Persamaan 3.3 dan Persamaan 3.4 berikut ini.

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (3.3)$$

$$n = \frac{e}{1+e} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan :

- n = porositas (%),
- V = volume/Isi (cm^3) = $V_v + V_s$,
- V_v = volume/isi pori (cm^3) = $V_a + V_w$,
- V_a = volume/isi udara (cm^3),
- V_w = volume/isi air (cm^3),
- V_s = volume partikel/isi butiran (cm^3).

4. Derajat kejenuhan (*Degree of saturation*)

Derajat kejenuhan (S_r), adalah perbandingan antara volume air (V_w) dengan volume pori (V_v) dinyatakan dalam persen, nilai derajat kejenuhan dinyatakan dalam Persamaan 3.5 berikut ini.

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan :

- S_r = derajat kejenuhan (%),
- V_w = Volume/isi air (cm^3),
- V_v = volume/isi pori (cm^3) = $V_a + V_w$.

5. Berat volume kering (*Dry density*),

Berat volume kering (γ_d), adalah perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume total (V), nilai berat volume kering dinyatakan dalam Persamaan 3.6 berikut ini.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \times 100\% \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.6)$$

Keterangan :

- γ_d = berat volume kering (gr/cm³),
- W_s = berat butiran padat (gr),
- V = volume/Isi (cm³) = $V_v + V_s$,
- V_v = volume/isi pori (cm³) = $V_a + V_w$,
- V_a = volume/isi udara (cm³),
- V_w = volume/isi air (cm³),
- V_s = volume partikel/isi butiran (cm³).

6. Berat volume jenuh (*Saturated density*)

Berat volume jenuh (γ_{sat}), adalah perbandingan antara berat air (W_w) dan berat butiran padat (W_s) dengan volume/isi (V), nilai berat volume jenuh dinyatakan dalam Persamaan 3.7 berikut ini.

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{W_w + W_s}{V} \times 100\% \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.7)$$

Keterangan :

- γ_{sat} = berat volume jenuh (gr/cm³),
- W_w = berat air (gr),
- W_s = berat butiran padat (gr),
- V = volume/Isi (cm³) = $V_v + V_s$,
- V_v = volume/isi pori (cm³) = $V_a + V_w$,
- V_a = volume/isi udara (cm³),
- V_w = volume/isi air (cm³),
- V_s = volume partikel/isi butiran (cm³).

7. Berat volume basah (*Submerged/Wet density*)

Berat volume basah (γ_{sat}), adalah perbandingan antara berat air (W_w) dan berat butiran padat (W_s) dengan volume/isi (V), nilai berat volume jenuh dinyatakan dalam Persamaan 3.7 berikut ini.

$$\gamma_a = \frac{W_w + W_s}{V} \times 100\% \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.8)$$

Keterangan :

γ_{sat} = berat volume jenuh (gr/cm^3),

W_w = berat air (gr),

W_s = berat butiran padat (gr),

V = volume/Isi (cm^3) = $V_v + V_s$,

V_v = volume/isi pori (cm^3) = $V_a + V_w$,

V_a = volume/isi udara (cm^3),

V_w = volume/isi air (cm^3),

V_s = volume partikel/isi butiran (cm^3).

3.1.3 Sifat-sifat Fisik Tanah

Tanah terdiri dari tiga unsur, yaitu butiran tanah atau partikel padat (*solid*), air (*water*), dan udara (*air*). Kandungan air dan udara yang terdapat di dalam tanah menempati rongga (*void*) yang terdapat diantara butiran, disebut pori tanah. Apabila volume pori di dalam tanah dipenuhi oleh air, maka tanah dinyatakan dalam kondisi jenuh (*saturated*). Sebaliknya, jika di dalam pori tanah tidak berisi air sama sekali, maka tanah dalam kondisi tak jenuh (*unsaturated*).

Sifat fisik tanah dapat dilihat dari tekstur, struktur, konsistensi tanah, warna tanah, temperatur tanah, tata air (*drainase*) dan tata udara (*aerose*), (Majid, 2007).

Tanah tersusun dari butir-butir tanah dengan berbagai ukuran. Bagian butir tanah yang berukuran lebih dari 2 mm disebut tanah seperti kerikil, koral sampai batu. Bagian butir tanah yang berukuran kurang dari 2 mm disebut tanah halus. Tanah halus dibedakan menjadi 3, yakni sebagai berikut ini.

1. Pasir, yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,05 mm sampai 2 mm.

2. Debu, yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,05 mm.
3. Liat, yaitu butir tanah yang berukuran kurang dari 0,002 mm.

Warna tanah merupakan salah satu sifat tanah yang mudah dilihat. Warna tanah berbeda-beda tergantung pada kondisi dan komposisi bahan penyusunnya. Tanah yang mempunyai kandungan oksida-besi cenderung berwarna cerah (agak kuning atau kemerahan), sedangkan tanah yang kandungan organiknya tinggi cenderung berwarna gelap (coklat tua atau kehitaman).

Struktur tanah merupakan gumpalan kecil dari butir-butir tanah. Gumpalan struktur tanah terjadi karena butir-butir pasir, debu, dan liat terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti bahan organik, oksida-oksida besi, dan lain-lain. Gumpalan-gumpalan kecil ini mempunyai bentuk, ukuran dan ketahanan yang berbeda-beda.

Konsistensi tanah adalah suatu sifat tanah yang menunjukkan derajat kohesi (tarik menarik antar partikel) dan adhesi (tarik menarik antar partikel dan air) diantara partikel-partikel tanah dan ketahanan massa tanah terhadap perubahan bentuk yang disebabkan oleh tekanan dan berbagai kekuatan yang mempengaruhi bentuk tanah.

3.1.4 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas, (Das, 1988).

Klasifikasi tanah diperlukan untuk hal-hal sebagai berikut ini.

1. Perkiraan hasil eksplorasi tanah.
2. Perkiraan standar kemiringan lereng dari penggalian tanah atau tebing.
3. Perkiraan pemilihan bahan (penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasar, bahan tanah timbunan dan lain-lain).
4. Perkiraan persentase muai dan susut.

5. Pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untk konstruksi (pemilihan cara penggalian dan rancangan penggalian).
6. Perkiraan pekerjaan/pembuatan lereng dan tembok penahan tanah dan lain-lain (pemilihan jenis konstruksi dan perhitungan tekanan tanah).

Sistem klasifikasi tanah menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang rinci. Klasifikasi pada umumnya di dasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas, namun semuanya tidak memberikan penjelasan yang tegas tentang kemungkinan pemakaiannya. Sistem klasifikasi tanah dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut ini.

1. Klasifikasi berdasarkan tekstur dan ukuran

Sistem klasifikasi ini di dasarkan pada keadaan permukaan tanah yang bersangkutan, sehingga dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah dalam tanah. Klasifikasi ini sangat sederhana didasarkan pada distribusi ukuran tanah saja. Pada klasifikasi ini tanah dibagi menjadi kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*), (Das, 1988).

2. Klasifikasi berdasarkan pemakaian

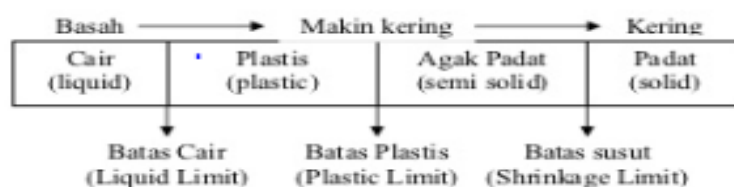
Pada sistem klasifikasi ini memperhitungkan sifat plastis tanah dan menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering dipakai dalam bidang teknik dimana kedua sistem klasifikasi itu memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas *Atterberg*.

3.1.5 Batas-Batas Konsisten Tanah (*Atteberg Limits*)

Atteberg (1911) (dalam Hardiyatmo (2002)), telah berhasil mengembangkan suatu metode untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan pertimbangan pada kadar air yang bervariasi. Kedudukan kadar air transisi bervariasi pada berbagai jenis tanah. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada air tertentu disebut konsistensi. Bila kadar air tinggi, penambahan tanah dan air menjadi sangat lembek seperti cairan.

Atas dasar air yang dikandung tanah, tanah padat di bedakan menjadi empat keadaan dasar yaitu padat, semi padat, plastis dan cair. Nilai kadar air yang di

gunakan dinyatakan dalam persen dalam pengujiannya untuk batas cair menggunakan alat yang dinamakan Atterberg untuk batas susut menggunakan cawan yang terbuat dari logam yang kemudian diukur seberapa besar susut tanah dengan menggunakan air raksa. Pengujian batas cukup dengan menggiling-giling tanah diatas permukaan yang rata sampai mencapai retak-retak.



Gambar 3.2 Batas-batas Konsistens Atterberg Limits

(Sumber ; Wesley, 1997)

Batas-batas konsistensi yang telah dikembangkan oleh Atterberg adalah sebagai berikut ini.

1. Batas Cair / *Liquid Limit* (LL)

Batas Cair adalah keadaan dimana kadar air pada kondisi ketika tanah mulai berubah dari plastis menjadi cair atau sebaliknya yaitu batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Pada keadaan ini, butiran-butiran akan tersebar dan didukung oleh air. Jika kadar air berkurang, misalnya akibat dikeringkan, perubahan volume yang terjadi adalah akibat berkurangnya air. Jadi hilangnya kandungan air sama dengan pengurangan volume.

2. Batas Plastis / *Plastic Limit* (PL)

Batas Plastis adalah keadaan dimana kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu presentase kadar air pada saat tanah mulai retak, sebagai contoh tanah dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. Pada keadaan ini, tanah lempung berubah warnanya. Batas plastis dinyatakan dalam Persamaan 3.9 berikut ini.

$$PL = \left(\frac{W_p + W_k}{W_k} \right) \times 100\% \quad (3.9)$$

Keterangan :

PL = batas plastis tanah,

Wp = berat tanah basah kondisi plastis,

Wk = berat tanah kering.

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

Batas Susut adalah keadaan dimana kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu presentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Batas susut tanah dinyatakan dalam Persamaan 3.10 berikut ini.

$$SL = \left(\frac{V_o}{W_o} - \frac{1}{G_s} \right) \times 100\% \quad (3.10)$$

Ketrangan :

SL = batas susut tanah,

V_o = volume benda uji kering,

W_o = berat benda uji kering,

G_s = berat jenis tanah.

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Indeks*)

Indeks plastisitas adalah selisish antara batas cair dan batas plastis. Indeks Plastisitas menyatakan kadar air dimana tanah tetap dalam kondisi plastis, dan juga menyatakan jumlah relatife partikel lempung dalam tanah.

Jika PI tinggi, maka tanah banyak mengandung lempung. Jika PI rendah, hal ini terdapat pada kebanyakan tanah lanau, sedikit pengurangan kadar air mengakibatkan tanah menjadi kering. Sebaliknya, bila kadar air sedikit bertambah, tanah menjadi cair. Indeks plastisitas dinyatakan dalam Persamaan 3.11 berikut ini.

$$PI = LL - PL \quad (3.11)$$

Keterangan :

PI = indeks plastisitas,

- LL = batas cair,
 PL = batas plastis.

Nilai indeks plastisitas tanah telah diurakan oleh Hardiyatmo (1992) pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
<1	Plastis rendah	Lanau	Kohesi sebagian
7 – 17	Plastis sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastis tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hardiyatmo (1992)

3.2 Tanah Lempung Ekspansif

Istilah tanah ekspansif digunakan untuk tanah atau batuan kelemungan yang mengalami perubahan volume yang besar sebagai respon langsung terhadap perubahan kadar air. Tanah ekspansif memiliki kecenderungan untuk mengembang apabila kadar air pada tanah bertambah dan sebaliknya akan menyusut apabila kadar airnya berkurang. Meskipun potensi pengembangan (*expansion potential*) dipengaruhi oleh berbagai faktor (struktur tanah dan fabrik, kondisi lingkungan dan lain-lain), mineral lempung merupakan faktor utama yang menentukan perilaku tersebut.

Untuk tanah lempung yang dapat dikategorikan kedalam tanah lempung yang ekspansif yakni tanah yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi batasan nilai indeks plastisitasnya atau $PI > 35 \%$, selain itu nilai aktivitas lempung juga dapat dipengaruhi oleh jenis mineral yang terkandung pada tanah tersebut semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang.

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume atau mengalami pengembangan atau penyusutan ketika kadar air berubah, maka dari itu air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah lempung ekspansif secara umum dibedakan menjadi dua yaitu: faktor komposisi tanah dan faktor pengaruh lingkungan. Faktor yang pertama dapat diketahui dengan mengadakan percobaan di laboratorium pada contoh tanah terusik. Hal-hal yang perlu didalam percobaan antara lain: tipe dan jumlah mineral, tipe kation didalam tanah, luas permukaan, distribusi ukuran partikel, dan air pori. Faktor pengaruh lingkungan dapat diketahui melalui pengujian laboratorium pada contoh tanah asli. (Suhardjito,1989). Untuk potensi pengembangan tanah ekspansif dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Potensi Pengembangan Tanah Ekspansif

Potensi Pengembangan	Pengembangan (akibat tekanan 6,9 KPa) (%)	Persen Koloid (<0,001mm) (%)	Indek Plastisitas PI (%)	Batas Susut SL (%)	Batas Cair LL (%)
Sangat tinggi	>30	>28	>35	>11	>65
Tinggi	20-30	20-31	25-41	7-12	50-63
Sedang	10-20	13-23	15-28	10-16	39-50
Rendah	<10	<15	<18	<15	39

Sumber : Usman (2008)

Tanah ekspansif atau tanah lempung lunak secara umum mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. kuat geser rendah,
2. berkurang kuat gesernya bila kadar air bertambah,
3. berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu,
4. bila basah bersifat plastis dan mudah mampat,
5. menyusut bila kering dan mengembang bila basah,
6. kompresibilitasnya besar, klasifikasi kompresibilitas tanah yang dapat dilihat pada Tabel 3.3,
7. berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangka pada beban yang konstan, dan

8. sifat-sifat umum lempung lunak diuraikan oleh Toha (1989) pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Klasifikasi Kompresibilitas Tanah

<i>Compresibility, C</i>	<i>Classification</i>
0-0,05	<i>Very slightly compressible</i>
0,05-0,1	<i>Slightly compressible</i>
0,1-0,2	<i>Moderately compressible</i>
0,2-0,35	<i>Highly compressible</i>
> 0,35	<i>Very Highly compressible</i>

Sumber : Coduto (1994)

Tabel 3.4 Sifat-sifat Umum Lempung Lunak

Parameter	Nilai
Kadar air	80 – 100%
Batas cair	80 – 100%
Batas plastis	30 – 45%
Lolos saringan no. 200	< 0,002 mm
Kuat geser	20 – 40 kN/m ²

Sumber : Toha (1989)

3.3 Konsep Perbaikan Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Sifat-sifat tanah yang telah diperbaiki dengan cara stabilisasi dapat meliputi: kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

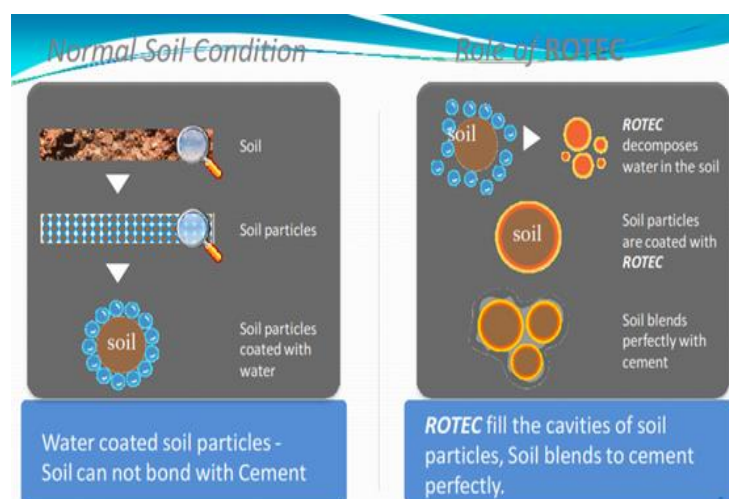
3.3.1 Rotec

Rotec merupakan bahan *additive* berbentuk bubuk berguna sebagai *soil stabilizer* yang berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (*stabilizer*) tanah secara fisik, dengan kandungan kimia ramah lingkungan untuk merekayasa tanah menjadi sekeras batu, menyingkirkan partikel air (*water repellant*) membungkus unsur tanah agar tidak mudah tercampur air, tidak akan lembek terutama saat musim penghujan. Membuat unsur tanah (*soil*) mudah dicampur dengan semen, seperti memadukan pasir dengan semen. Kekuatannya jauh melampaui stabilisasi berbahan baku polimer. Fungsinya mirip pembuatan bata merah, unsur air harus dikeluarkan.

Produk rotec ini berupa bubuk yang terdiri dari mineral anorganik. rotec ini telah di uji oleh PT. Cahaya Inti Solusindo dan cocok sekali untuk iklim subtropis dengan intensitas sedang sampai hujan deras sesuai dengan kondisi di Indonesia. Adapun komposisi rotec pada saat pelaksanaan harus dicampur dengan semen dan juga air.

3.3.2 Kegunaan Rotec

Kegunaan rotec yaitu mengisi rongga pada tanah agar tanah tidak mudah tercampur air, membuat unsur tanah mudah tercampur dengan semen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Kegunaan Rotec

(Sumber : PT. Cahaya inti solusindo)

3.3.3 Penerapan Rotec

Untuk penerapan bahan rotec diuraikan sebagai berikut ini.

1. Penerapan pada transportasi antara lain sebagai berikut:
 - a. dalam konstruksi jalan, sebagai pengganti dari LPA & LPB CBR hingga 285%,
 - b. lapangan dasar untuk lapangan terbang, area parkir, kereta api, helipad, dll,
 - c. pembangunan jalan untuk pertambangan & perkebunan.
2. Penerapan pada pondasi tanah antara lain sebagai berikut:
 - a. meningkatkan tanah gambut & tanah ekspansif,
 - b. pengganti metode vertical drain di kompresi tanah,
 - c. memperkuat tebing untuk mencegah longsor.
3. Penerapan untuk pekerjaan lain-lain antara lain sebagai berikut:
 - a. bahan konstruksi bendungan (substitusi tanah liat),
 - b. lapisan kedap air ($k = 10^{-7}$ cm/s),
 - c. pencegahan polusi debu,
 - d. sebagai matriks yang mengikat zat beracun dan berbahaya.

3.3.4 Komposisi Penggunaan Rotec

Rotec dapat digunakan dengan mencampurkan tanah asli, semen, rotec dan air. Semen yang digunakan sesuai dengan jenis tanah, air untuk rotec harus di tingkat kelembaban optimal. Komposisi penggunaan rotec dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Komposisi Rotec

(Sumber : PT. Cahaya inti solusindo)

3.3.5 Portland Cement (PC) / Semen Portland

Portland cement (PC)/Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

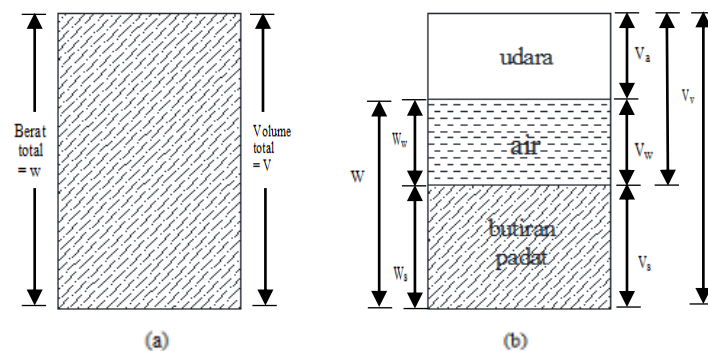
3.3.6 Jenis-jenis Semen Portland

Semen *Portland* dibagi menjadi 5 (lima) jenis, antara lain sebagai berikut ini.

1. Tipe I, semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya..
2. Tipe II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Contohnya konstruksi beton yang selalu berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau fondasi yang tertanam didalam tanah yang mengandung garam sulfat dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.
3. Tipe III, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Contohnya digunakan pada konstruksi di daerah yang mempunyai musim dingin.
4. Tipe IV, semen *portland* yang di dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Contohnya digunakan untuk pekerjaan yang besar dan masif seperti pekerjaan bendung, fondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
5. Tipe V, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Contohnya digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia.

3.4 Kadar Air Tanah

Tanah terdiri dari tiga unsur, yaitu butiran tanah atau partikel padat (*solid*), air (*water*), dan udara (*air* atau *gas*). Kandungan air dan udara yang terdapat di dalam tanah menempati rongga (*void*) yang terdapat diantara butiran, disebut pori tanah. Apabila volume pori di dalam tanah dipenuhi oleh air, maka tanah dinyatakan dalam kondisi jenuh (*saturated*). Sebaliknya, jika di dalam pori tanah tidak berisi air sama sekali, maka tanah dalam kondisi tak jenuh (*unsaturated*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Diagram Fase Tanah

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Kadar air (W) didefinisikan sebagai perbandingan dari berat air (W_w) dengan berat butiran (W_s) dalam tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen (%), dinyatakan dalam Persamaan 3.12 berikut ini.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.12)$$

Keterangan :

W = kadar air

W_w = berat air (gram),

W_s = berat butiran tanah (gram)

Metode yang dapat digunakan untuk mengukur kadar air contoh tanah yaitu sebagai berikut ini.

1. Metode pengeringan dengan oven (*oven drying method*).
2. Pengeringan dengan pembakaran memakai alkohol (*Alcohol Method*).
3. Pengujian dengan *Speedy* (*Speedy Moisture Tester*).

3.5 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan upaya rekayasa untuk memperbaiki mutu tanah yang tidak baik dan meningkatkan mutu tanah yang sebetulnya sudah tergolong baik. Tujuan stabilisasi tanah adalah meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan serta meningkatkan stabilitas tanah.

Umumnya terdapat dua cara stabilisasi tanah, yaitu dengan cara mekanis dan cara kimiawi. Stabilisasi tanah secara mekanis biasanya menggunakan peralatan mekanis seperti mesin gilas, benda berat yang dijatukan ledakan, tekanan status, tekstur, pembekuan, pemanasan. Stabilisasi secara mekanis bertujuan untuk mendapatkan tanah yang bergradasi baik sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Pada prinsipnya stabilisasi tanah secara mekanis dengan mengatur gradasi dari butir tanah yang bersangkutan dengan meningkatkan kepadatannya, yaitu dengan cara menambah dan mencampurkan tanah yang ada (*natural soil*) dengan jenis tanah yang baru yang lebih baik. Stabilisasi tanah secara mekanis yaitu gradasi butir tanah yang memiliki daya ikat (*binder soil*) dan kadar air perlu diperhatikan.

Stabilisasi tanah secara kimiawi dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan tambahan seperti : kerikil untuk kohesif (lempung), lempung untuk tanah berbutir kasar, semen *portland*, gamping/kapur, *fly ash*, sodium, dan lain-lain.

Bahan aditif yang dipakai harus memenuhi kriteria sebagai berikut ini.

1. Dapat tercampur dengan tanah asli.
2. Setelah tercampur dapat dipadatkan dengan baik.
3. Mudah dikerjakan.
4. Mudah didapat dan ekonomis.

Kezdi (1997), membagi stabilisasi menjadi dua yang dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan cara pelaksanaan, dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut ini.
 - a. Metode mekanis, yaitu dengan tanpa menambahkan bahan selain tanah dan perubahan sifat tanah dicapai dengan cara berikut:

- 1) mereduksi rongga pori tanah setempat atau menambahkan material tanah lain, selanjutnya dilakukan pemadatan,
 - 2) menjaga agar kandungan air menjadi konstan dengan sistem drainase, dan
 - 3) mencampur dengan material yang berbeda.
- b. Metode fisis, adalah stabilisasi berdasarkan perubahan fisik yang terjadi.
- 1) hidrasi merupakan proses pembentukan ikatan antar partikel tanah dengan campuran sehingga mengeras (*cementation*),
 - 2) penyerapan (*absorption*), penarikan air, misal stabilisasi tanah dengan kapur,
 - 3) perubahan temperatur, misal stabilisasi tanah dengan butiran, dan
 - 4) penguapan (*evaporation*).
- c. Metode kimiawi, yaitu stabilisasi berdasarkan reaksi kimia yang akan merubah sifat tanah, meliputi pertukaran ion, penguapan, polimerasi dan oksidasi.
2. Berdasarkan tujuan:
- a. perbaikan sifat-sifat dengan/tanpa menambahkan bahan selain tanah yaitu dengan pemadatan, tujuannya adalah meningkatkan kekuatan, mengurangi kembang susut, mengurangi penurunan,
 - b. perbaikan sifat-sifat utama tanah, dengan cara kimiawi yaitu dengan cara menambahkan bahan tambah seperti kapur, semen, bitumen, dan lain-lain,
 - c. perbaikan dengan membuat kedap air, yaitu dengan menggunakan bahan tambah seperti hidrokarbonatau dengan lapisan kedap air, dan
 - d. perbaikan dengan cara mencegah terjadinya erosi, yaitu dengan jalan menambahkan garam atau bahan kimia lainnya.

3.5.1 Jenis-jenis Stabilisasi Tanah

Teknologi stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 4 (empat) macam penggolongan utama antara lain sebagai berikut ini.

1. *Physio - Mechanical*

Pemadatan langsung dengan alat pemadat maupun aplikasi teknologi seperti cakar ayam, tiang pancang dan geomembran atau *geotextile*.

2. *Granulometric*

Pencampuran tanah asli dengan tanah lain yang mempunyai sifat dan karakteristik yang lebih baik lalu dipadatkan dengan alat pemadat.

3. *Physio - Chemical*

Pencampuran tanah asli dengan semen, kapur ataupun aspal sebagai bahan pengikat partikel tanah.

4. *Electro – Chemical*

Ionisasi partikel tanah dengan mencampurkan bahan kimia tertentu, yang bertujuan untuk merubah sifat-sifat buruk tanah, seperti kembang susut menjadi tanah yang mudah dipadatkan dan stabil secara permanen.

Menurut *Bowles*, 1991 beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut:

1. meningkatkan kerapatan tanah,
2. menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul,
3. menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisik pada tanah,
4. menurunkan muka air tanah (drainase tanah), dan
5. mengganti tanah yang buruk.

3.6 Pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan merupakan proses yang dilakukan untuk merapatkan butiran tanah (*solid*) yang satu dengan yang lain, sehingga partikel tanah saling berdekatan dan pori tanah menjadi kecil.

Tanah, kecuali berfungsi sebagai pendukung fondasi bangunan, juga digunakan sebagai bahan timbunan seperti tanggul, bendungan dan jalan. Untuk situasi keadaan lokasi aslinya membutuhkan perbaikan guna mendukung bangunan di atasnya, ataupun karena digunakan sebagai bahan timbunan, maka pemadatan sering dilakukan.

Maksud pemadatan tanah menurut Hardiyatmo (1992) antara lain sebagai berikut:

1. mempertinggi kuat geser tanah,
2. mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
3. mengurangi permeabilitas, dan
4. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lain-lainnya.

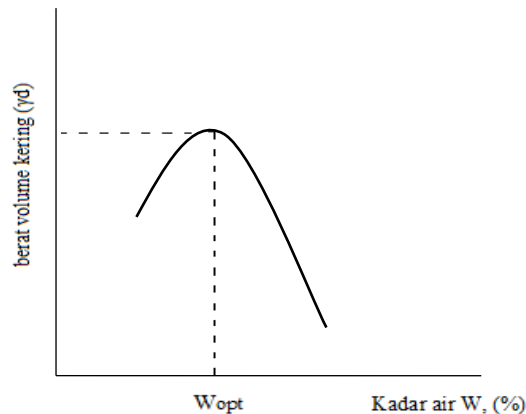
Tanah lempung yang dipadatkan dengan benar dapat memberikan kuat geser yang tinggi, sedangkan stabilitas terhadap kembang susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya. Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat unit kering tanah yang telah dipadatkan. Apabila air ditambahkan ke dalam tanah yang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tanah tersebut menjadi lebih mudah bergerak dan bergeser satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat dan padat. Untuk usaha yang sama, berat unit kering dari tanah akan naik, bila kadar air dalam tanah (ketika dipadatkan) meningkat.

Apabila kadar air ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga meningkat secara bertahap pula. Setelah mencapai kadar air tertentu adanya penambahan kadar air justru cenderung menurunkan berat unit kering tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut kemudian akan menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati partikel-partikel padat yang ada didalam tanah. Kadar air saat nilai berat unit kering maksimum tanah dicapai disebut sebagai kadar air optimum. Berat unit kering tanah maksimum secara teoritis didapat apabila pada pori-pori tanah sudah tidak ada udara lagi, yaitu saat derajat kejenuhan tanah sama dengan 100%.

Karakteristik kepadatan tanah dapat dilihat dari pengujian standar laboratorium yang disebut uji *Proctor Standart*. Contoh alat pengujian pemadatan (*proctor*) dan kurva hubungan antara kadar air dan berat unit kering dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



(a)



(b)

Keterangan : (a) Gambar alat uji *proctor*,
 (b) gambar kurva hubungan antara kadar air dan berat unit kering

Gambar 3.6 Gambar Alat Uji *Proctor* dan Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

Pemadatan ini akan menghasilkan kurva pada gambar (b) yang merupakan hubungan antara kadar air dan berat unit kering tanah. Kurva tersebut memperlihatkan nilai kadar air optimum untuk mencapai berat unit kering terbesar atau kepadatan maksimum.

Kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Hubungan volume kering (γ_d), berat volume basah (γ), dan kadar air (W) dinyatakan dalam Persamaan 3.13 berikut ini.

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W} \quad (3.13)$$

Keterangan :

γ_d = volume kering,

γ = volume basah,

W = kadar air

Hubungan derajat kejenuhan tanah (S), dengan berat unit kering (γ_d) dinyatakan dalam Persamaan 3.14 berikut ini.

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + \frac{G_s W}{S}} \quad (3.14)$$

Keterangan :

Gs = berat jenis tanah,

γ_w = berat unit air (kg/cm^3)

γ_d = berat volume tanah kering (kg/cm^3)

W = kadar air (%)

S = derajat kejenuhan tanah

3.7 California Bearing Ratio (CBR)

CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah ataupun material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama dan dinyatakan dalam persen.

Nilai CBR dapat dicari dengan cara membagi masing-masing beban dengan beban standar CBR pada penetrasi 0,1 inc dengan beban standar 1000 psi, penetrasi 0,2 inc dengan beban standar 1500 psi dan dikalikan dengan 100%. Perhitungan beban dari nilai kalibrasi dan pembacaan dial dapat dilihat pada Persamaan 3.15 berikut ini.

$$\text{Beban } P = k \times \text{dial} \quad (3.15)$$

Keterangan : k = Nilai kalibrasi (lbs)

Dial = Pembacaan dial (div)

Untuk Nilai CBR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.16 dan Persamaan 3.17 sebagai berikut ini.

Nilai CBR pada penetrasi (inchi):

$$\text{Nilai CBR}_{0,1} = \frac{\text{beban } P_{\text{terkoreksi}}}{3 \times 1000} \times 100\% \quad (3.16)$$

$$\text{Nilai CBR}_{0,2} = \frac{\text{beban } P_{\text{terkoreksi}}}{3 \times 1500} \times 100\% \quad (3.17)$$

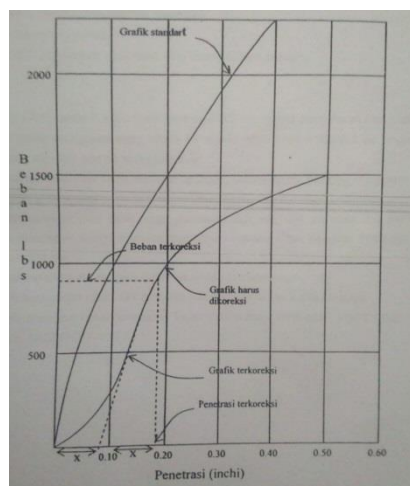
Beban standard penetrasi dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Standard Unit Load

Penetrasi	Standard Unit Load
0,1''	1000 psi
0,2''	1500 psi
0,3''	1900 psi
0,4''	2300 psi
0,5''	2600 psi

Umumnya nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1 inc. Apabila nilai CBR pada penetrasi 0,1 inc lebih kecil dari nilai CBR penetrasi 0,2 inc maka harus dilakukan pengujian ulang. Jika nilai CBR tetap, maka digunakan nilai CBR tertinggi.

Contoh alat pengujian CBR dan kurva hubungan antara beban dan penetrasi dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Alat Uji CBR dan Grafik Hubungan Beban dan Penetrasi

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian sebagai berikut ini.

1. Tahap perumusan masalah, meliputi perumusan topik penelitian, termasuk perumusan tujuan serta manfaat penelitian.
2. Tahap perumusan teori, merupakan pengkajian teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian.
3. Tahap persiapan, meliputi pengujian pendahuluan untuk mengetahui properties sampel tanah yang digunakan.
4. Tahap pengujian, yaitu pengujian tanah asli berupa jenis dan klasifikasi tanah serta pengujian proktor standar, kemudian dilakukan pengujian CBR pada tanah asli dan yang telah dicampur dengan 1 kg rotec dan semen dengan variasi 5%, 7%, dan 9%.
5. Tahap pengumpulan data, tahap ini meliputi tahap pengambilan data dari hasil pengujian yang dilakukan pada sampel tanah.
6. Tahap analisis dan pengolahan data, pada tahap ini data yang telah diambil dari pengujian dianalisis, kemudian diolah dengan logika, teori dan standar peraturan yang berlaku.
7. Tahap penulisan dan penarikan kesimpulan, tahap ini meliputi penulisan laporan penelitian berdasarkan aturan yang berlaku dan hasil pengolahan data. Kesimpulan diambil berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab masalah yang timbul.

4.2 Tempat dan Bahan Penelitian

4.2.1 Tempat Penelitian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta.

4.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain sebagai berikut ini.

1. Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif yang berasal dari Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Air yang dipakai adalah air PDAM yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Rotec yang digunakan merupakan rotec yang berasal dari PT. Cahaya Inti Solusindo.
4. Semen yang digunakan merupakan semen Tiga Roda Tipe I

4.2.3 Pemeraman dan Rendaman Sampel

Pada pengujian CBR, untuk sampel tak terendam (*unsoked*) dilakukan pemeraman selama 7 (tujuh) hari, untuk sampel terendam (*soaked*) dilakukan pemeraman selama 7 (tujuh) hari dan rendaman selama 4 (empat) hari.

4.2.4 Jumlah Sampel Pengujian

Adapun pengujian yang dilakukan adalah dengan mengadakan pengujian analisis distribusi butiran, uji *proctor* dan uji CBR (*California Bearing Ratio*). Jenis pengujian dan jumlah sampel untuk penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel

No	Jenis pengujian	Jumlah sampel	Satuan
1.	Mengukur Sifat Fisik Tanah Asli :		
	- Analisis saringan + Hidrometer	2	Sampel
	- kadar Air (W)	2	Sampel
	- Berat Jenis	2	Sampel
	- Berat Volume Tanah	2	Sampel
	- Batas Cair	2	Sampel
	- Batas Plastis	2	Sampel
	- Batas Susut	2	Sampel
	- Indeks Plastis	2	Sampel
2.	Pengujian <i>Proctor Standard</i> Tanah Asli	2	Sampel
3.	Pengujian CBR Tanah + Semen + Rotec :		
	a. Tanah Asli	2	Sampel
	b. Tanah + PC + Rotec :		
	- Tanah + PC (5%) + 1 kg rotec	2	Sampel
- Tanah + PC (7%) + 1 kg rotec	2	Sampel	
- Tanah + PC (9%) + 1 kg rotec	2	Sampel	

4.3 Penelitian Pengujian

Prosedur yang digunakan pada penelitian ini adalah pengujian karakteristik tanah berdasarkan standarisasi *American Society for Testing Material* (ASTM). Adapun pengujian yang akan dilakukan antara lain sebagai berikut ini.

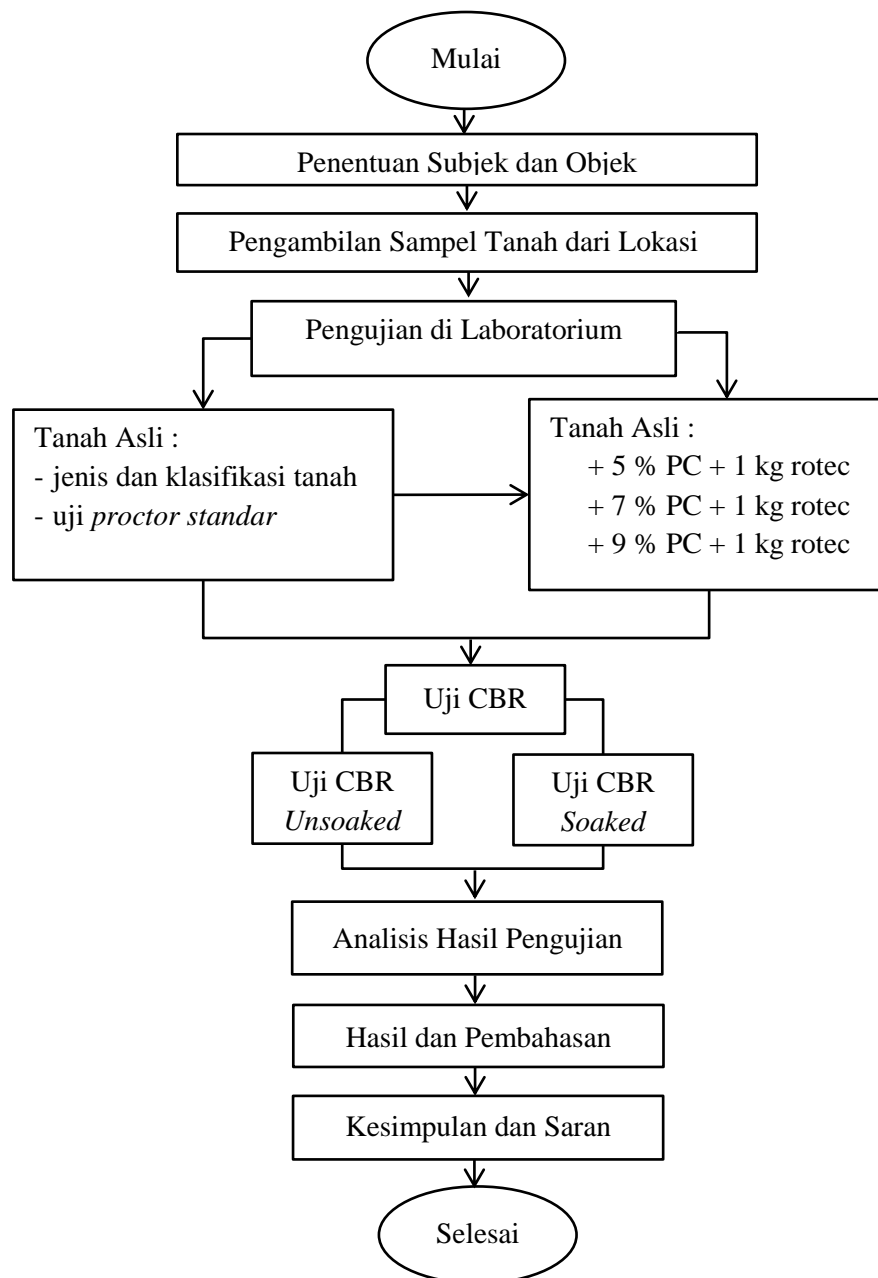
1. Pengujian Analisis Butiran (*Grain Size Analysis*) (ASTM D1140-00 & ASTM D 422-63)
2. Pengujian Kadar Air (ASTM D2216-92)
3. Pengujian Berat Jenis Tanah (*Spesific Gravity*) (ASTM D654-92)
4. Pengujian Berat Volume Tanah (*Bulk Density*) (ASTM D2049)
5. Pengujian Batas Cair (*Liquit Limit*) (ASTM D4318-00)
6. Pengujian Batas Plastis Tanah (*Plastic Limit*) (ASTM D4318-00)
7. Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit*) (ASTM D4318-00)
8. Pengujian *Proctor Standard* (ASTM D51557-00)
9. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) (ASTM D-698-70)

4.4 Analisis Data

Metode analisis data adalah metode atau cara yang digunakan untuk menyederhanakan dan mempermudah dalam memahami data yang diperoleh di laboratorium. Data di laboratorium yang telah didapatkan kemudian dianalisis berdasarkan urutan pekerjaannya. Hasil yang digunakan merupakan nilai rata-rata dari dua buah sampel dari setiap pengujian, dan pada pengujian CBR khususnya pada tanah asli yang ditambahkan *Rotec* dan variasi kapur, hasil yang digunakan merupakan nilai optimum.

4.5 Bagan Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan persiapan material yaitu tanah lempung, *rotec* dan semen. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan uji sifat dan klasifikasi tanah serta uji proktor standar. Setelah mendapat kadar optimum dilakukan pencampuran *rotec* dan semen, kemudian dilakukan uji CBR terhadap tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan *rotec* dan semen. Setelah menganalisis dan membandingkan, lalu melakukan pembahasan, terakhir ditutup dengan memberikan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya. Untuk melihat bagan alir penelitian, dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, dilakukan dengan menggunakan bahan semen *portland* dan bahan *additive* rotec sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif. Pengujian yang dilakukan memperoleh hasil yang meliputi sifat-sifat mekanika tanah lempung ekspansif.

Sifat fisik tanah meliputi kadar air tanah (w), berat volume tanah (γ), berat volume kering tanah (γ_d), dan berat jenis tanah (G_s). Sifat mekanika tanah meliputi parameter geser tanah yaitu sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kohesi tanah (c). Untuk memperoleh sifat fisik dan sifat mekanika tanah tersebut dilakukan pengujian yaitu proktor standar dan uji CBR. Hasil dari pengujian tersaji dalam bentuk tabel dan grafik.

5.1 Sifat Fisik Tanah Lempung

Dari hasil penelitian, tanah yang diambil dari daerah Kulonprogo mempunyai sifat fisik sebagai berikut : warna coklat dan agak padat.

5.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung

5.2.1 Pengujian Kadar Air

Hasil pengujian kadar air sampel tanah dari Desa Tuksono, Sentolo, Kulonprogo tercantum pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah

No.	Pengujian	Satuan	1	2
1	Berat Cawan	W1 (gr)	21,91	21,91
2	Berat Cawan + Tanah Basah	W2 (gr)	56,22	59,52
3	Berat Cawan + Tanah Kering	W3 (gr)	49,45	51,52
4	Berat Air	Wa (gr)	6,77	7,93
5	Berat Tanah Kering	Wt (gr)	27,54	29,85
6	Kadar Air	W (%)	24,58	27,02
	Kadar Air Rata-Rata	W(%)	25,80	

Contoh perhitungan kadar air dapat dilihat pada Persamaan 5.1 berikut ini.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (5.1)$$

$$w = \frac{W - W}{W - W} \times 100\%$$

$$w = \frac{56,22 - 49,45}{49,45 - 21,91} \times 100\%$$

$$w = 24,58\%$$

Dari hasil pengujian kadar air diatas, maka tanah dari daerah Desa Tuksono, Sentolo, Kulonprogo mengandung kadar air tanah rata-rata 25,80%.

5.2.2 Pengujian Berat Jenis

Hasil pengujian berat jenis sampel tanah dari daerah Kulonprogo tercantum pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

No.	No Pengujian		1	2
1	Berat piknometer (W1)	gr	39.36	38.84
2	Berat piknometer + Tanah kering, (W2)	gr	68.74	70.68
3	Berat piknometer + Tanah + air, (W3)	gr	156.79	157.67
4	Berat piknometer + air, (W4)	gr	137.08	138.18
5	Suhu air (to)	gr	26	26
6	g air pada suhu (26)		0.9968	0.9968
7	g air pada suhu (27,5 0 C)		0.99641	0.99641
8	Berat Tanah kering (Ws)	gr	29.38	31.84
9	A = Ws + W4	gr	166.46	170.02
10	I = A - W3	gr	9.67	12.35
11	Berat Jenis tanah pada suhu (to), Gs = Ws / I		3.04	2.58
12	Berat Jenis tanah pada suhu (27,5o)= Gs. (gw t0 / gw t 27,5 0 C)		3.04	2.58
13	Berat jenis rata-rata pada suhu (27,5o)		2.81	

Contoh perhitungan berat jenis tanah dapat dilihat pada Persamaan 5.2 berikut ini.

$$G_s(t^\circ) = \frac{(W-W)}{(W-W) - (W-W)} \quad (5.2)$$

$$G_s(t^\circ) = \frac{(68,74 - 39,36)}{(137,08 - 36,63) - (156,79 - 68,74)}$$

$$G_s (t^\circ) = 3,04$$

$$G_s (27^\circ\text{C}) = G_s (t^\circ) \times \frac{\gamma_w (t^\circ\text{C})}{\gamma_w (27,5^\circ\text{C})}$$

$$G_s (27^\circ\text{C}) = 3,04 \times \left[\frac{0,9968}{0,996410} \right]$$

$$= 3,04$$

Dari hasil pengujian berat jenis diatas maka tanah dari daerah Kulonprogo mengandung berat jenis tanah rata-rata $2,81 \text{ gr/cm}^3$.

5.2.3 Pengujian Analisis Butiran Tanah

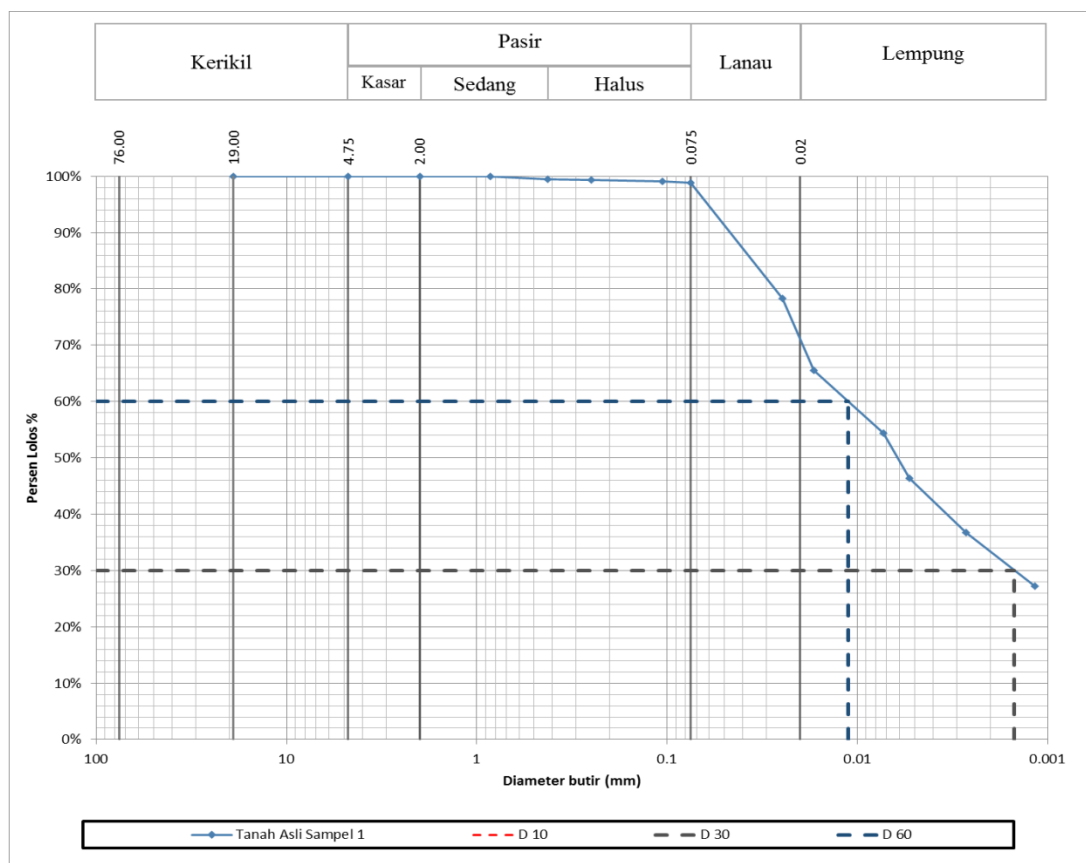
Hasil pengujian analisis saringan dan hidrometer sampel tanah dari daerah Kulonprogo tercantum pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan (Sampel I)

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
	mm	(gr)	(gr)	%	%
0.75	19	0	911,82	0,00%	100%
4	4,75	0	911,82	0,00%	100%
10	2	0,1	911,72	0,01	99,99%
20	0,85	0,67	911,05	0,07%	99,92%
40	0,425	4,26	906,79	0,47%	99,45%
60	0,25	0,86	905,93	0,09%	99,35%
140	0,106	2,08	903,90	0,22%	99,13%
200	0,075	2,56	901,35	0,28%	98,85
pan		901,35	0,00	98,95%	0,00%
	Jumlah	911,82		100%	0,00%

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Hidrometer (Sampel I)

Waktu (t)	Temperatur (T)	Ra	Rc	R'	(L)*	L/t	(K)**	D	Lolos
menit	°C		(Ra - z)	(Ra + m)	cm			mm	%
0	26	50	52	53	7,6	0,00000	0,01218	0,00000	84,70%
2	26	46	48	49	8,3	4,15000	0,01218	0,02481	78,31%
5	26	38	40	41	9,6	1,92000	0,01218	0,01688	65,52%
30	26	31	33	34	10,7	0,35667	0,01218	0,00727	54,34%
60	26	26	28	29	11,5	0,19167	0,01218	0,00533	46,34%
250	26,5	20	22	23	12,5	0,05000	0,01204	0,00269	36,76%
1440	26,5	14	16	17	13,5	0,00938	0,01204	0,00117	27,17%



Lolos # 200	98.59%		D10 (mm)	-
Kerikil	0.00%		D30 (mm)	0.0015
Pasir	1.15%		D60 (mm)	0.0112
Lanau	33.33%		$Cu = D60/D10$	-
Lempung	38.35%		$Cc = D30^2 / (D10 \times D60)$	-

Gambar 5.1 Grafik Hasil Uji Analisis Saringan (Sampel 1)

Keterangan :

D10 = bukaan yang lolos 10%

D30 = bukaan yang lolos 30%

D60 = bukaan yang lolos 60%

Perhitungan koefisien keseragaman dan koefisien gradasi dapat menggunakan Persamaan 5.3 dan Persamaan 5.4 berikut ini.

Cu = koefisien keseragaman

$$= \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (5.3)$$

Cc = koefisien gradasi

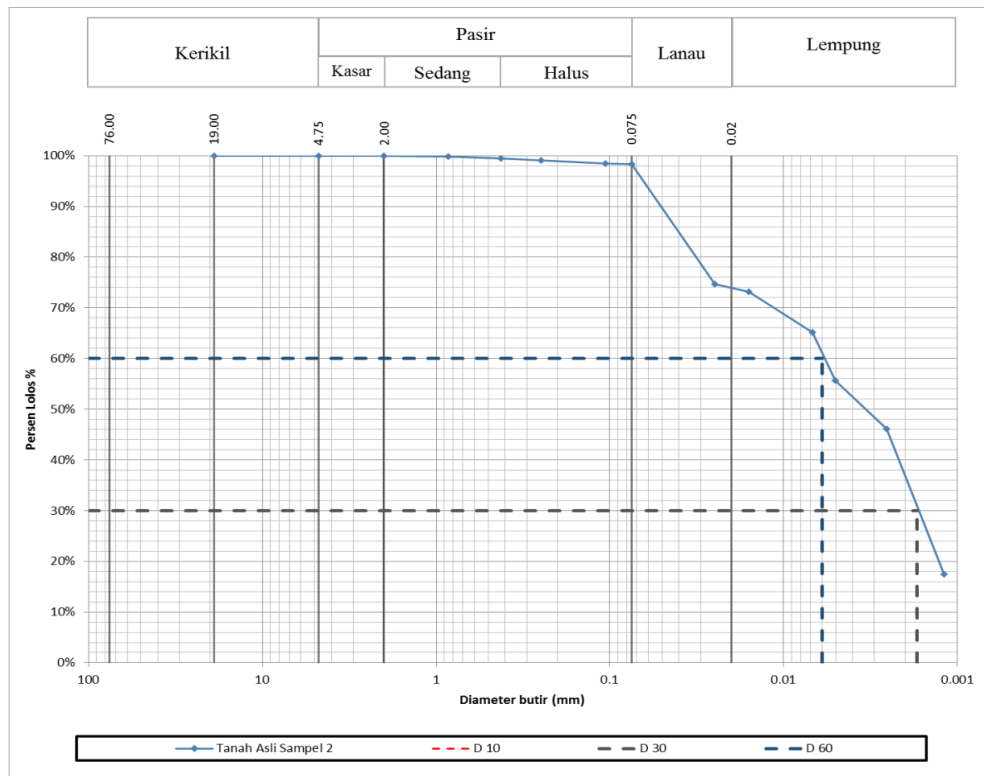
$$= \frac{(D_{60})}{D_{10} \times D_{60}} \quad (5.4)$$

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisis Saringan (Sampel II)

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
	mm	(gr)	(gr)	%	%
0.75	19	0	917,36	0,00%	100,00%
4	4,75	0	917,36	0,00%	100,00%
10	2	0,54	916,82	0,06%	99,94%
20	0,85	1,47	915,35	0,16%	99,78%
40	0,425	3,17	912,18	0,35%	99,44%
60	0,25	3,29	908,89	0,36%	99,08%
140	0,106	5,38	903,51	0,59%	98,49%
200	0,075	1,42	902,09	0,15%	98,34%
pan		902,09	0,00	98,34%	0,00%
	Jumlah	917,36		100%	0,00%

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Hidrometer (Sampel II)

Waku (t)	Temperatur (T)	Ra	Rc	R'	(L)*	L/t	(K)**	D	Lolos
menit	°C		(Ra - z)	(Ra + m)	cm			mm	%
0	26	50	52	53	7,6	0,00000	0,01200	0,00000	84,26%
2	26	44	46	47	8,6	4,30000	0,01200	0,02488	74,72%
5	26	43	45	46	8,8	1,76000	0,01200	0,01592	73,13%
30	26	38	40	41	9,6	0,32000	0,01200	0,00679	65,18%
60	26	32	34	35	10,6	0,17667	0,01200	0,00504	55,64%
250	26,5	26	28	29	11,5	0,04600	0,01190	0,00255	46,10%
1440	26,5	8	10	11	14,5	0,01007	0,01190	0,00119	17,49%



Lolos # 200	98.59%		D10 (mm)	-
Kerikil	0.00%		D30 (mm)	0.0017
Pasir	1.41%		D60 (mm)	0.0060
Lanau	25.21%		$Cu = D60/D10$	-
Lempung	55.64%		$Cc = D30^2 / (D10 \times D60)$	-

Gambar 5.2 Grafik Hasil Uji Analisis Saringan (Sampel II)

Keterangan :

D10 = bukaan yang lolos 10%

D30 = bukaan yang lolos 30%

D60 = bukaan yang lolos 60%

$Cu = \text{koefisien keseragaman} = \frac{D60}{D10}$

$Cc = \text{koefisien gradasi} = \frac{(D60)}{D10 \times D60}$

Tabel 5.7 Rekapitulasi Nilai Fraksi Butiran Tanah Asli

	Sample 1	Sample 2	Rerata
Lolos # 200	98,59	98,59	98,59
Pasir (%)	1,15	1,41	1,28
Lanau (%)	33,33	25,21	29,27
Lempung (%)	38,35	55,64	46,995
Krikil (%)	0	0	0

Tabel 5.8 Rekapitulasi Pengujian Hidrometer

Waktu (t)	Temperatur (T)	Ra	Rc	R'	(L)*	L/t	(K)**	D	Lolos
menit	°C		(Ra - z)	(Ra + m)	cm			mm	%
0	26	50	52	53	7,6	0,00000	0,01218	0,00000	84,48%
2	26	45	47	48	8,4	4,20000	0,01218	0,02496	76,51%
5	26	40,5	42,5	43,5	9,1	1,82000	0,01218	0,01643	69,34%
30	26	34,5	36,5	37,5	10,1	0,33667	0,01218	0,00707	59,77%
60	26	29	31	32	11,1	0,18500	0,01218	0,00524	51,01%
250	26,5	23	25	26	12	0,04800	0,01204	0,00264	41,44%
1440	26,5	11	13	14	14	0,00972	0,01204	0,00119	22,31%

Jadi jenis tanah yang didapatkan adalah lempung kelanauan yang mengandung pasir dengan nilai rata-rata tanahnya adalah lanau sebesar 29,27%, lempung sebesar 46,995%, dan pasir sebesar 1,28%.

5.2.4 Pengujian Berat Volume

Hasil pengujian berat volume sampel dari daerah Kulonprogo, Yogyakarta tercantum pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah

No.	No. Pengujian	Satuan	1	2
1	No. Ring		a	b
2	Diameter Ring (d)	mm	3,5	3,5
3	Tinggi Ring (t)	gr	7,58	7,58
4	Volume Ring (v)	gr	72,93	72,93
5	Berat Ring (W1)	gr	144,93	144,93
6	Berat Ring + Tanah Basah (W2)	gr	280,13	282,10
7	Berat Tanah Basah (W3=W2-W1) (W3)	gr	135,2	137,2
8	Berat Volume Tanah ($\gamma=W3/\gamma$)	gr/cm ³	1,85	1,88
9	Berat Volume Rata-rata	gr/cm ³	1,87	

Untuk contoh perhitungan berat volume tanah dapat dilihat pada Persamaan 5.5 berikut ini.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (5.5)$$

$$\gamma = \frac{144,93}{72,93}$$

$$\gamma = 1,87 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil pengujian berat volume diatas maka tanah dari daerah Kulonprogo, mengandung berat volume tanah rata-rata sebesar $1,87 \text{ gr/cm}^3$.

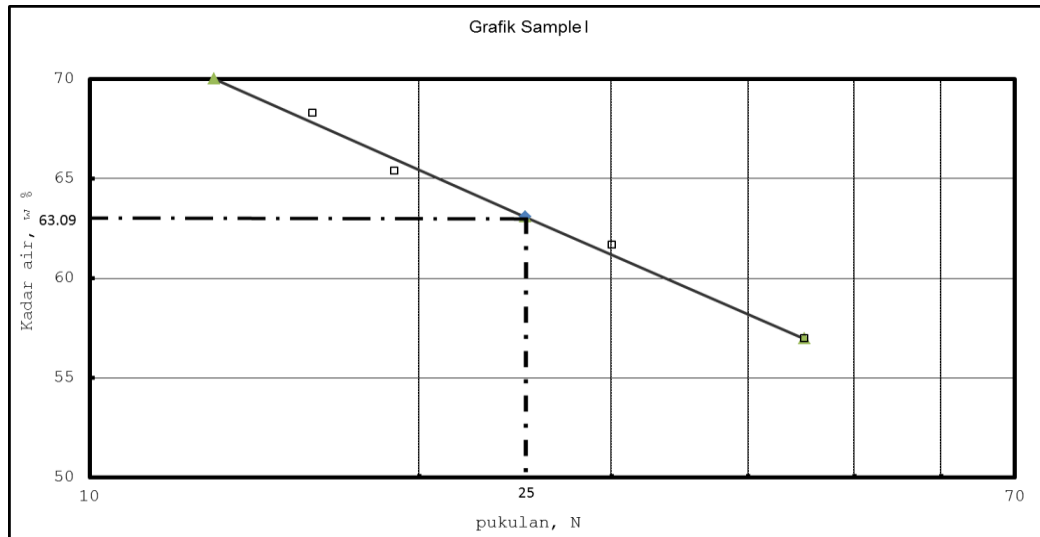
5.2.5 Pengujian Batas Cair

Hasil pengujian batas cair sampel tanah dari daerah Kulonprogo, tercantum pada Tabel 5.10 Sampel I dan Tabel 5.11 Sampel II dan Gambar 5.3 Sampel I dan Gambar 5.4 Sampel II berikut ini.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Batas Cair (Sampel I)

NO	Pengujian	Satuan	I							
			I		II		III		IV	
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	No Cawan									
2	Berat Cawan	(gr)	12,84	12,63	13,09	13,28	12,66	13,04	13,07	12,6
3	Berat Cawan + Tanah Basah	(gr)	33,56	43,04	43,41	44,19	37,85	44,01	36,78	43,12
4	Berat Cawan + Tanah Kering	(gr)	26,05	31,99	31,86	32,38	27,91	31,74	27,16	30,73
5	Berat Air (3) - (4)	(gr)	7,51	11,05	11,55	11,81	9,94	12,27	9,62	12,39
6	Berat Tanah Kering (4) - (2)	(gr)	13,21	19,36	18,77	19,1	15,25	18,7	14,09	18,13
7	Kadar Air = (5)/(6) x 100	%	56,85	57,08	61,53	61,83	65,18	65,61	68,28	68,34
8	Kadar air rata-rata	%	56,96		61,68		65,40		68,31	
9	Jumlah pukulan, N		45		30		19		16	

Dari data diatas dapat dilihat grafik pengujian batas cair seperti tercantum pada Gambar 5.3 Sampel I berikut ini.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Pukulan Kadar Air (Sampel I)

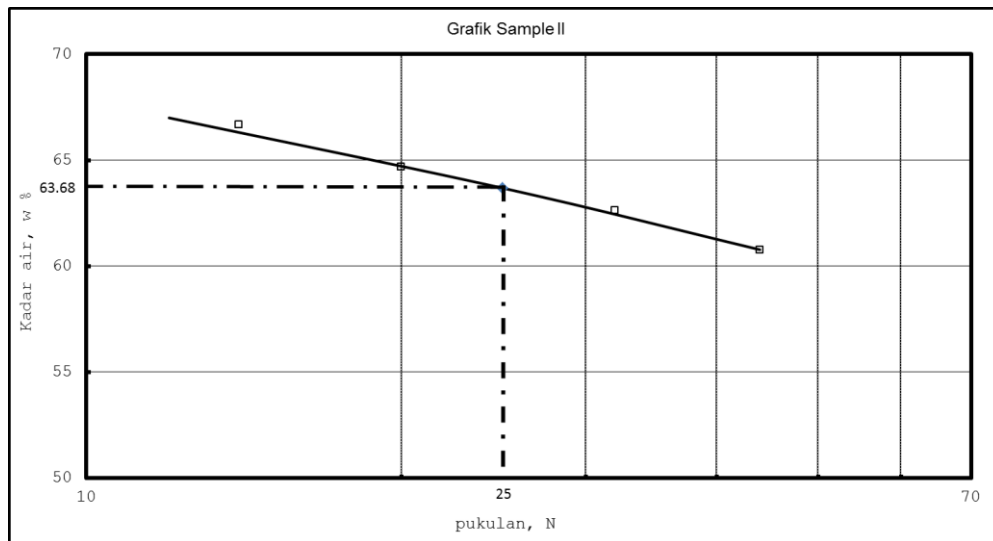
Indek kecairan: 13,00

Batas Cair : 63,09

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Batas Cair (Sampel II)

NO	Pengujian	Satuan	II							
			I		II		III		IV	
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	No Cawan									
2	Berat Cawan	(gr)	12,96	12,95	12,82	12,69	12,59	12,96	13,02	13,03
3	Berat Cawan + Tanah Basah	(gr)	38,2	49,3	33,35	40,62	36,17	51,7	46,27	52,51
4	Berat Cawan + Tanah Kering	(gr)	29,66	34,28	27,16	28,03	26,98	36,37	32,1	37,85
5	Berat Air (3) - (4)	(gr)	8,54	15,02	6,19	12,59	9,19	15,33	14,17	14,66
6	Berat Tanah Kering (4) - (2)	(gr)	16,7	21,33	14,34	15,34	14,39	23,41	19,08	24,82
7	Kadar Air = (5)/(6) x 100	%	51,14	70,42	43,17	82,07	63,86	65,48	74,27	59,07
8	Kadar air rata-rata	%	60,78		62,62		64,7		66,67	
9	Jumlah pukulan, N		31		27		17		14	

Dari data diatas dapat dilihat grafik pengujian batas cair seperti tercantum pada Gambar 5.4 Sampel II berikut ini.



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Pukulan Kadar Air (Sampel II)

Indek kecairan: 12,27%

Batas Cair : 63,68%

Dari hasil pengujian batas cair diatas maka tanah dari daerah Kulonprogo, mengandung batas cair tanah dari (sampel I) 63,09% dan (sampel II) 63,68%.

5.2.6 Pengujian Batas Plastis

Hasil pengujian batas plastis sampel tanah dari daerah Kulonprogo tercantum pada Tabel 5.12 Sampel I dan Tabel 5.13 Sampel II berikut ini.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Batas Plastis (Sampel I)

NO	TEST NO.	I	II
1	No Cawan	1	2
2	Berat Cawan (gr)	12,76	12,76
3	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	17,06	17,04
4	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	15,73	15,72
5	Berat Air (3) - (4) (gr)	1,33	1,32
6	Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	2,97	2,96
7	Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	44,78	44,59
8	Kadar air rata-rata % =	45	

Dari hasil pengujian batas plastis diatas maka tanah dari daerah Kulonprogo, mengandung Batas Plastis Tanah 45%. Dari pengujian batas cair dan batas plastis, maka didapat rerata adalah sebagai berikut ini.

1. Batas Cair : 63,09%
2. Batas Plastis : 45%
3. Indeks Plastis : 63,09% - 45%
= 18,09%

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Batas Plastis (Sampel II)

NO	TEST NO.	I	II
1	No Cawan	1	2
2	Berat Cawan (gr)	12,92	12,83
3	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	16,9	17,09
4	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	15,79	15,96
5	Berat Air (3) - (4) (gr)	1,11	1,13
6	Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	2,87	3,13
7	Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	38,68	36,10
8	Kadar air rata-rata % =	37,39	

Dari hasil pengujian batas plastis diatas maka tanah dari daerah Kulonprogo, mengandung batas plastis tanah sebesar 37,39%.

Dari pengujian batas cair dan batas plastis, maka didapat rerata adalah sebagai berikut ini.

1. Batas Cair : 63,68%
2. Batas Plastis : 37,39%
3. Indeks Plastis : 63,68% - 37,39% = 26,29%

Dari pengujian tersebut didapatkan nilai indeks plastis rerata = 22,19%, sehingga tanah tersebut memiliki sifat plastis tinggi atau $PI > 17\%$ dengan potensi pengembangan yang sedang.

5.2.7 Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Hasil pengujian batas susut sampel tanah dari daerah Kulonprogo tercantum pada Tabel 5.14 sebagai berikut ini.

Tabel 5.14 Pengujian Batas Susut

Pengujian	1	2	3	4
Berat Jenis Tanah (Gs)	2,81	2,81	2,81	2,81
Berat ring (W1)	57,33	49,58	40,86	43,39
Berat ring + tanah basah (W2), gr	81,09	73,04	66,32	68,69
Berat ring + tanah kering (W3), gr	71,93	64,58	56,44	58,97
Berat tanah kering (W3 – W1), gr	14,6	15	15,58	15,58
Berat air raksa yang terdesak oleh tanah kering + gelas ukur (W4)	165,31	181,4	170,47	185,47
Berat gelas ukur (W5)	60,74	60,74	60,74	60,74
Batas susut tanah rata-rata (%)	20,02			

Dari hasil pengujian batas susut diatas maka tanah dari daerah Kulonprogo, mengandung batas susut tanah rata-rata sebesar 20,02%.

5.2.8 Uji Kepadatan Tanah (Uji *Proctor* Standar)

Untuk mencari kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, perlu diadakan pengujian pemadatan. Uji kepadatan tanah dilakukan dengan uji *Proctor* standar. Adapun volume cetakan silinder sebesar 931,05 cm³. Diameter cetakan sebesar 10,12 cm. Berat penumbuk sebesar 2,505 kg dan tinggi jatuh sebesar 45,72 cm. Untuk setiap percobaan, berat volume basah (γ) dari tanah yang dipadatkan tersebut dapat dihitung dengan persamaan 5.6.

$$\gamma_b = \frac{W}{V(m)} \quad (5.6)$$

Keterangan :

W = Berat tanah yang dipadatkan dalam cetakan

V (m) = Volume cetakan (cm³)

Pada setiap percobaan, besarnya kadar air dalam tanah yang dipadatkan dapat ditentukan di Laboratorium. Bila kadar air diketahui, maka berat volume kering (γ_d) dari tanah tersebut dapat dihitung dengan persamaan 5.7.

$$\gamma_d = \frac{W}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \quad (5.7)$$

Keterangan :

W (%) = Persentase kadar air

Harga γ_d dari persamaan 5.7 tersebut dapat digambarkan terhadap kadar air dengan γ_d sebagai ordinat dan kadar air sebagai absis. Dengan demikian titik puncak dari grafik merupakan kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Hasil pada pengujian kadar air, sample tanah dari daerah Kulonprogo dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.15 Berat Volume Tanah (γ) Asli

1	no. sampel	1	2	3	4	5
2	berat cetakan + tanah basah, gr	3350	3421	3511	3558	3647
3	berat tanah basah, gr	1634	1676	1766	1813	1802
4	berat volume tanah basah, $g_b, gr/cm^3$	1,755	1,800	1,897	1,947	1,935

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli

1	No Pengujian	1		2		3		4		5	
2	No. Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat Cawan, gr	12,80	12,94	12,87	12,73	12,79	12,79	12,05	12,10	12,83	12,64
4	Brn Cawan + tanah basah, gr	43,78	48,71	46,97	42,71	31,45	36,49	36,85	38,62	43,44	37,68
5	Brn Cawan + tanah kering, gr	39,96	42,19	41,44	37,74	29,22	30,50	31,71	32,08	36,72	31,03
6	Kadar air, %	14,06	22,29	19,36	19,87	13,57	33,82	26,14	32,73	28,13	36,16
7	Kadar air rata-rata, %	18,18		19,61		23,70		29,44		32,14	
8	Berat volume tanah kering, $g_d, gr/cm^3$	1,485		1,505		1,533		1,504		1,464	

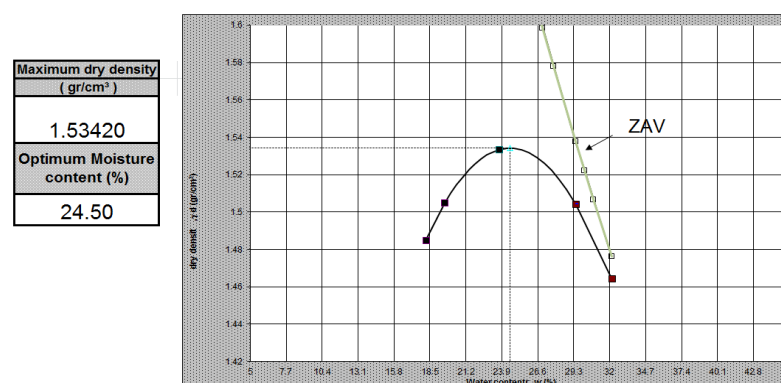
Contoh perhitungan berat volume tanah adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}\gamma_b &= \frac{W}{V(m)} \\ \gamma_b &= \frac{1634 \text{ gr}}{931,05 \text{ m}^3} \\ &= 1,755 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Contoh perhitungan berat volume tanah kering adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}\gamma_d &= \frac{W}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \\ \gamma_d &= \frac{1,755}{1 + \frac{18,18}{100}} \\ &= 1,485 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Kurva hubungan antara kadar air (w) dan berat volume kering (γ_d) dibuat dengan kadar air (w) sebagai *absis* sedangkan berat volume kering (γ_d) sebagai ordinat. Puncak kurva merupakan nilai (γ_d) maksimum, kemudian dari titik puncak air optimumnya. Seiring dengan bertambahnya kadar air maka meningkat pula berat volume kering sampai ditemukan kadar air optimum dari pemadatan tersebut, untuk selanjutnya jika terus dilakukan penambahan air akan mengakibatkan berat volume kering menurun. Grafik hasil uji kepadatan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Hasil Uji Kepadatan Tanah

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa sampel tanah daerah Kulonprogo mempunyai berat volume kering maksimum ($1,53420 \text{ gr/cm}^3$) pada kadar air optimum 24,50%.

5.3 Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

Pengujian CBR yang dilakukan meliputi kondisi tanah, yaitu pada kondisi tanah asli, kondisi tanah asli dengan penambahan semen dan pada kondisi tanah asli dengan penambahan semen dan bahan *additive* rotec. Pengujian ini dilakukan dengan 2 sampel pada masing-masing kondisi. Setiap sampel pada kondisi tanah asli dengan semen dan pada kondisi tanah dengan semen dan bahan rotec dilakukan varian pada semen yaitu 5%, 7%, dan 9% dari berat tanah kering.

Dalam pengujian CBR, sample tanah dicampurkan air sampai kadar air optimum (nilai kadar air optimum dilihat pada pengujian pemadatan). Untuk mencapai kadar air optimum tersebut diperlukan penambahan air dengan menggunakan Persamaan 5.8 berikut ini.

$$\text{Penambahan air} = 5000 \left(\frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right) \text{ (cc)} \quad (5.8)$$

Keterangan :

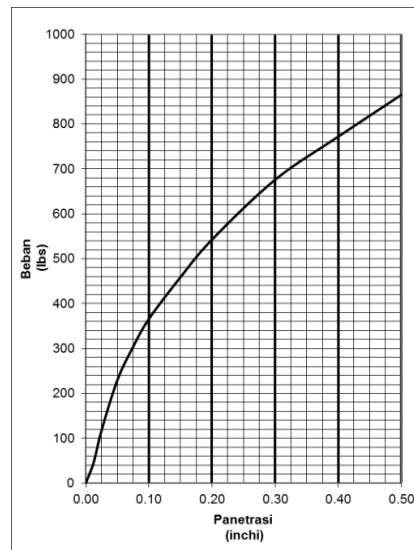
- A = Kadar air mula-mula
- B = Kadar air optimum
- 5000 = Berat contoh (gr)

5.3.1 Pengujian CBR Tanah Asli

Hasil pengujian CBR tanah asli dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* (Sampel I)

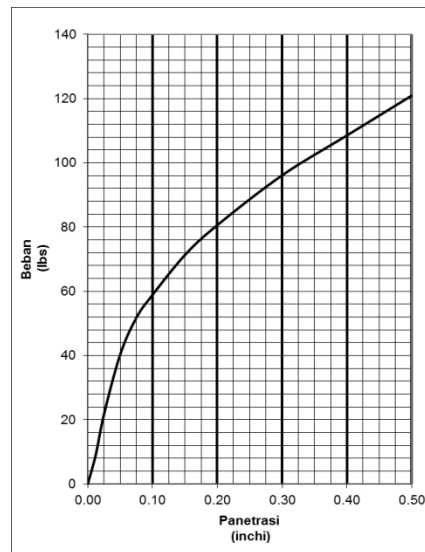
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	1,5	46,5
1/2	0,025	3,8	117,8
1	0,050	7,4	229,4
11/2	0,075	9,8	303,8
2	0,100	11,8	365,8
3	0,150	14,8	458,8
4	0,200	17,5	542,5
6	0,300	21,8	675,8
8	0,400	24,9	771,9
10	0,500	27,9	864,9



Gambar 5.6 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* (Sampel I)

Tabel 5.18 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Soaked* (Sampel I)

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	0,3	9,3
1/2	0,025	0,7	21,7
1	0,050	1,3	40,3
1 1/2	0,075	1,67	51,77
2	0,100	1,9	58,9
3	0,150	2,3	71,3
4	0,200	2,6	80,6
6	0,300	3,1	96,1
8	0,400	3,5	108,5
10	0,500	3,9	120,9



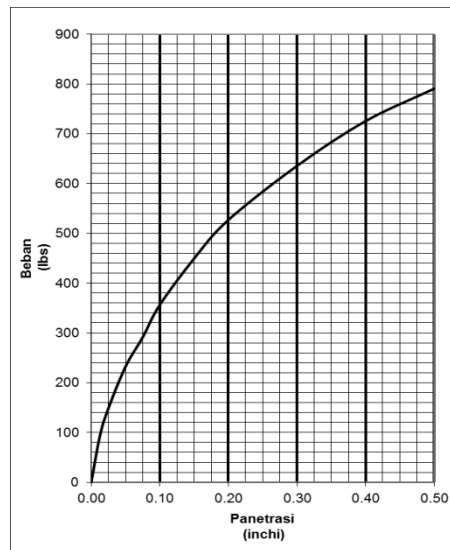
Gambar 5.7 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli *Soaked* (Sampel I)

Tabel 5.19 Nilai CBR Tanah Asli (Sampel I)

Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	<i>Unsoaked (%)</i>	<i>Soaked (%)</i>
Tanah asli	0,1	12,19	1,96
	0,2	12,06	1,79

Tabel 5.20 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* (Sampel II)

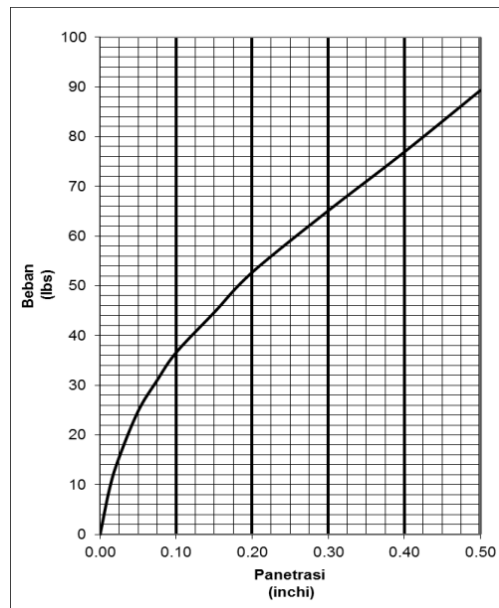
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	3	93
1/2	0,025	4,8	148,8
1	0,050	7,5	232,5
1 1/2	0,075	9,4	291,4
2	0,100	11,5	356,5
3	0,150	14,5	449,5
4	0,200	17	527
6	0,300	20,5	635,5
8	0,400	23,4	725,4
10	0,500	25,5	790,5



Gambar 5.8 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* (Sampel II)

Tabel 5.21 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Soaked* (Sampel II)

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	0,3	9,3
1/2	0,025	0,5	15,5
1	0,050	0,8	24,8
1 1/2	0,075	1	31
2	0,100	1,18	36,58
3	0,150	1,44	44,64
4	0,200	1,7	52,7
6	0,300	2,1	65,1
8	0,400	2,48	76,88
10	0,500	2,88	89,28



Gambar 5.9 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli *Soaked* (Sampel II)

Tabel 5.22 Nilai CBR Tanah Asli (Sampel II)

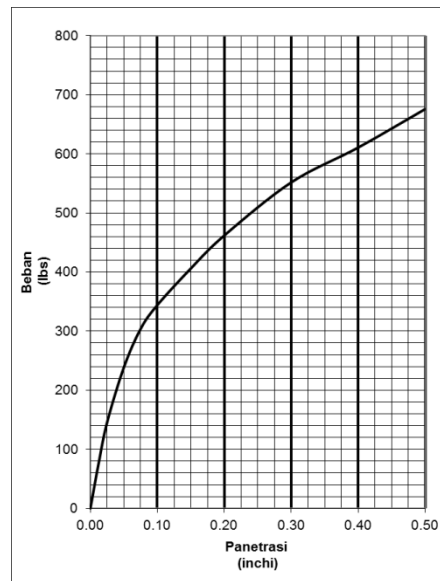
Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	<i>Unsoaked</i> (%)	<i>Soaked</i> (%)
Tanah asli	0,1	11,88	1,22
	0,2	11,71	1,17

5.3.2 Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec

Hasil pengujian CBR tanah asli + semen 5% + rotect dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec *Unsoaked* (Sampel I)

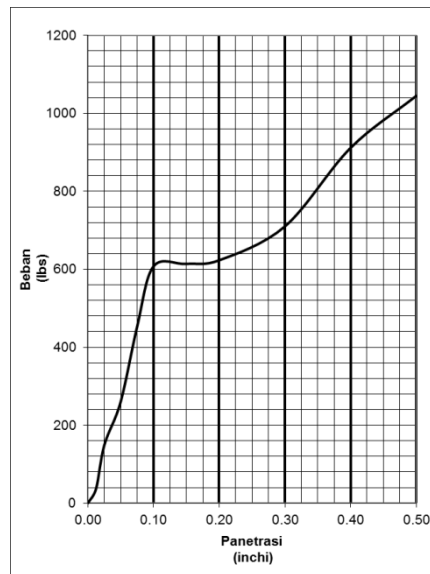
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	2,5	77,5
1/2	0,025	4,7	145,7
1	0,050	7,7	238,7
1 1/2	0,075	9,8	303,8
2	0,100	11,1	344,1
3	0,150	13,1	406,1
4	0,200	14,9	461,9
6	0,300	17,8	551,8
8	0,400	19,7	610,7
10	0,500	21,8	675,8



Gambar 5.10 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec *Unsoaked* (Sampel I)

Tabel 5.24 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec *Soaked* (Sampel I)

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	1,2	37,2
1/2	0,025	4,8	148,8
1	0,050	8,4	260,4
1 1/2	0,075	14,6	452,6
2	0,100	19,6	607,6
3	0,150	19,8	613,8
4	0,200	20,1	623,1
6	0,300	22,9	709,9
8	0,400	29,4	911,4
10	0,500	33,7	1044,7



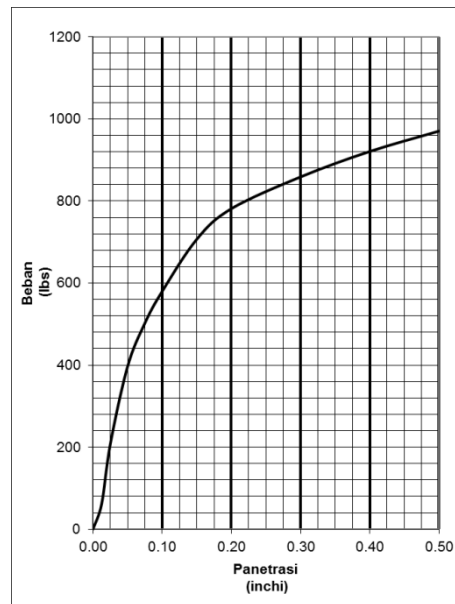
Gambar 5.11 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec Soaked (Sampel I)

Tabel 5.25 Nilai CBR Tanah + Semen 5% + Rotec (Sampel I)

Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	Unsoaked (%)	Soaked (%)
Tanah asli + 5% Semen	0,1	11,47	20,25
	0,2	10,26	13,85

Tabel 5.26 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec Unsoaked (Sampel II)

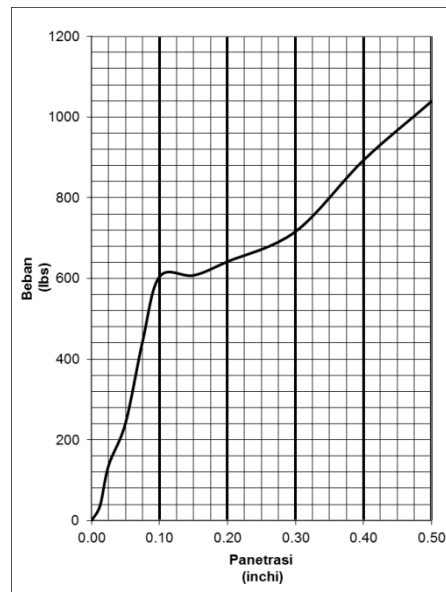
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	2	62
1/2	0,025	6,7	207,7
1	0,050	12,8	396,8
1 1/2	0,075	16,2	502,2
2	0,100	18,7	579,7
3	0,150	22,8	706,8
4	0,200	25,2	781,2
6	0,300	27,7	858,7
8	0,400	29,7	920,7
10	0,500	31,3	970,3



Gambar 5.12 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec *Unsoaked* (Sampel II)

Tabel 5.27 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec *Soaked* (Sampel II)

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	1,2	37,2
1/2	0,025	4,4	136,4
1	0,050	7,8	241,8
1 1/2	0,075	14,3	443,3
2	0,100	19,5	604,5
3	0,150	19,6	607,6
4	0,200	20,7	641,7
6	0,300	23,1	716,1
8	0,400	28,8	892,8
10	0,500	33,5	1038,5



Gambar 5.13 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 5% + Rotec Soaked (Sampel II)

Tabel 5.28 Nilai CBR Tanah + Semen 5% + Rotec (Sampel II)

Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	Unsoaked (%)	Soaked (%)
Tanah asli + 5% Semen	0,1	19,32	20,15
	0,2	17,36	14,26

5.3.6 Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 7% + Rotec

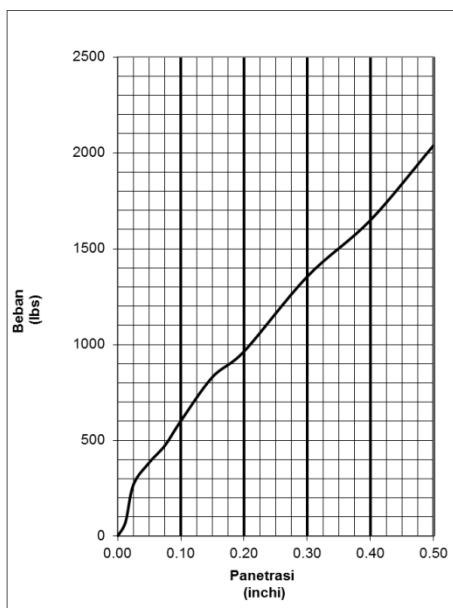
Hasil pengujian CBR tanah asli + rotect + semen 7% dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 5.29 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 7% + Rotec Unsoaked (Sampel I)

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	2,4	74,4
1/2	0,025	8,7	269,7
1	0,050	12,4	384,4
1 1/2	0,075	15,3	474,3
2	0,100	19,4	601,4
3	0,150	26,8	830,8
4	0,200	31,1	964,1

**Lanjutan Tabel 5.29 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 7% + Rotec
Unsoaked (Sampel I)**

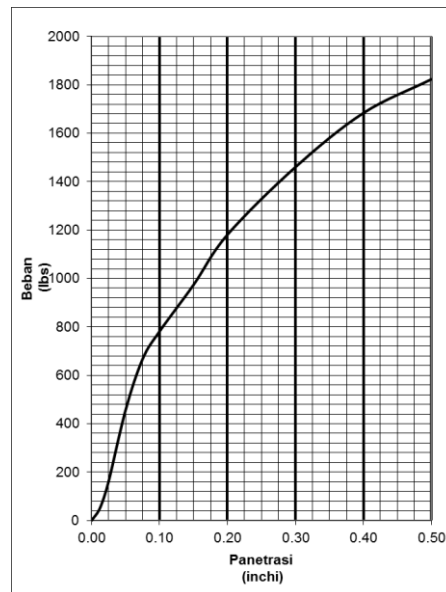
6	0,300	43,7	1354,7
8	0,400	53,2	1649,2
10	0,500	65,8	2039,8



**Gambar 5.14 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7%
Unsoaked (Sampel I)**

**Tabel 5.30 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% *Soaked*
(Sampel I)**

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	1,7	52,7
1/2	0,025	5,2	161,2
1	0,050	14,7	455,7
1 1/2	0,075	21,5	666,5
2	0,100	25,2	781,2
3	0,150	31,4	973,4
4	0,200	38,1	1181,1
6	0,300	47,1	1460,1
8	0,400	54,3	1683,3
10	0,500	58,8	1822,8



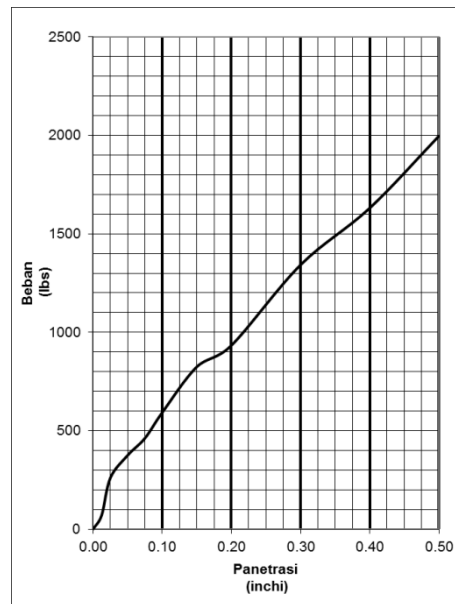
Gambar 5.15 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% Soaked (Sampel I)

Tabel 5.31 Nilai CBR Tanah + Semen 7% + Rotec (Sampel I)

Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	Unsoaked (%)	Soaked (%)
Tanah asli + 7% Semen	0,1	20,05	26,04
	0,2	21,42	26,25

Tabel 5.32 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 7% + Rotec Unsoaked (Sampel II)

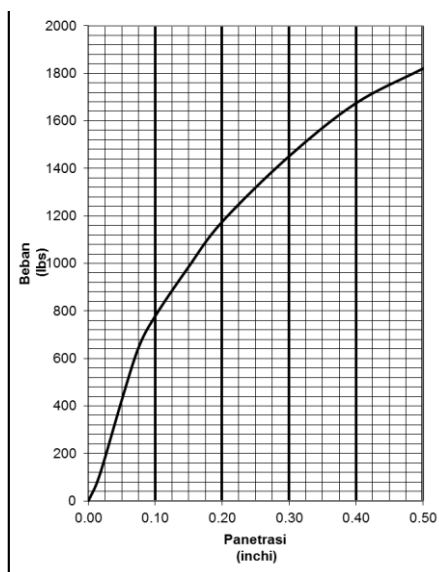
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	2,3	71,3
1/2	0,025	8,4	260,4
1	0,050	12,1	375,1
1 1/2	0,075	14,9	461,9
2	0,100	19,1	592,1
3	0,150	26,6	824,6
4	0,200	30,1	933,1
6	0,300	43,3	1342,3
8	0,400	52,6	1630,6
10	0,500	64,4	1996,4



Gambar 5.16 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% *Unsoaked* (Sampel II)

Tabel 5.33 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% *Soaked* (Sampel II)

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	2,4	74,4
1/2	0,025	5,9	182,9
1	0,050	13,7	424,7
1 1/2	0,075	20,8	644,8
2	0,100	25,1	778,1
3	0,150	31,8	985,8
4	0,200	37,9	1174,9
6	0,300	46,8	1450,8
8	0,400	54	1674
10	0,500	58,7	1819,7



Gambar 5.17 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 7% Soaked (Sampel II)

Tabel 5.34 Nilai CBR Tanah + Semen 7% + Rotec (Sampel II)

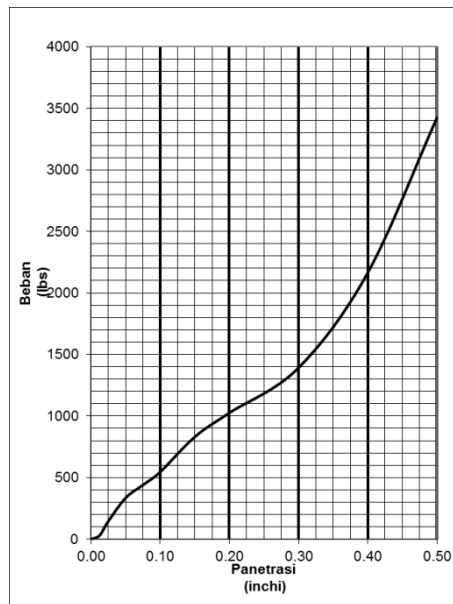
Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	Unsoaked (%)	Soaked (%)
Tanah asli + 7% Semen	0,1	19,74	25,94
	0,2	20,74	26,11

5.3.7 Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec

Hasil pengujian CBR tanah asli + semen 9% + rotect dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 5.35 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec Unsoaked (Sampel I)

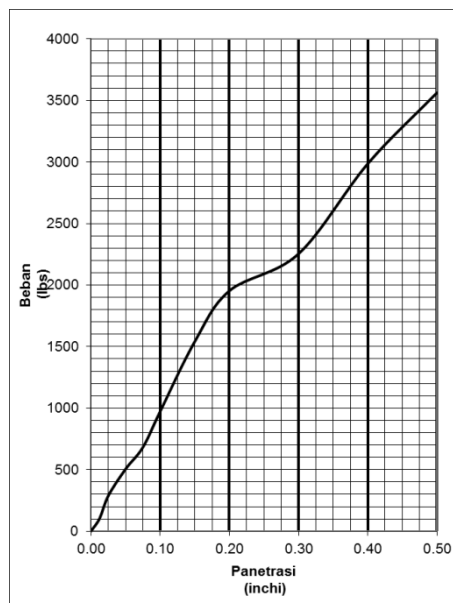
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	1	31
1/2	0,025	4,7	145,7
1	0,050	10,8	334,8
1 1/2	0,075	14,2	440,2
2	0,100	17,6	545,6
3	0,150	26,8	830,8
4	0,200	33,1	1026,1
6	0,300	44,9	1391,9
8	0,400	69,8	2163,8
10	0,500	110,4	3422,4



**Gambar 5.18 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 9%
Unsoaked (Sampel I)**

**Tabel 5.36 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec *Soaked*
(Sampel I)**

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	3,4	105,4
1/2	0,025	9,3	288,3
1	0,050	16,3	505,3
1 1/2	0,075	22	682
2	0,100	31,4	973,4
3	0,150	49,7	1540,7
4	0,200	63	1953
6	0,300	72,7	2253,7
8	0,400	96,3	2985,3
10	0,500	114,9	3561,9



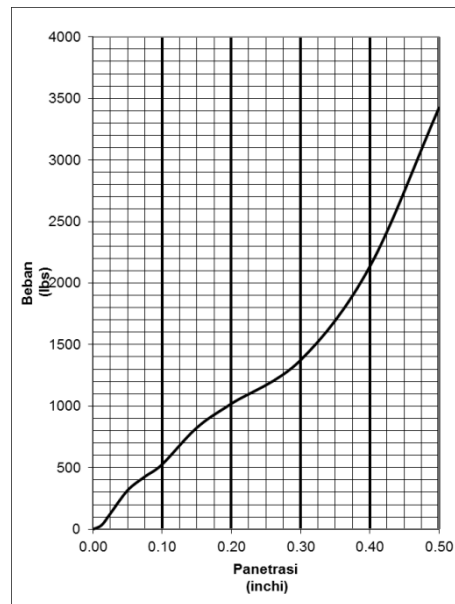
Gambar 5.19 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 9% Soaked (Sampel I)

Tabel 5.37 Nilai CBR Tanah + Semen 9% + Rotec (Sampel I)

Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	Unsoaked (%)	Soaked (%)
Tanah asli + 9% Semen	0,1	18,19	32,45
	0,2	22,80	43,40

Tabel 5.38 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec Unsoaked (Sampel II)

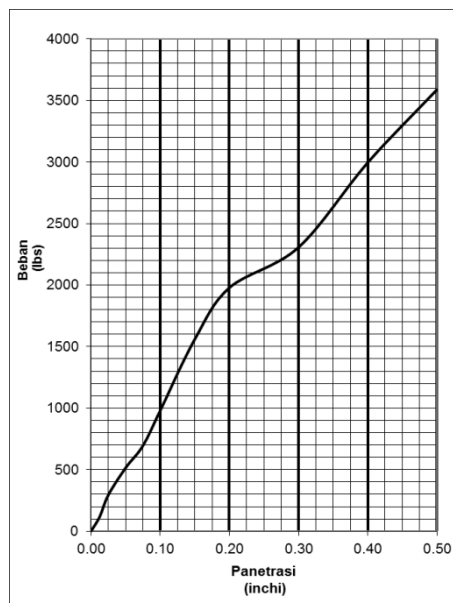
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	1,1	34,1
1/2	0,025	4,1	127,1
1	0,050	10,2	316,2
1 1/2	0,075	13,8	427,8
2	0,100	17	527
3	0,150	26,6	824,6
4	0,200	32,9	1019,9
6	0,300	44,3	1373,3
8	0,400	68,8	2132,8
10	0,500	110,4	3422,4



Gambar 5.20 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec *Unsoaked* (Sampel II)

Tabel 5.39 Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Semen 9% + Rotec *Soaked* (Sampel II)

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0
1/4	0,013	3,8	117,8
1/2	0,025	9,5	294,5
1	0,050	16,6	514,6
1 1/2	0,075	22,4	694,4
2	0,100	31,6	979,6
3	0,150	50,3	1559,3
4	0,200	63,8	1977,8
6	0,300	74,4	2306,4
8	0,400	96,6	2994,6
10	0,500	115,7	3586,7



Gambar 5.21 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli + Rotec + Semen 9% Soaked (Sampel II)

Tabel 5.40 Nilai CBR Tanah + Semen 9% + Rotec (Sample II)

Nilai CBR			
Komposisi Sample	Penetrasi	Unsoaked (%)	Soaked (%)
Tanah asli + 9% Semen	0,1	17,57	32,65
	0,2	22,66	43,95

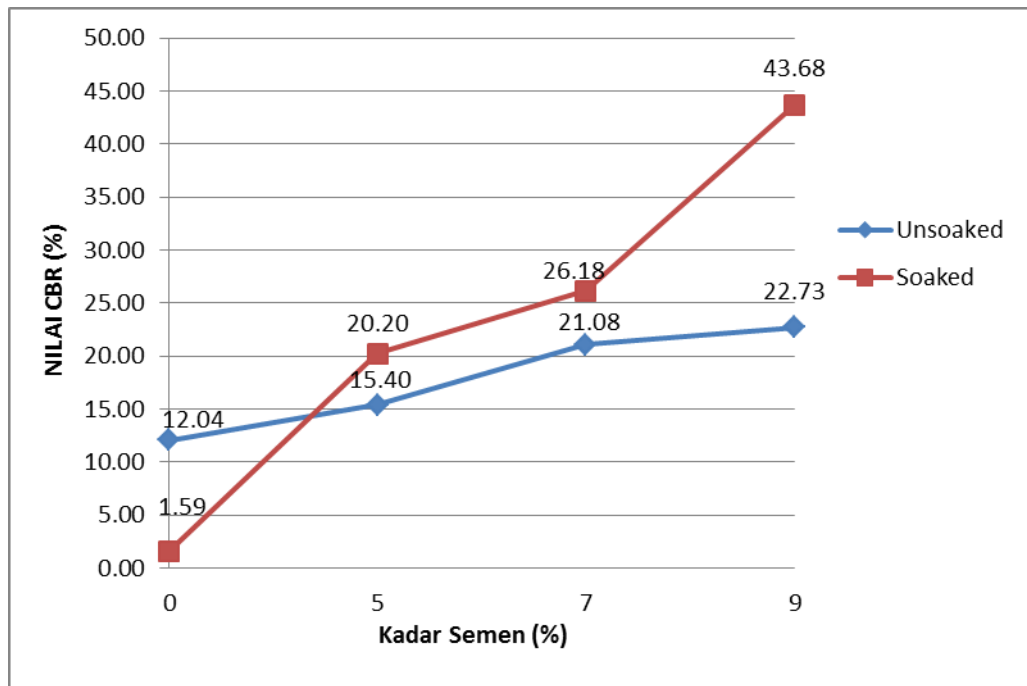
5.3.8 Hasil Rekapitulasi Nilai CBR

Hasil rekapitulasi perhitungan nilai CBR pada tanah asli dan tanah yang sudah dicampur bahan stabilisasi berupa bahan rotect dan variasi semen dapat dilihat pada Tabel 5.41 berikut ini.

Tabel 5.41 Hasil Rekapitulasi Nilai CBR

Komposisi Sampel	CBR	
	Unsoaked (%)	Soaked (%)
Tanah asli	12,035	1,59
Tanah + Semen 5% + Rotect	15,4	20,02
Tanah + Semen 7% + Rotect	21,08	26,18
Tanah + Semen 9% + Rotect	22,73	43,67

Dari hasil perhitungan dapat digambarkan grafik perbandingan nilai CBR pada Gambar 5.22 berikut ini.



Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Nilai CBR

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa penambahan bahan rotec dengan kadar semen yang bervariasi dapat meningkatkan nilai CBR tanah. Nilai CBR tanah asli pada kondisi terendam (*soaked*) sangat rendah karena pada kondisi *soaked* tanah dalam keadaan jenuh sehingga kadar airnya meningkat. Namun, setelah distabilisasi menggunakan bahan rotec dengan variasi semen nilai CBR tanah pada kondisi *soaked* meningkat, begitupun dengan nilai CBR pada kondisi *unsoaked*.

Daya dukung tanah menjadi sangat rendah pada saat tanah mengalami peningkatan kadar air. Dari hasil pengujian CBR tanah dengan penambahan bahan rotec dengan berbagai variasi semen, nilai CBR pada kondisi *soaked* lebih tinggi dari nilai CBR pada kondisi *unsoaked*, hal ini menyebabkan pada kondisi tanah jenuh air justru nilai CBR lebih meningkat sehingga daya dukung tanah tinggi dan menghasilkan tanah tetap pada kondisi stabil.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan terhadap pengujian benda uji di laboratorium, dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah dari penelitian ini.

1. Dari hasil pengujian didapatkan tanah dari desa Tuksono, Sentolo, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki jenis lempung kelanauan mengandung pasir.
2. Berdasarkan dari pengujian CBR tanah asli tanpa bahan tambah, menghasilkan nilai CBR tanah pada kondisi tanpa rendaman (*unsoaked*) sebesar 12,035%, sedangkan nilai CBR tanah asli pada kondisi rendam (*soaked*) sebesar 1,59%.
3. Berdasarkan dari pengujian CBR, nilai CBR tanah dengan bahan tambah rotec pada berbagai variasi penambahan semen adalah sebagai berikut ini.
 - a. Tanah + 5% Semen + 1kg rotec:
 - 1) nilai CBR pada kondisi *unsoaked* = 15,4 %
 - 2) nilai CBR pada kondisi *soaked* = 20,02 %
 - b. Tanah + 7% Semen + 1kg rotec:
 - 1) nilai CBR pada kondisi *unsoaked* = 21,08 %
 - 2) nilai CBR pada kondisi *soaked* = 26,18 %
 - c. Tanah + 9% Semen + 1kg rotec:
 - 1) nilai CBR pada kondisi *soaked* = 22,73 %
 - 2) nilai CBR pada kondisi *soaked* = 43,67 %
4. Pengaruh yang terjadi akibat variasi penambahan semen terhadap nilai CBR pada tanah dengan bahan *additive* rotec dapat dilihat antara lain sebagai berikut ini.
 - a. Setelah tanah asli ditambah dengan 1 kg rotec dan semen dengan variasi 5%, 7% dan 9% didapatkan peningkatan nilai CBR pada kondisi *unsoaked*

berturut-turut pada pemeraman 7 hari sebesar 27,96%, 75,16% dan 88,86% dari tanah asli pada kondisi *unsoaked*.

- b. Setelah tanah asli ditambah dengan 1 kg rotec dan semen dengan variasi 5%, 7% dan 9% didapatkan peningkatan nilai CBR pada kondisi *soaked* berturut-turut pada pemeraman 7 hari dan rendaman 4 hari sebesar 1159,12%, 1546,54%, dan 2646,54% dari tanah asli pada kondisi *soaked*.

6.2 Saran

1. Penelitian lanjutan dapat mencoba meneliti dengan waktu pemeraman dan perendaman yang lebih bervariasi lagi agar mendapatkan hasil yang lebih kompleks.
2. Penelitian lanjutan dapat mencoba meneliti dengan menambahkan takaran rotec dan persentase semen yang lebih besar atau bervariasi untuk mendapatkan nilai CBR yang lebih kompleks.
3. Perlu diteliti pengaruh penambahan rotec dengan pengujian yang berbeda.
4. Perlu diteliti pengaruh penambahan rotec terhadap jenis tanah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph, E, 1986, *Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Coduto, D, P, 1994, *Foundation Design Principles and Practice*, Prentice Hall International, New Jarsey, USA.
- Das, Braja, M, 1988, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1994, *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Endriani, Debby, 2012, *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Daya Dukung dan Kuat Tekan pada Tanah Lempung Ditinjau dari Uji UCS dan CBR Laboratorium*, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Hardiyatmo, H., C, 1992, *Mekanika Tanah*, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H., C, 2002, *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hatmoko, J.T, 2007, *UCS Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Kezdi, A, 1975, *Stabilized Earth Roads*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- L.D, Wesley, 1977, *Mekanika Tanah*, Cetakan VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Majid, Abdul, 2007, *Perencanaan Pembelajaran*, Penerbit Remaja Rosda Karya, Bandung.
- Palar, H, 2013, *Pengaruh Pencampuran Tras dan Kapur pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Praktek Rekayasa*, Jilid 1, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, jakarta.
- Prasetyo, dkk, 2015, *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro*, Universitas Brawijaya, Malang.

- PT. Cahaya Inti Solusindo, 2016, *Rotec Stabilizer*, Jakarta.
- Putri, U.H, 2017, *Pengaruh Stabilisasi Kimiawi Pada Tanah Menggunakan Bahan Aditif Rotec dan Variasi Kapur Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah dan Koefisien Uji Konsolidasi*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Risman, 2011, *Analisis Daya Dukung Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Kapur dan Pasir*, Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
- Shabirin, 2017, *Pengaruh Penambahan Kapur Pada Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Bahan Tambah Rotec Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio)*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sinaga, H.P, 2014, *Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test) pada Stabilitas Tanah Lempung dengan Campuran Semen dan Abu Cangkang Sawit*, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Suhardjito, 1989, *Teknik Pondasi*, Laboratorium Geoteknik, Pusat Antar Universitas (PAU), Institut Teknologi Bandung.
- Toha, F. X. 1989. *Karakteristik Konsolidasi Lempung Lunak Banjarmasin*, National Symposium on Soft Soil and Landslides, HATTI. Bandung.
- Usman, Taufik, 2008, *Pengaruh stabilisasi Tanah Berbutir Halus Yang Distabilisasi Menggunakan Abu Merapi Pada Batas Konsistensi Dan CBR Rendaman*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KADAR AIR
ASTM D - 2216 - 98

Proyek : _____
Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
Dikerjakan : Mahfud Arfah
Tanggal : _____
Sampel : Tanah Asli

1	No.Pengujian		1	2
2	Berat Countainer (W1)	gr	21.91	21.91
3	Berat Countariner + Tanah Basah (W2)	gr	56.22	59.52
4	Berat Countainer + Tanah Kering (W3)	gr	49.45	51.52
5	Berat Air (Ww = W2 - W3)	gr	6.77	7.93
6	Berat Tanah Kering (Ws = W3 -W1)	gr	27.54	29.85
7	Kadar Air (Ww : Ws) x 100%	%	24.58	27.02
8	Kadar Air rata-rata (w)	%	25.80	

Diketahui Oleh :

(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT JENIS
ASTM D - 854 - 72

Proyek : _____
Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
Dikerjakan : Mahfud Arfah
Tanggal : _____
Sampel : Tanah Asli

1	No.Pengujian			1	2
2	Berat Piknometer	(w1)	gr	39.36	38.84
3	Berat Piknometer + Tanah	(w2)	gr	68.74	70.68
4	Berat Piknometer + Tanah + Air	(w3)	gr	156.79	157.67
5	Berat Piknometer + Air	(w4)	gr	137.08	138.18
6	Suhu Air		°C	26	26
7	γ_w pada Suhu 26 °C		gr/cm ³	0.9968	0.9968
8	γ_w pada Suhu 27,5 °C		gr/cm ³	0.99641	0.99641
9	Berat Tanah Kering (Ws)		gr	29.38	31.84
10	A = Ws + W4		gr	166.46	170.02
11	I = A - W3		gr	9.67	12.35
12	Berat Jenis Tanah Pada Suhu 26 °C			3.04	2.58
13	Berat Jenis Tanah Pada Suhu 27,5 °C			3.04	2.58
14	Berat Jenis Rata-Rata Pada Suhu 27,5 °C			2.81	

Diketahui Oleh :

(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT VOLUME
ASTM D - 2049

Proyek : _____
Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
Dikerjakan : Mahfud Arfah
Tanggal : _____
Sampel : Tanah Asli

1	No.Pengujian	Satuan	1	2
2	Diameter Ring (d)	cm	3.5	3.5
3	Tinggi Ring (t)	cm	7.58	7.58
4	Volume Ring (v)	cm ³	72.93	72.93
5	Berat Ring (w1)	gr	144.93	144.93
6	Berat Ring + Tanah Basah (w2)	gr	280.13	282.10
7	Berat Tanah Basah (w3)	gr	135.2	137.2
8	Berat Volume Tanah	gr/cm ³	1.85	1.88
9	Berat Volume Tanah Rata-Rata	gr/cm ³	1.87	

Diketahui Oleh :

(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)

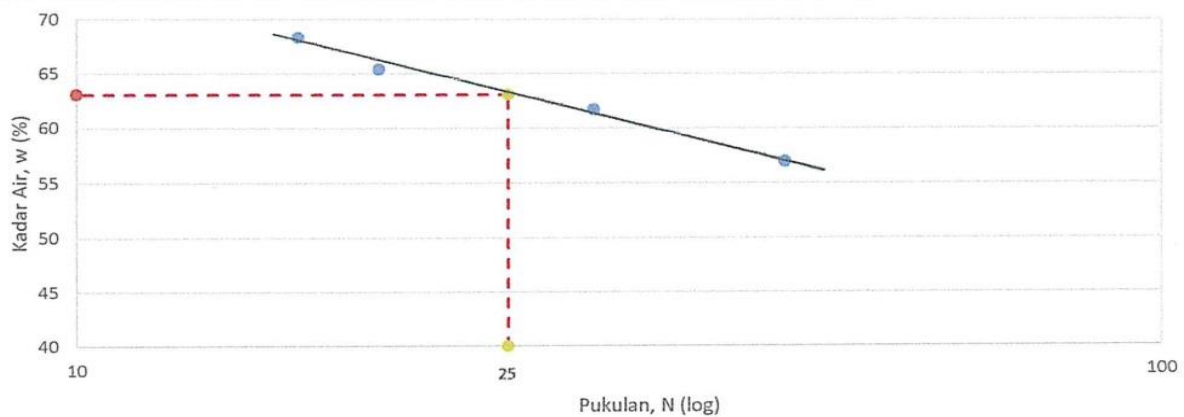


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR
ASTM D 423 - 66

Proyek : _____
Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
Dikerjakan : Mahfud Arfah
Tanggal : _____
Sampel : Tanah Asli

No.		I		II		III		IV		Batas Plastis		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	No Cawan											
2	Berat Cawan	gr	12.84	12.63	13.09	13.28	12.66	13.04	13.07	12.6	12.76	12.76
3	Berat Cawan + Tanah Basah	gr	33.56	43.04	43.41	44.19	37.85	44.01	36.78	43.12	17.06	17.04
4	Berat Cawan + Tanah Kering	gr	26.05	31.99	31.86	32.38	27.91	31.74	27.16	30.73	15.73	15.72
5	Berat air (3) - (4)	gr	7.51	11.05	11.55	11.81	9.94	12.27	9.62	12.39	1.33	1.32
6	Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	13.21	19.36	18.77	19.1	15.25	18.7	14.09	18.13	2.97	2.96
7	Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	%	56.85	57.08	61.53	61.83	65.18	65.61	68.28	68.34	44.78	44.59
8	Kadar Air Rata-Rata	%	56.96		61.68		65.40		68.31		45	
9	Jumlah Pukulan, N		45		30		19		16			



Batas Cair (LL) = 63.09 %
Batas Plastis (PL) = 44.69 %
Indeks Plastis (IP = LL - PL) = 18.40 %

Diketahui Oleh :

(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS SUSUT
ASTM D 425 - 74

No	Pengujian	1	2	3	4
1	Berat Jenis Tanah (Gs)	2.81	2.81	2.81	2.81
2	Berat ring (W1)	57.33	49.58	40.86	43.39
3	Berat ring + tanah basah (W2)	81.09	73.04	66.32	68.69
4	Berat ring + tanah kering (W3)	71.93	64.58	56.44	58.97
5	Berat tanah kering (W3 - W4)	14.6	15	15.58	15.58
6	Berat air raksa yang terdes	165.31	181.4	170.47	185.47
7	Berat gelas ukur (W5)	60.74	60.74	60.74	60.74
8	Berat air raksa (W4-W5)	104.57	120.7	109.73	124.73
9	Volume tanah kering, $V_o =$	7.7	8.9	8.1	9.2
10	Batas susut tanah (SL) (%)	17.07	23.55	16.19	23.27
11	Batas susut tanah rata-rata	20.02			

Diketahui Oleh :

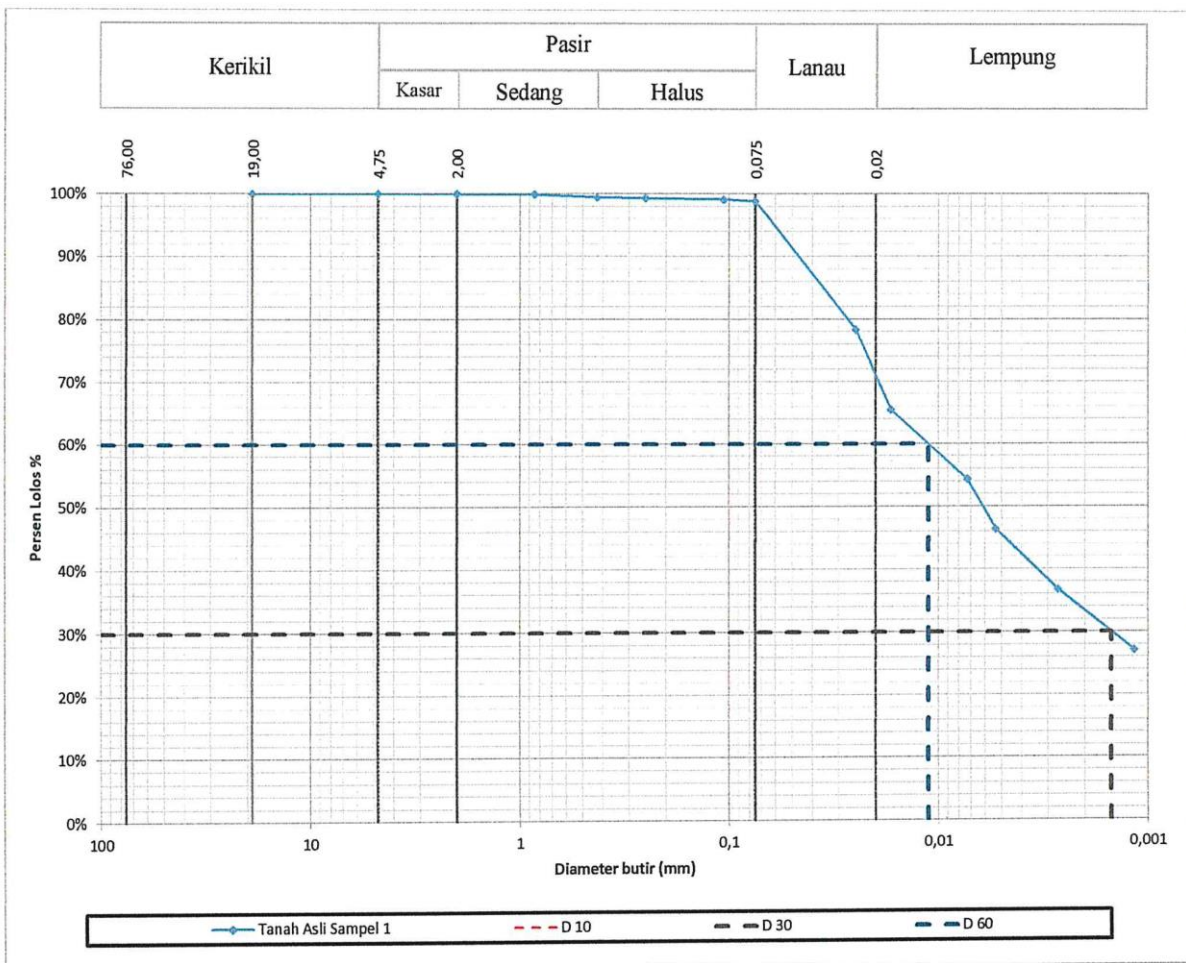
(Ir. Akhrad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS GRANULER
ASTM D - 421- 72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 15 Desember 2016
 Sampel : 1



Lolos # 200	98,59%	D10 (mm)	-
Kerikil	0,00%	D30 (mm)	0,0015
Pasir	1,15%	D60 (mm)	0,0112
Lanau	33,33%	Cu = D60/D10	-
Lempung	38,35%	Cc = D30 ² / (D10 x D60)	-

34,39
33,84

Diperiksa Oleh :

(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS GRANULER
ASTM D - 421- 72

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
Dikerjakan : Mahfud Arfah
Tanggal : 15 Desember 2016
Sampel : 1

Berat Tanah Kering (w) (gram)	60	$D = \sqrt{\frac{L}{t}} ; \% \text{ Lolos} = \frac{R' \times a}{w} \times \% \text{ tertahan \#200}$ *) Dari daftar harga L berdasarkan nilai R' **) Dari daftar harga K berdasarkan t dan Gs
Berat Jenis Tanah (Gs)	2,81	
Koreksi miniskus hidrometer (m)	1	
Harga dari berat jenis Gs (a)	0,97	
Zero Correction (z)	-2	

Distribusi Butiran

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
	mm	(gr)	(gr)	%	%
0,75	19	0	911,82	0,00%	100,00%
4	4,75	0	911,82	0,00%	100,00%
10	2	0,1	911,72	0,01%	99,99%
20	0,85	0,67	911,05	0,07%	99,92%
40	0,425	4,26	906,79	0,47%	99,45%
60	0,25	0,86	905,93	0,09%	99,35%
140	0,106	2,03	903,90	0,22%	99,13%
200	0,075	2,55	901,35	0,28%	98,85%
pan		901,35	0,00	98,85%	0,00%
	Jumlah	911,82		100,00%	0,00%

Hidrometer

Waktu	Temperatur	Pemb. Hidrometer	Pemb. Hdr terkoreksi	Pemb. Hdr terkoreksi oleh (m)	Kedalaman	L/t	Konstata	Diameter butir (D)	% Lolos
t	T	Ra	Rc	R'	(L)*		(K)**	D	
menit	°C		(Ra - z)	(Ra + m)	cm			mm	%
0	26	50	52	53	7,6	0,00000	0,01218	0,00000	84,70%
2	26	46	48	49	8,3	4,15000	0,01218	0,02481	78,31%
5	26	38	40	41	9,6	1,92000	0,01218	0,01688	65,52%
30	26	31	33	34	10,7	0,35667	0,01218	0,00727	54,34%
60	26	26	28	29	11,5	0,19167	0,01218	0,00533	46,34%
250	26,5	20	22	23	12,5	0,05000	0,01204	0,00269	36,76%
1440	26,5	14	16	17	13,5	0,00938	0,01204	0,00117	27,17%

Diketahui Oleh :

(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)

**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH****JURUSAN TEKNIK SIPIL****FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

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

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
Dikerjakan : Mahfud Arfah
Tanggal : 15 Desember 2016
Sampel : 2

Berat Tanah Kering (w) (gram)	60	$D = \sqrt{\frac{L}{t}}$; % Lolos = $\frac{R' \times a}{w} \times \% \text{tertahan \#200}$ *) Dari daftar harga L berdasarkan nilai R' **) Dari daftar harga K berdasarkan t dan Gs
Berat Jenis Tanah (Gs)	2,81	
Koreksi miniskus hidrometer (m)	1	
Harga dari berat jenis Gs (a)	0,97	
Zero Correction (z)	-2	

Distribusi Butiran

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
	mm	(gr)	(gr)	%	%
0,75	19	0	917,36	0,00%	100,00%
4	4,75	0	917,36	0,00%	100,00%
10	2	0,54	916,82	0,06%	99,94%
20	0,85	1,47	915,35	0,16%	99,78%
40	0,425	3,17	912,18	0,35%	99,44%
60	0,25	3,29	908,89	0,36%	99,08%
140	0,106	5,38	903,51	0,59%	98,49%
200	0,075	1,42	902,09	0,15%	98,34%
pan		902,09	0,00	98,34%	0,00%
	Jumlah	917,36		100%	0,00%

Hidrometer

Waktu	Temperatur	Pemb. Hidrometer	Pemb. Hdr terkoreksi	Pemb. Hdr terkoreksi oleh (m)	Kedalaman	L/t	Konstata	Diameter butir (D)	% Lolos
t	T	Ra	Rc	R'	(L)*		(K)**	D	
menit	°C		(Ra - z)	(Rc + m)	cm			mm	%
0	26	50	52	53	7,6	0,00000	0,01200	0,00000	84,26%
2	26	44	46	47	8,6	4,30000	0,01200	0,02488	74,72%
5	26	43	45	46	8,8	1,76000	0,01200	0,01592	73,13%
30	26	38	40	41	9,6	0,32000	0,01200	0,00679	65,18%
60	26	32	34	35	10,6	0,17667	0,01200	0,00504	55,64%
250	26,5	26	28	29	11,5	0,04600	0,01190	0,00255	46,10%
1440	26,5	8	10	11	14,5	0,01007	0,01190	0,00119	17,49%

Diketahui Oleh :

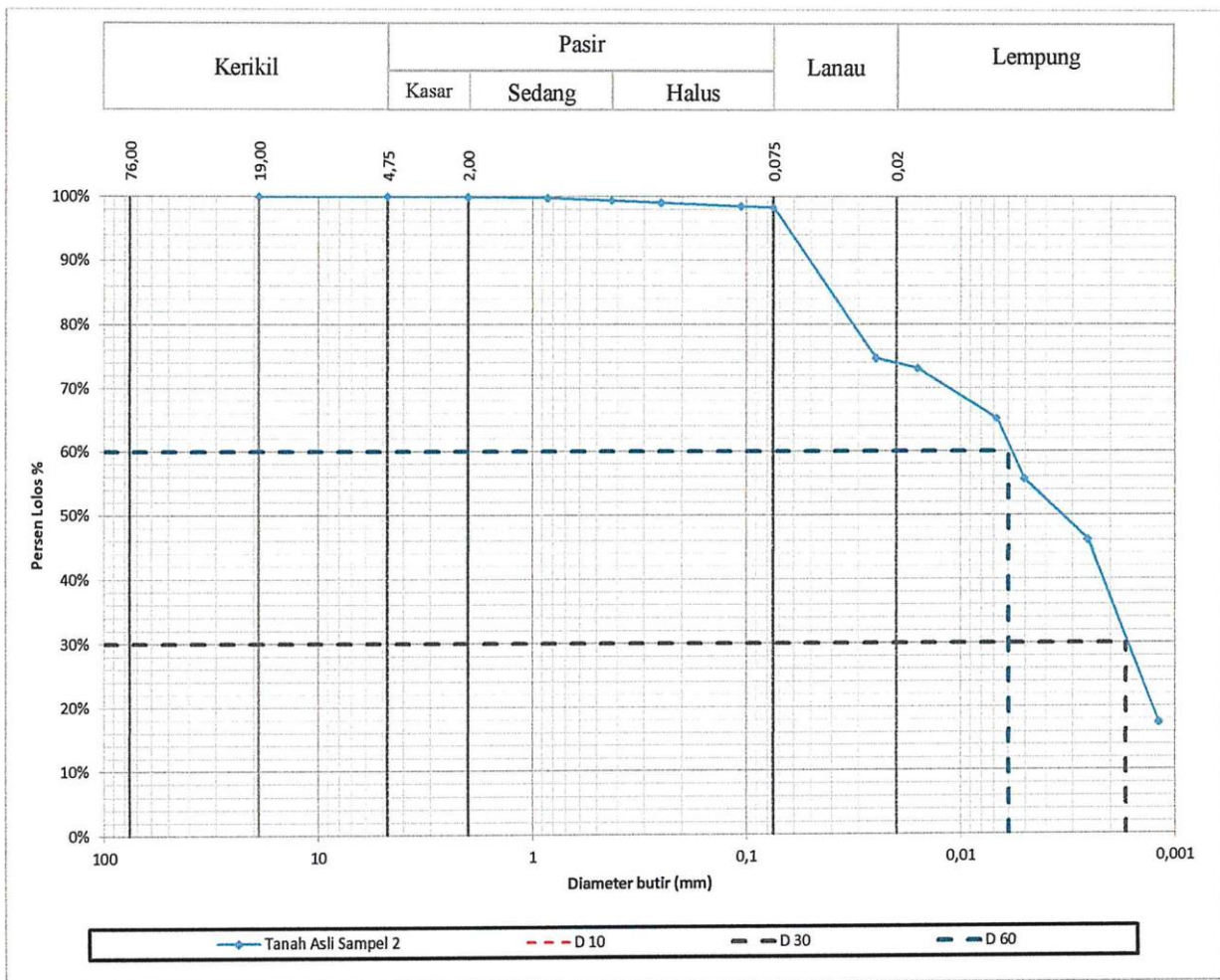
(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS GRANULER
ASTM D - 421- 72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 15 Desember 2016
 Sampel : Tanah Asli



Lolos # 200	98,59%	D10 (mm)	-
Kerikil	0,00%	D30 (mm)	0,0017
Pasir	1,41%	D60 (mm)	0,0060
Lanau	25,21%	Cu = D60/D10	-
Lempung	55,64%	Cc = D30 ² / (D10 x D60)	-

Diperiksa Oleh :

(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS GRANULER
ASTM D - 421- 72

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
Dikerjakan : Mahfud Arfah
Tanggal : 15 Desember 2016
Sampel : Rekapitulasi

REKAPITULASI PENGUJIAN ANALISIS GRANULER

Sampel 1		Sampel 2		Rata-Rata	
Diameter Butir Tanah (mm)	Persen Lolos (%)	Diameter Butir Tanah (mm)	Persen Lolos (%)	Diameter Butir Tanah (mm)	Persen Lolos (%)
19	100,00%	19	100,00%	19	100,00%
4,75	100,00%	4,75	100,00%	4,75	100,00%
2	99,99%	2	99,94%	2	99,97%
0,85	99,92%	0,85	99,78%	0,85	99,85%
0,425	99,45%	0,425	99,44%	0,425	99,44%
0,25	99,35%	0,25	99,08%	0,25	99,22%
0,106	99,13%	0,106	98,49%	0,106	98,81%
0,075	98,85%	0,075	98,34%	0,075	98,59%
0,02481	78,31%	0,02488	74,72%	0,02485	76,51%
0,01688	65,52%	0,01592	73,13%	0,01640	69,33%
0,00727	54,34%	0,00679	65,18%	0,00703	59,76%
0,00533	46,34%	0,00504	55,64%	0,00519	50,99%
0,00269	36,76%	0,00255	46,10%	0,00262	41,43%
0,00117	27,17%	0,00119	17,49%	0,00118	22,33%

Diketahui Oleh :

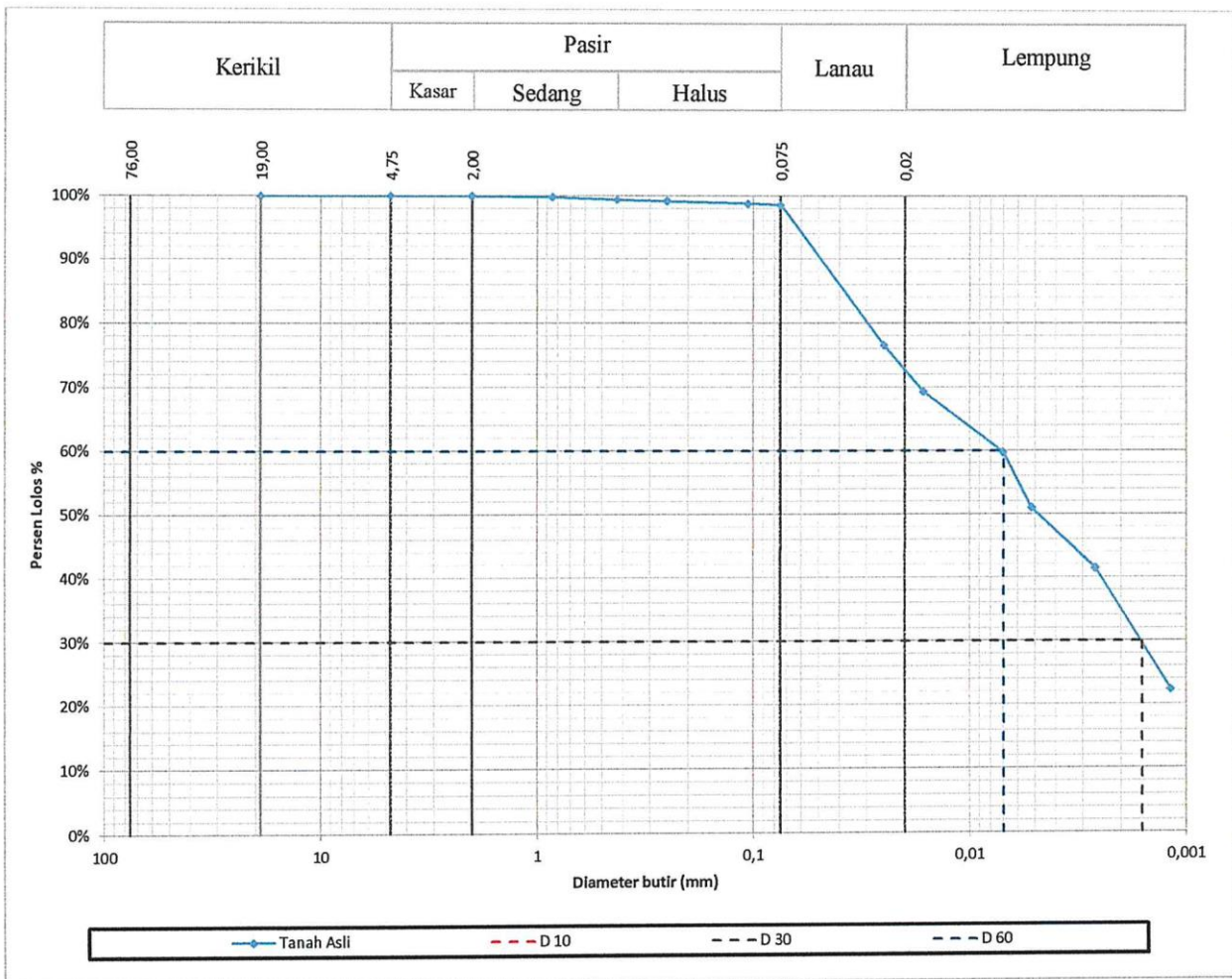
(Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISIS GRANULER
ASTM D - 421- 72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kab. Kulon Progo, Yogyakarta
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 15 Desember 2016
 Sampel : Rekapitulasi



Lolos # 200	98,59%	D10 (mm)	-
Kerikil	0,00%	D30 (mm)	0,0016
Pasir	1,41%	D60 (mm)	0,0070
Lanau	29,27%	Cu = D60/D10	-
Lempung	47,00%	Cc = D30 ² / (D10 x D60)	-

Diperiksa Oleh :

(Signature)
 (Ir. Akhmad Marzuko, M.T.)



SOIL MECANIC LABORATORY
FACULTY CIVIL ENGINEERING AND PLANING
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

Proctor test

ASTM D - 698 - 00a

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Desa Tuksono, Kec. Sentolo, Kulonprogo, Yogyakarta
 Lokasi :
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arah
 Tanggal : 19 Januari 2017

Type Test : Proctor Standart

MOLD		
1	Diameter (ϕ) cm	10,12
2	Tinggi (H) cm	11,575
3	Volume (V) cm ³	931,05
4	Berat gram	1745
Hammer		
1	Berat (kg)	2,505
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan	25
4	Tinggi jatuh (cm)	45,72

Jenis Tanah : lempung ekspansif
 Berat Jenis : 2,81

Penambahan air

1	Berat sampel tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula	%	13,18	9,61	8,70	8,70	8,70
3	Penambahan air	%	5	10	15	20	25
4	Penambahan air	ml	100	200	300	400	500

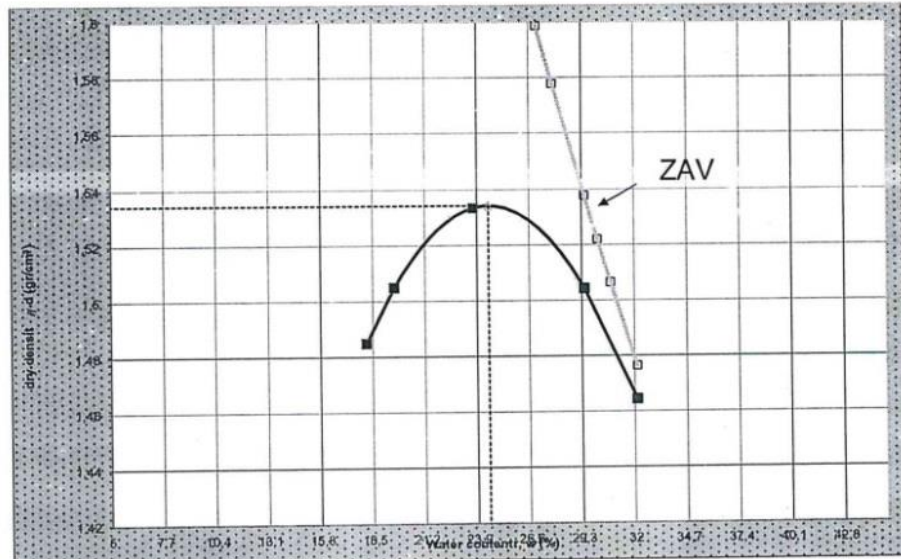
Berat Volume, γ

1	No. sampel	1	2	3	4	5	
2	Berat Cetakan + Tanah Basah	gram	3350	3421	3511	3558	3647
3	Berat Tanah Basah	gram	1634	1676	1766	1813	1802
4	Berat volume tanah basah, γ	gr/cm ³	1,755	1,800	1,897	1,947	1,935

Kadar Air

1	No Pengujian	1	2	3	4	5						
2	No. Cawan	a	b	a	b	a	b					
3	Berat Cawan	gram	12,80	12,94	12,87	12,73	12,79	12,79	12,05	12,10	12,83	12,64
4	Brt Cawan + tanah basah	gram	43,78	48,71	46,97	42,71	31,45	36,49	36,85	38,62	43,44	37,68
5	Brt Cawan + tanah kering	gram	39,96	42,19	41,44	37,74	29,22	30,50	31,71	32,08	36,72	31,03
8	Kadar air	%	14,06	22,29	19,36	19,87	13,57	33,82	26,14	32,73	28,13	36,16
9	Kadar air rata-rata	%	18,18		19,61		23,70		29,44		32,14	
10	Berat volume tanah kering, γ_d	gr/cm ³		1,485		1,505		1,533		1,504		1,464

Maximum dry density (gr/cm ³)
1,53420
Optimum Moisture content (%)
24,50



Yogyakarta, 19 Januari 2017

Ka.: Lab. MT.

Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli pemeraman 7 Hari (Socked)
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal :

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

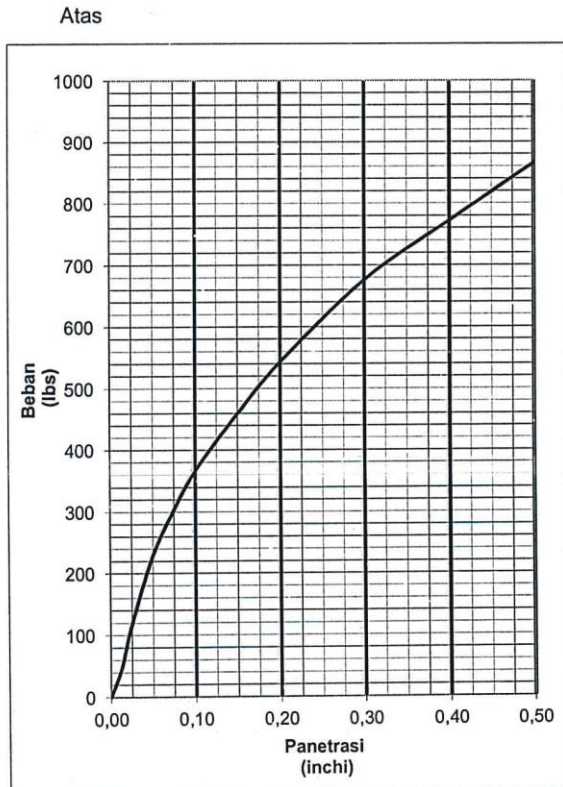
Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	1,5		46,5	
1/2	0,025	3,8		117,8	
1	0,050	7,4		229,4	
1 1/2	0,075	9,8		303,8	
2	0,100	11,8		365,8	
3	0,150	14,8		458,8	
4	0,200	17,5		542,5	
6	0,300	21,8		675,8	
8	0,400	24,9		771,9	
10	0,500	27,9		864,9	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,63	13,08
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	19,34	19,32
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	18,11	18,16
Berat Air (3) - (4) (gr)	1,23	1,16
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	5,48	5,08
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	22,45	22,83
Kadar air rata-rata =	22,64	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7640
Berat Cetakan (gr)	3400
Berat tanah basah (gr)	4240
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,811
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,477

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	12,19	12,06
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		



Diperiksa
 Kepala Laboratorium

A. Marzuko
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli pemeraman 7 Hari + rendaman 4 hari
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal :

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

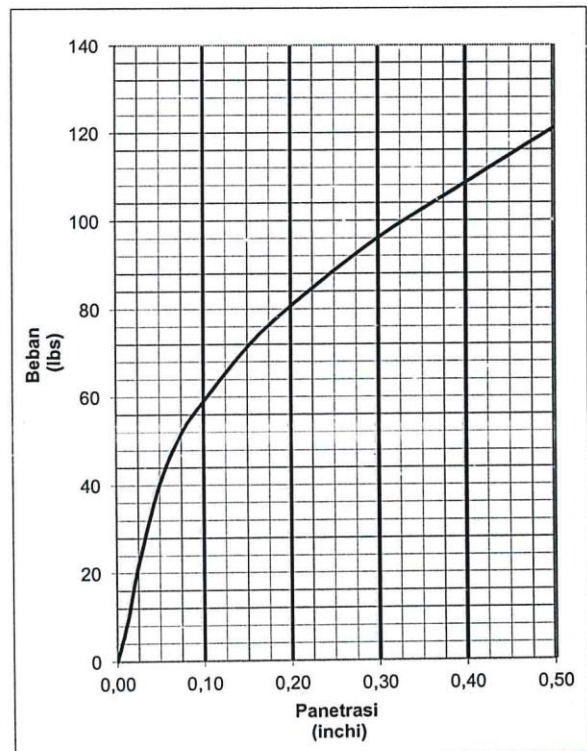
Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	1,96	1,79
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	0,3		9,3	
1/2	0,025	0,7		21,7	
1	0,050	1,3		40,3	
1 1/2	0,075	1,67		51,77	
2	0,100	1,9		58,9	
3	0,150	2,3		71,3	
4	0,200	2,6		80,6	
6	0,300	3,1		96,1	
8	0,400	3,5		108,5	
10	0,500	3,9		120,9	

Atas



Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,63	13,08
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	19,34	19,32
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	18,11	18,16
Berat Air (3) - (4) (gr)	1,23	1,16
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	5,48	5,08
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	22,45	22,83
Kadar air rata-rata =	22,64	

Berat tanah + Cetakan (gr)	8005
Berat Cetakan (gr)	4200
Berat tanah basah (gr)	3805
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,626
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,325

Diperiksa
 Kepala Laboratorium

(Signature)
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli pemeraman 7 Hari (Socked)
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal :
 Rln :

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

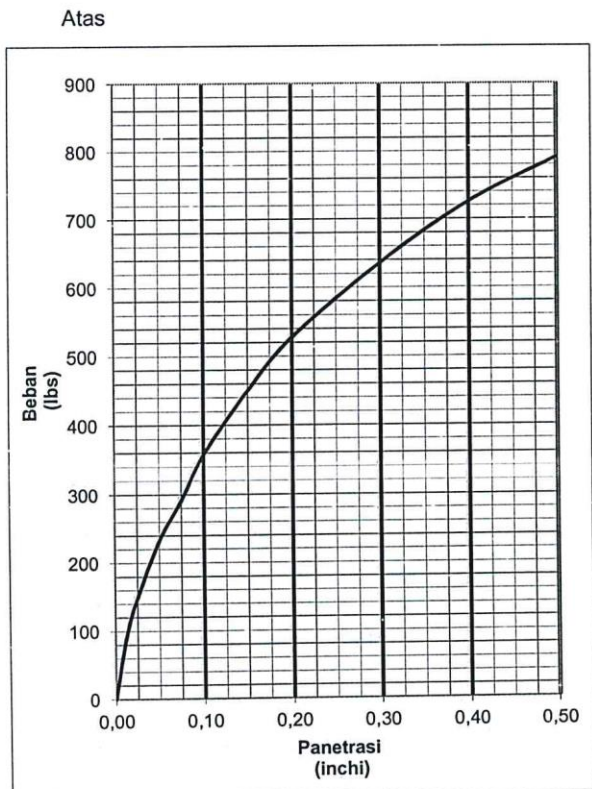
Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	3		93	
1/2	0,025	4,8		148,8	
1	0,050	7,5		232,5	
1 1/2	0,075	9,4		291,4	
2	0,100	11,5		356,5	
3	0,150	14,5		449,5	
4	0,200	17		527	
6	0,300	20,5		635,5	
8	0,400	23,4		725,4	
10	0,500	25,5		790,5	

Kadar air		
No Cawan	Sebelum	sesudah
Berat Cawan (gr)	12,92	12,89
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	17,33	18,31
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	16,03	17,12
Berat Air (3) - (4) (gr)	1,30	1,19
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	3,11	4,23
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	41,80	28,13
Kadar air rata-rata =	34,97	

	Setelah
Berat tanah + Cetakan (gr)	7652
Berat Cetakan (gr)	3400
Berat tanah basah (gr)	4252
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,816
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,346

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	11,88	11,71
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"



Diperiksa
 Kepala Laboratorium

(Signature)
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli pemeraman 7 Hari + rendaman 4 hari
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal :

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

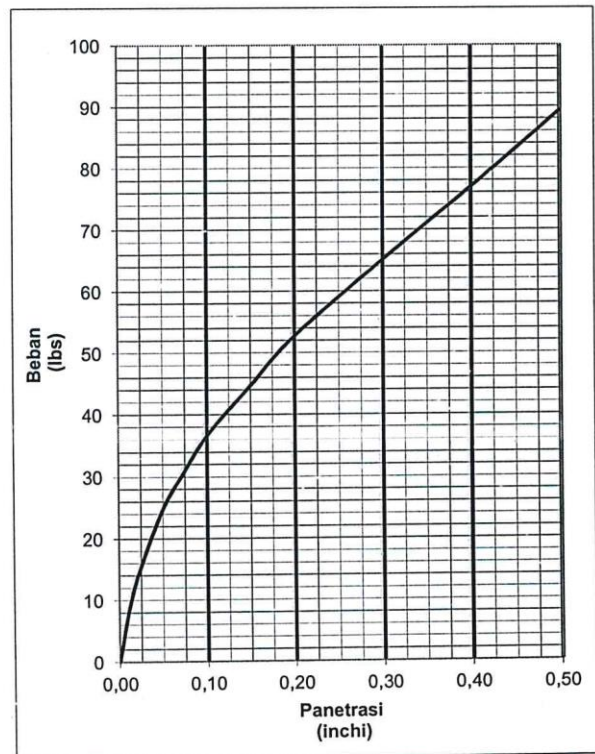
Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	0,3		9,3	
1/2	0,025	0,5		15,5	
1	0,050	0,8		24,8	
1 1/2	0,075	1		31	
2	0,100	1,18		36,58	
3	0,150	1,44		44,64	
4	0,200	1,7		52,7	
6	0,300	2,1		65,1	
8	0,400	2,48		76,88	
10	0,500	2,88		89,28	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,63	13,08
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	19,34	19,32
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	18,11	18,16
Berat Air (3) - (4) (gr)	1,23	1,16
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	5,48	5,08
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	22,45	22,83
Kadar air rata-rata =	22,64	

Berat tanah + Cetakan (gr)	8035
Berat Cetakan (gr)	4148
Berat tanah basah (gr)	3887
Diameter tinggi	15,20
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,661
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,354

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	1,22	1,17
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"

Atas



Diperiksa
Kapala Laboratorium

(Signature)
Ir. A. Marzuko, MT.

Rekapitulasi Pengujian Unsoaked Tanah Asli CBR

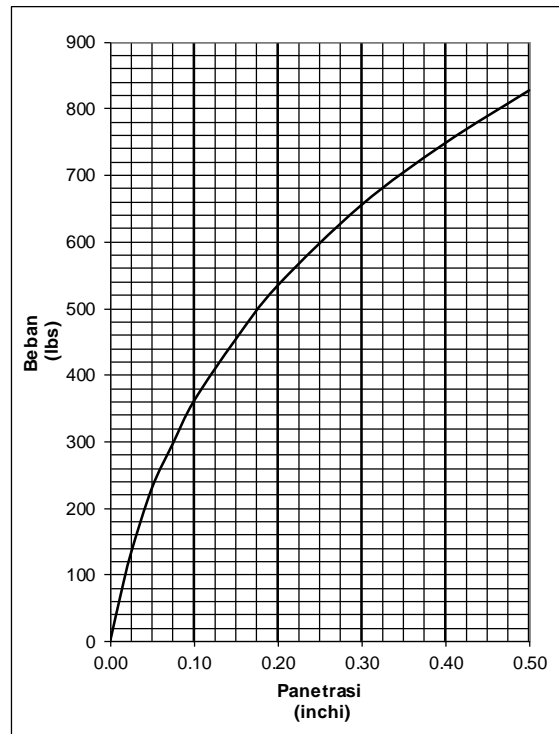
Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	0
1/4	0.013	2.25		69.75	
1/2	0.025	4.3		133.3	
1	0.050	7.45		230.95	
1 1/2	0.075	9.6		297.6	
2	0.100	11.65		361.15	
3	0.150	14.65		454.15	
4	0.200	17.25		534.75	
6	0.300	21.15		655.65	
8	0.400	24.15		748.65	
10	0.500	26.7		827.7	

Kadar air	
Kadar air rata-rata =	28.80

Volume		2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)		1.814
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)		1.411

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	12.04	11.88
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Atas



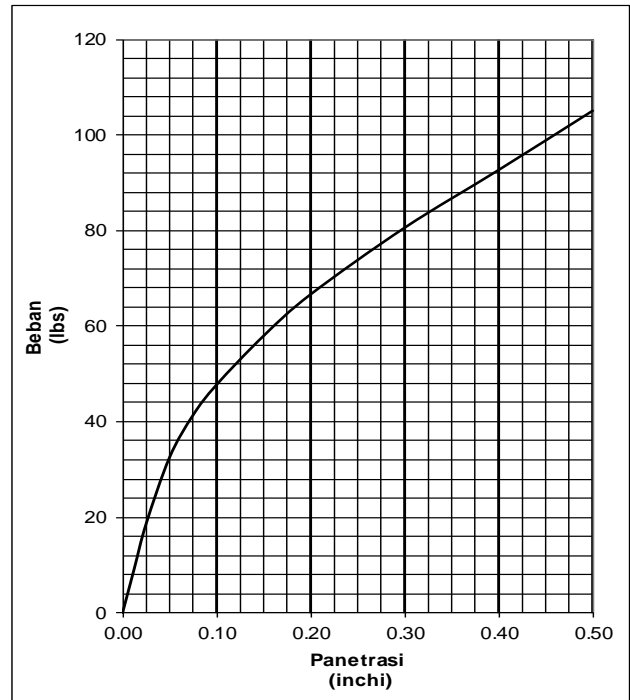
Rekapitulasi Pengujian Soaked Tanah Asli CBR

Pembebanan					
Waktu (mm)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	0
1/4	0.013	0.3		9.3	
1/2	0.025	0.6		18.6	
1	0.050	1.05		32.55	
1 1/2	0.075	1.335		41.385	
2	0.100	1.54		47.74	
3	0.150	1.87		57.97	
4	0.200	2.15		66.65	
6	0.300	2.6		80.6	
8	0.400	2.99		92.69	
10	0.500	3.39		105.09	
Kadar air					
Kadar air rata-rata = 22.64					

Volume	2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1.643
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1.340

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
Penetrasi	1.59	1.48
Bawah	0,1"	0,2"

Atas





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli+ rotec+ 5%semen pemeraman 7 Hari
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 20 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

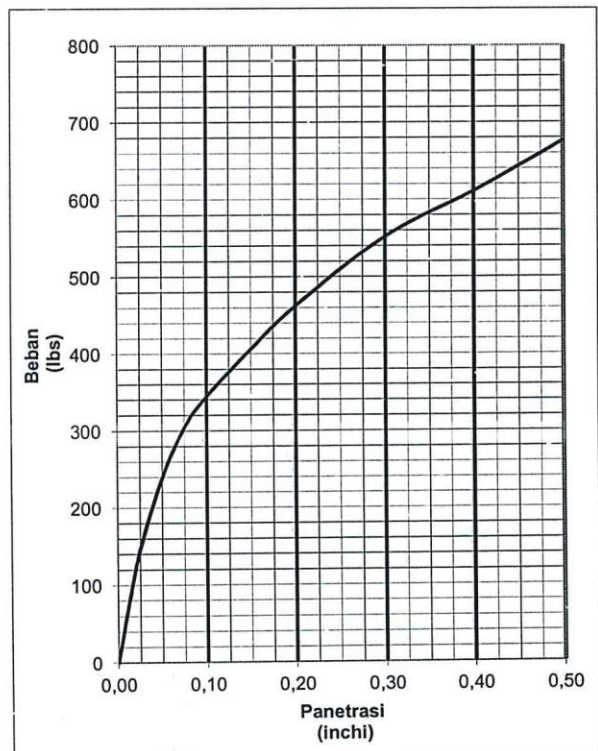
Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	2,5		77,5	
1/2	0,025	4,7		145,7	
1	0,050	7,7		238,7	
11/2	0,075	9,8		303,8	
2	0,100	11,1		344,1	
3	0,150	13,1		406,1	
4	0,200	14,9		461,9	
6	0,300	17,8		551,8	
8	0,400	19,7		610,7	
10	0,500	21,8		675,8	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	13,02	12,72
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	49,02	43,77
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	44,56	40,01
Berat Air (3) - (4) (gr)	4,46	3,76
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	31,54	27,29
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	14,14	13,78
Kadar air rata-rata =	13,96	

Berat tanah + Cetakan (gr)	8148
Berat Cetakan (gr)	3400
Berat tanah basah (gr)	4748
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2341
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	2,028
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,780

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	11,47	10,26
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Atas



Diperiksa
Kapala Laboratorium

A. Marzuko
Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli + Rotec + 5% Semen Pemeraman 7 Hari + Rendaman 4 hari
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 26 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

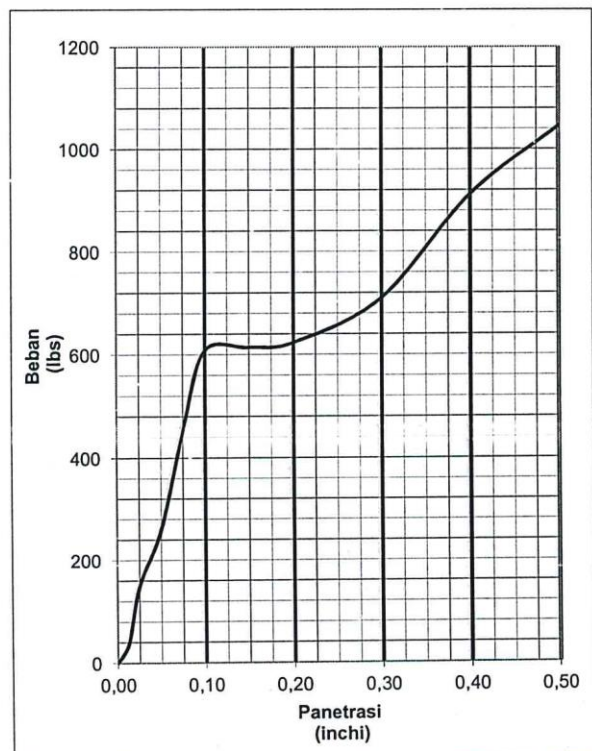
Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	1,2		37,2	
1/2	0,025	4,8		148,8	
1	0,050	8,4		260,4	
1 1/2	0,075	14,6		452,6	
2	0,100	19,6		607,6	
3	0,150	19,8		613,8	
4	0,200	20,1		623,1	
6	0,300	22,9		709,9	
8	0,400	29,4		911,4	
10	0,500	33,7		1044,7	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,92	12,65
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	42,92	33,16
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	37,81	29,61
Berat Air (3) - (4) (gr)	5,11	3,55
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	24,89	16,96
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	20,53	20,93
Kadar air rata-rata =	20,73	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7230
Berat Cetakan (gr)	4560
Berat tanah basah (gr)	2670
Diameter tinggi	15,20
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,141
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	0,945

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	20,25	13,85
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"

Atas



Diperiksa
Kapala Laboratorium

A. Marzuko
Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli+ rotec+ 5%semen pemeraman 7 Hari
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 20 Maret 2017
 Rln

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

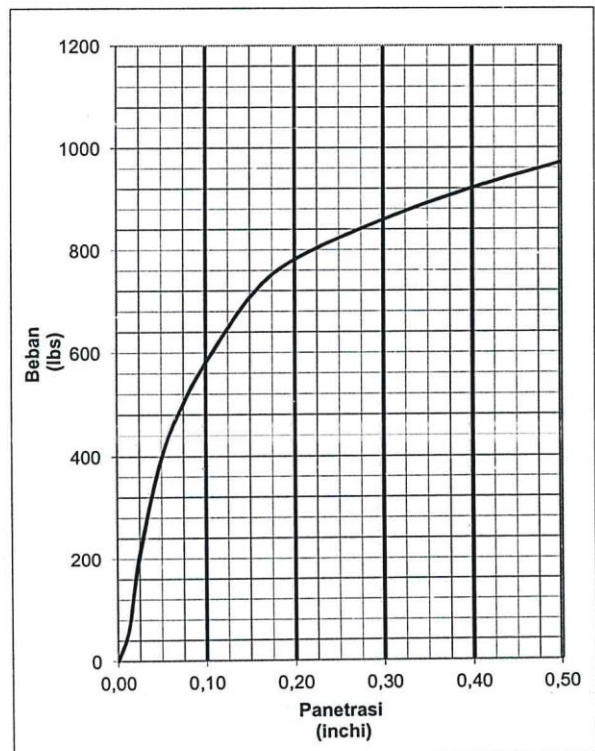
Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	2		62	
1/2	0,025	6,7		207,7	
1	0,050	12,8		396,8	
1 1/2	0,075	16,2		502,2	
2	0,100	18,7		579,7	
3	0,150	22,8		706,8	
4	0,200	25,2		781,2	
6	0,300	27,7		858,7	
8	0,400	29,7		920,7	
10	0,500	31,3		970,3	

Kadar air		
	Sebelum	sesudah
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,83	12,74
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	38,32	47,83
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	35,03	43,75
Berat Air (3) - (4) (gr)	3,29	4,08
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	22,20	31,01
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	14,82	13,16
Kadar air rata-rata =	13,99	

	Setelah
Berat tanah + Cetakan (gr)	8079
Berat Cetakan (gr)	3400
Berat tanah basah (gr)	4679
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,999
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,754

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	19,32	17,36
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Atas



Diperiksa
 Kapala Laboratorium

(Signature)
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli + Rotec + 5% Semen Pemeraman 7 Hari + Rendaman 4 hari
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 26 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

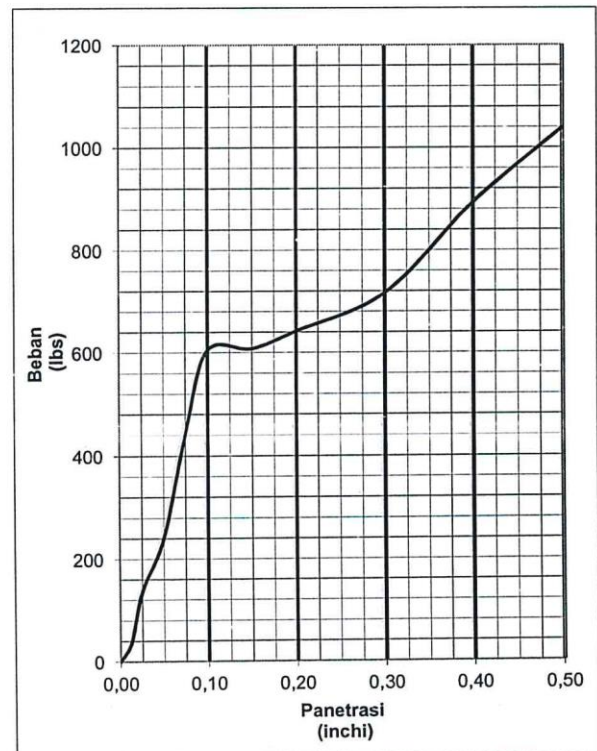
Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	1,2		37,2	
1/2	0,025	4,4		136,4	
1	0,050	7,8		241,8	
1 1/2	0,075	14,3		443,3	
2	0,100	19,5		604,5	
3	0,150	19,6		607,6	
4	0,200	20,7		641,7	
6	0,300	23,1		716,1	
8	0,400	28,8		892,8	
10	0,500	33,5		1038,5	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	13,08	12,99
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	41,80	34,22
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	36,88	30,76
Berat Air (3) - (4) (gr)	4,92	3,46
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	23,80	17,77
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	20,67	19,47
Kadar air rata-rata =	20,07	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7237
Berat Cetakan (gr)	4560
Berat tanah basah (gr)	2677
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,144
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	0,952

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	20,15	14,26
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Atas



Diperiksa
Kapala Laboratorium

A. Marzuko
Ir. A. Marzuko, MT.

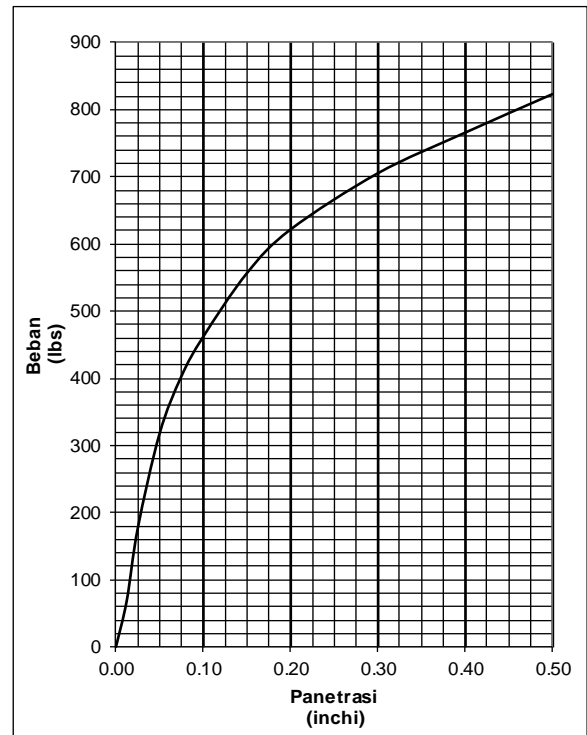
Rekapitulasi Pengujian CBR Unsoaked Rotec+5% Semen

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	
1/4	0.013	2.25		69.75	
1/2	0.025	5.7		176.7	
1	0.050	10.25		317.75	
1 1/2	0.075	13		403	
2	0.100	14.9		461.9	
3	0.150	17.95		556.45	
4	0.200	20.05		621.55	
6	0.300	22.75		705.25	
8	0.400	24.7		765.7	
10	0.500	26.55		823.05	
Kadar air					
Kadar air rata-rata = 13.97					

Volume	2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	2.014
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1.767

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	15.40	13.81
Penetrasi		
Bawah		

Atas



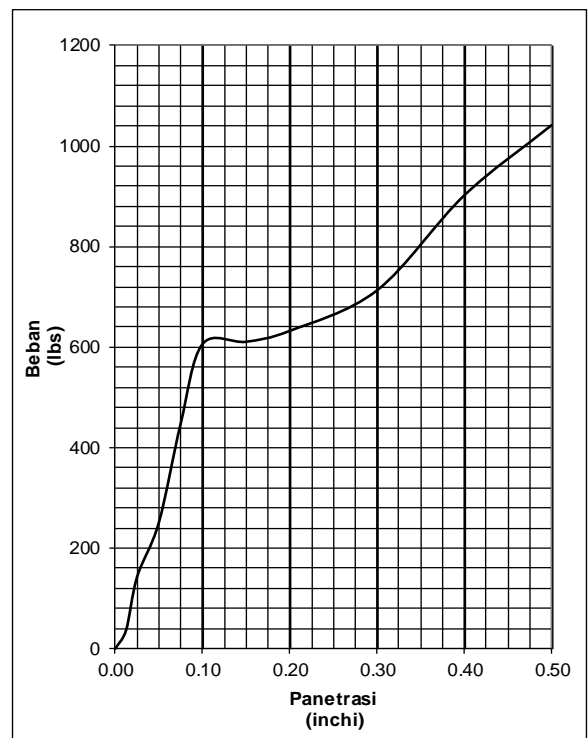
Rekapitulasi Pengujian CBR Soaked Rotec+5% Semen

Pembebanan					
Waktu (m)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	
1/4	0.013	1.2		37.2	
1/2	0.025	4.6		142.6	
1	0.050	8.1		251.1	
1 1/2	0.075	14.45		447.95	
2	0.100	19.55		606.05	
3	0.150	19.7		610.7	
4	0.200	20.4		632.4	
6	0.300	23		713	
8	0.400	29.1		902.1	
10	0.500	33.6		1041.6	
Kadar air					
Kadar air rata-rata =					20.40

Volume	2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1.142
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	0.949

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	20.20	14.05
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Atas





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli+ rotec+ 7% semen pemeraman 7 Hari
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 20 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

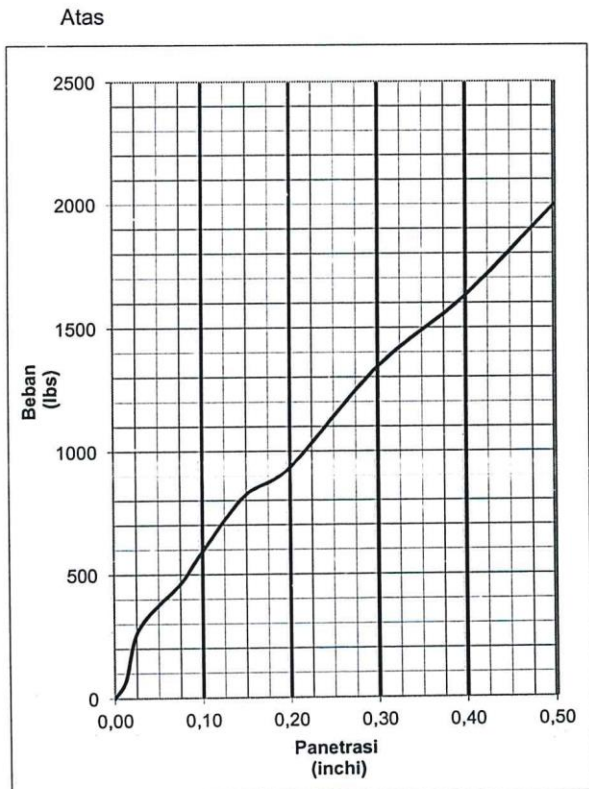
Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	2,3		71,3	
1/2	0,025	8,4		260,4	
1	0,050	12,1		375,1	
1 1/2	0,075	14,9		461,9	
2	0,100	19,1		592,1	
3	0,150	26,6		824,6	
4	0,200	30,1		933,1	
6	0,300	43,3		1342,3	
8	0,400	52,6		1630,6	
10	0,500	64,4		1996,4	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	13,02	12,72
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	30,88	29,12
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	29,98	27,44
Berat Air (3) - (4) (gr)	0,90	1,68
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	16,96	14,72
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	5,31	11,41
Kadar air rata-rata =	8,36	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7119
Berat Cetakan (gr)	3400
Berat tanah basah (gr)	3719
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,589
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,466

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	19,74	20,74
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"



Diperiksa
 Kepala Laboratorium

(Signature)
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli + Rotec + 7% Semen Pemeraman 7 Hari + Rendaman 4 hari
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 26 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

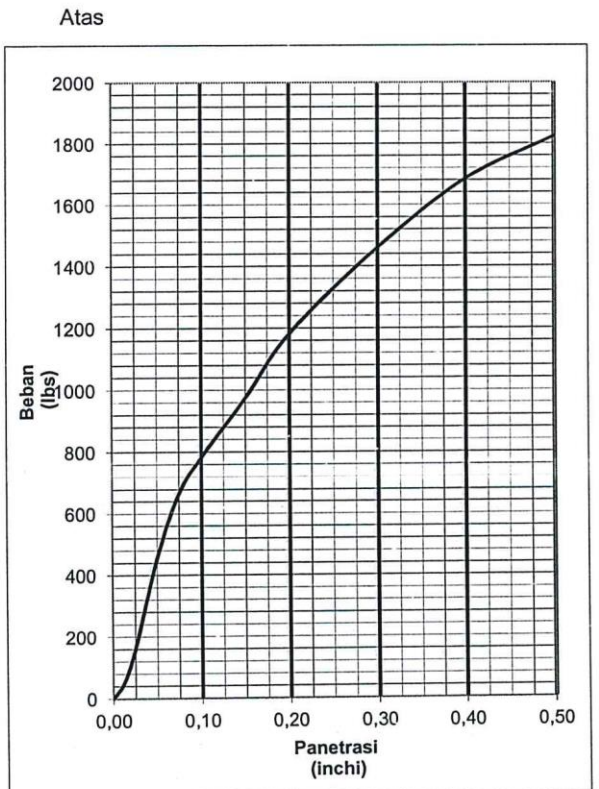
Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	1,7		52,7	
1/2	0,025	5,2		161,2	
1	0,050	14,7		455,7	
1 1/2	0,075	21,5		666,5	
2	0,100	25,2		781,2	
3	0,150	31,4		973,4	
4	0,200	38,1		1181,1	
6	0,300	47,1		1460,1	
8	0,400	54,3		1683,3	
10	0,500	58,8		1822,8	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	13,16	12,6
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	34,02	27,43
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	29,28	23,91
Berat Air (3) - (4) (gr)	4,74	3,52
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	16,12	11,31
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	29,40	31,12
Kadar air rata-rata =	30,26	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7760
Berat Cetakan (gr)	4560
Berat tanah basah (gr)	3200
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,367
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,049

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	26,04	26,25
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"



Diperiksa
 Kepala Laboratorium

A. Marzuko
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli+ rotec+ 7% semen pemeraman 7 Hari
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 20 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

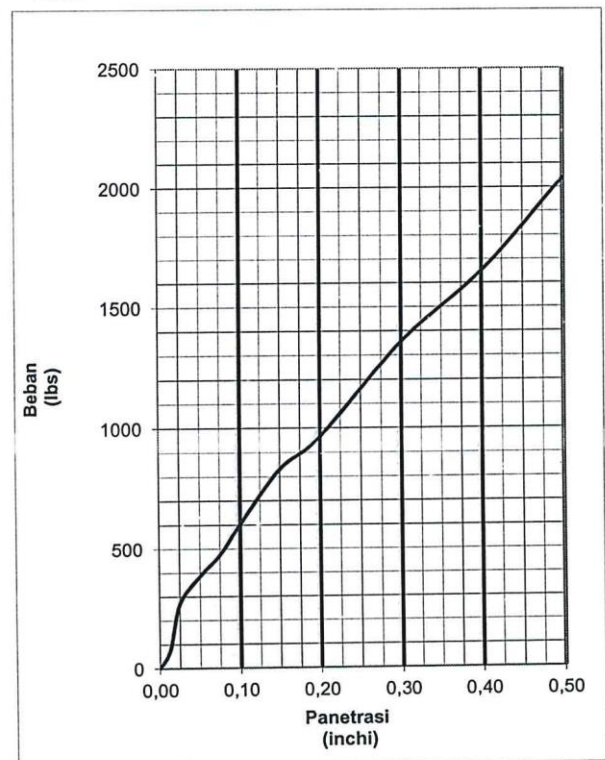
Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	20,05	21,42
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	2,4		74,4	
1/2	0,025	8,7		269,7	
1	0,050	12,4		384,4	
1 1/2	0,075	15,3		474,3	
2	0,100	19,4		601,4	
3	0,150	26,8		830,8	
4	0,200	31,1		964,1	
6	0,300	43,7		1354,7	
8	0,400	53,2		1649,2	
10	0,500	65,8		2039,8	
				0	

Atas



Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,74	12,83
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	33,44	30,27
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	31,75	28,92
Berat Air (3) - (4) (gr)	1,69	1,35
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	19,01	16,09
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	8,89	8,39
Kadar air rata-rata =	8,64	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7001
Berat Cetakan (gr)	3400
Berat tanah basah (gr)	3601
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,538
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,416

Diperiksa
 Kapala Laboratorium

(Signature)
 Ir. A. Marzúko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli + Rotec + 7% Semen Pemeraman 7 Hari + Rendaman 4 hari
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 26 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

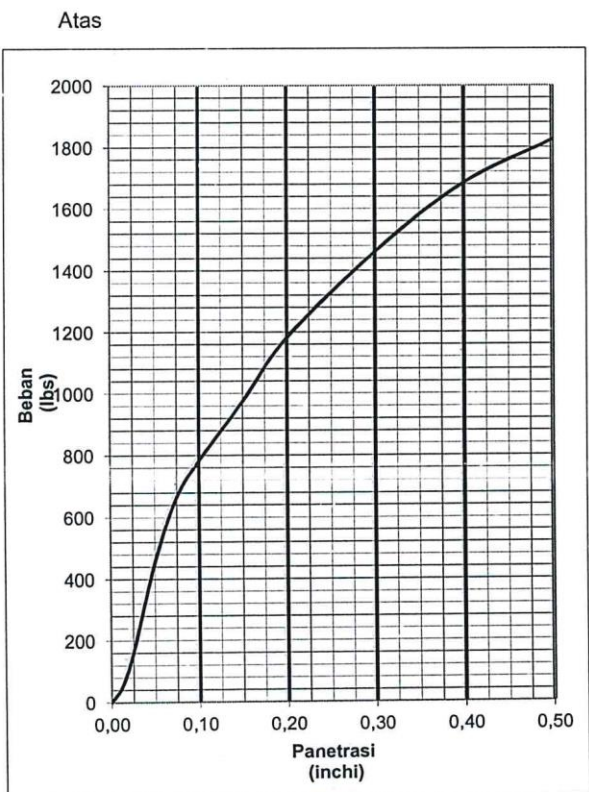
Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	1,7		52,7	
1/2	0,025	5,2		161,2	
1	0,050	14,7		455,7	
1 1/2	0,075	21,5		666,5	
2	0,100	25,2		781,2	
3	0,150	31,4		973,4	
4	0,200	38,1		1181,1	
6	0,300	47,1		1460,1	
8	0,400	54,3		1683,3	
10	0,500	58,8		1822,8	

Kadar air			
No Cawan		I	II
Berat Cawan (gr)		13,16	12,6
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)		34,02	27,43
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)		29,28	23,91
Berat Air (3) - (4) (gr)		4,74	3,52
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)		16,12	11,31
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %		29,40	31,12
Kadar air rata-rata =		30,26	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7760
Berat Cetakan (gr)	4560
Berat tanah basah (gr)	3200
Diameter tinggi	15,20
Volume	12,90
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	2340,81
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,367
	1,049

Nilai CBR			
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"	
	26,04	26,25	
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"	



Diperiksa
Kapala Laboratorium

A. Marzuko
Ir. A. Marzuko, MT.

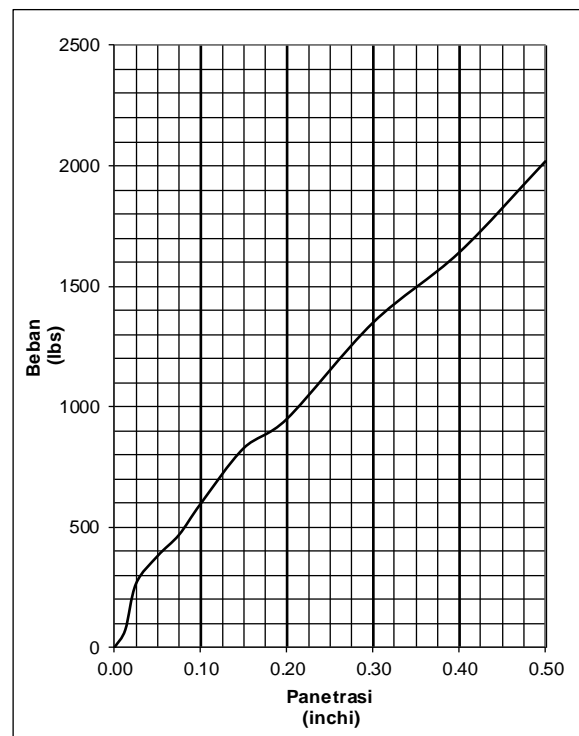
Rekapitulasi Pengujian CBR Unsoaked Rotec+7% Semen

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	
1/4	0.013	2.35		72.85	
1/2	0.025	8.55		265.05	
1	0.050	12.25		379.75	
11/2	0.075	15.1		468.1	
2	0.100	19.25		596.75	
3	0.150	26.7		827.7	
4	0.200	30.6		948.6	
6	0.300	43.5		1348.5	
8	0.400	52.9		1639.9	
10	0.500	65.1		2018.1	
Kadar air					
Kadar air rata-rata = 8.50					

Volume	2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1.564
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1.441

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	19.89	21.08
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Atas



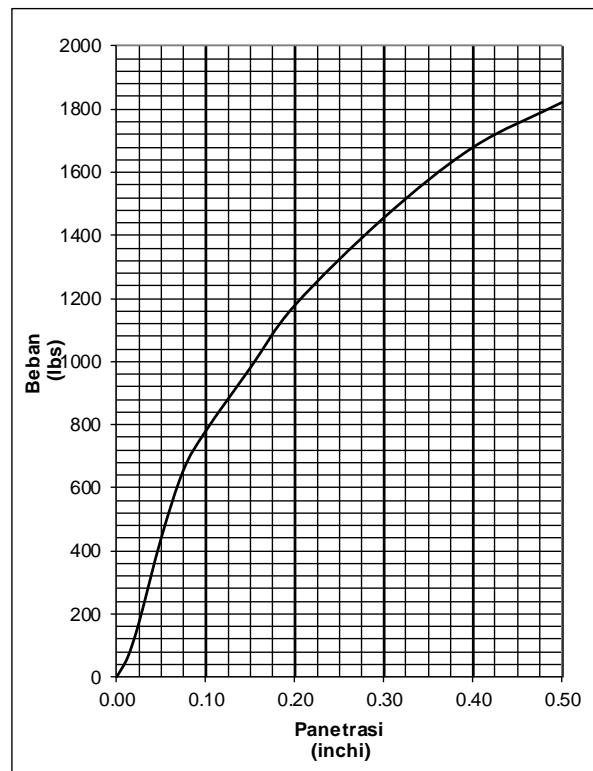
Rekapitulasi Pengujian CBR Soaked Rotec+7% Semen

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	
1/4	0.013	2.05		63.55	
1/2	0.025	5.55		172.05	
1	0.050	14.2		440.2	
1 1/2	0.075	21.15		655.65	
2	0.100	25.15		779.65	
3	0.150	31.6		979.6	
4	0.200	38		1178	
6	0.300	46.95		1455.45	
8	0.400	54.15		1678.65	
10	0.500	58.75		1821.25	
Kadar air					
Kadar air rata-rata = 30.26					

Volume	2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1.366
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1.048

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
Penetrasi	25.99	26.18
Bawah		

Atas





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli+ rotec+ 9% semen pemeraman 7 Hari
 No sampel : 1
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 20 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

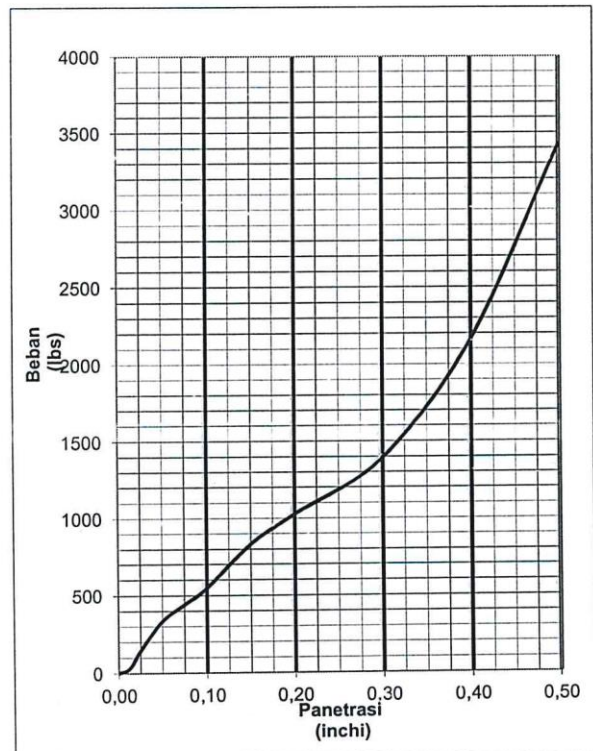
Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	1		31	
1/2	0,025	4,7		145,7	
1	0,050	10,8		334,8	
1 1/2	0,075	14,2		440,2	
2	0,100	17,6		545,6	
3	0,150	26,8		830,8	
4	0,200	33,1		1026,1	
6	0,300	44,9		1391,9	
8	0,400	69,8		2163,8	
10	0,500	110,4		3422,4	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	13,08	12,99
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	35,11	32,04
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	33,37	30,72
Berat Air (3) - (4) (gr)	1,74	1,32
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	20,29	17,73
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	8,58	7,45
Kadar air rata-rata =	8,01	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7320
Berat Cetakan (gr)	3400
Berat tanah basah (gr)	3920
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,675
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,550

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	18,19	22,80
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"

Atas



Diperiksa
 Kepala Laboratorium

A. Marzuko
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium
ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta.
 Kode : CBR Tanah asli + Rotec + 9% Semen Pemeraman 7 Hari + Rendaman 4 hari
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 26 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

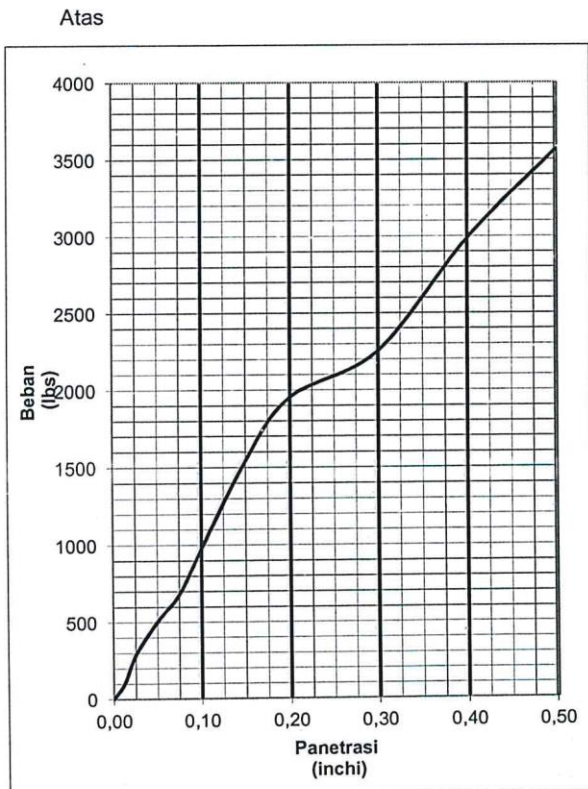
Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	3,4		105,4	
1/2	0,025	9,3		288,3	
1	0,050	16,3		505,3	
1 1/2	0,075	22		682	
2	0,100	31,4		973,4	
3	0,150	49,7		1540,7	
4	0,200	63		1953	
6	0,300	72,7		2253,7	
8	0,400	96,3		2985,3	
10	0,500	114,9		3561,9	

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,96	12,75
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	34,33	33,75
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	31,63	30,57
Berat Air (3) - (4) (gr)	2,70	3,18
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	18,67	17,82
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	14,46	17,85
Kadar air rata-rata =	16,15	

Berat tanah + Cetakan (gr)	8270
Berat Cetakan (gr)	4560
Berat tanah basah (gr)	3710
Diameter	15,20
tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,585
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,365

Nilai CBR		
Penetrasi Atas	0,1"	0,2"
	32,45	43,40
Penetrasi Bawah	0,1"	0,2"



Diperiksa
 Kapala Laboratorium

(Signature)
 Ir. A. Marzuko, MT.



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -99

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta
 Kode : CBR Tanah asli+ rotec+ 9% semen pemeraman 7 Hari
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 20 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

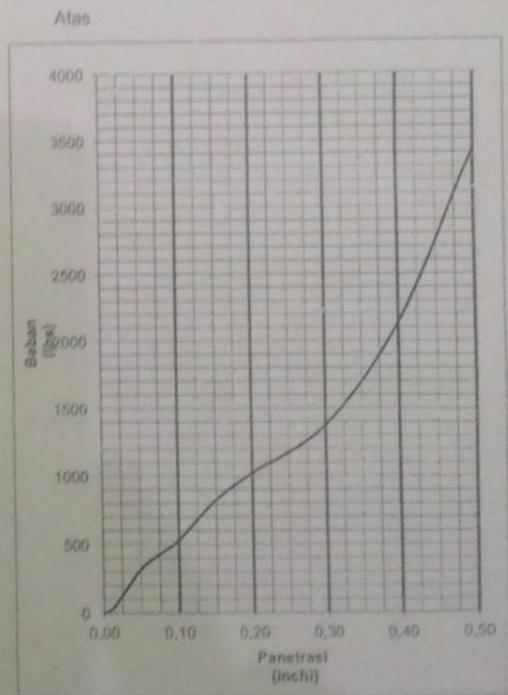
Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
		0	0,000	0	0
1/4	0,013	1,1	34,1		
1/2	0,025	4,1	127,1		
1	0,050	10,2	316,2		
1 1/2	0,075	13,8	427,8		
2	0,100	17	527		
3	0,150	26,6	824,6		
4	0,200	32,9	1019,9		
6	0,300	44,3	1373,3		
8	0,400	68,8	2132,8		
10	0,500	110,4	3422,4		

Kadar air		
No Cawan	I	II
Berat Cawan (gr)	12,83	12,74
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	36,21	31,17
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	34,87	29,46
Berat Air (3) - (4) (gr)	1,34	1,69
Berat Tanah Kering (4) - (2), (gr)	22,04	16,74
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	6,08	10,10
Kadar air rata-rata =	8,09	

Berat tanah + Cetakan (gr)	7326
Berat Cetakan (gr)	3409
Berat tanah basah (gr)	3925
Diameter	15,25
Tinggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm^3)	1,677
Brt volume tanah kering, γ_s (gr/cm^3)	1,552

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas	17,57	22,66
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		



Diperiksa
 Kepala Laboratorium

(Signature)
 Ir. A. Marzuko, MT.



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN, UII

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

Pengujian CBR Laboratorium

ASTM D - 1883 -93

Proyek : Tugas Akhir
 Asal tanah : Kulonprogo, Yogyakarta
 Kode : CBR Tanah asli + Rotec + 9% Semen Pemeraman 7 Hari + Rendaman 4 hari
 No sampel : 2
 Dikerjakan : Mahfud Arfah
 Tanggal : 26 Maret 2017

Jenis tanah : Lempung sedikit kelanauan warna hitam (kalau kering sangat keras) jika kena air sangat lunak, swelling tinggi

Pukulan = 56 X

Uji Pengembangan			
Tanggal			
Jam			
Pembacaan dial			
Pengembangan (%)			

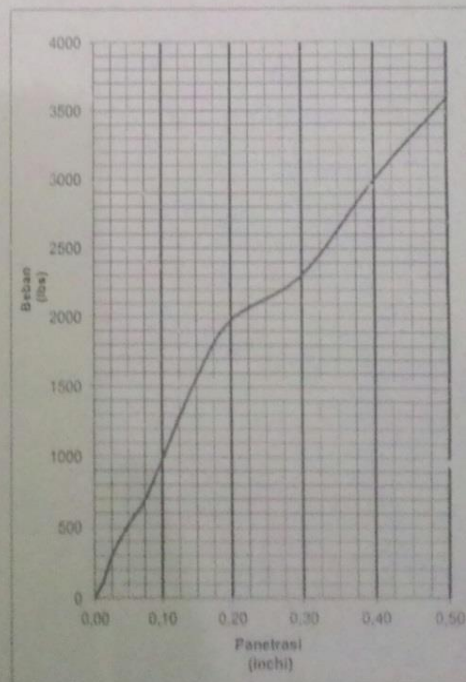
Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas	32,65	43,95
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Pembebanan					
Waktu (mm)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lb)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0,000	0		0	0
1/4	0,013	3,8		117,8	
1/2	0,025	9,5		294,5	
1	0,050	16,6		514,6	
1 1/2	0,075	22,4		694,4	
2	0,100	31,6		979,6	
3	0,150	50,3		1559,3	
4	0,200	63,8		1977,8	
6	0,300	74,4		2306,4	
8	0,400	96,6		2994,6	
10	0,500	115,7		3586,7	

Kadar air		
No Cawan	i	ii
Berat Cawan (gr)	13,16	12,6
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	32,57	33,41
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	29,31	30,17
Berat Air (3) - (4) (gr)	3,26	3,24
Berat Tanah Kering (4) - (2) (gr)	16,15	17,57
Kadar Air = (5)/(6) x 100 %	20,18	18,44
Kadar air rata-rata =	19,31	

Berat tanah + Cetakan (gr)	826,5
Berat Cetakan (gr)	496,0
Berat tanah basah (gr)	330,5
Diameter tinggi	15,25
linggi	12,90
Volume	2340,81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1,563
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1,327

Atas



Diperiksa
Kapala Laboratorium

ir. A. Marzuko, MT.

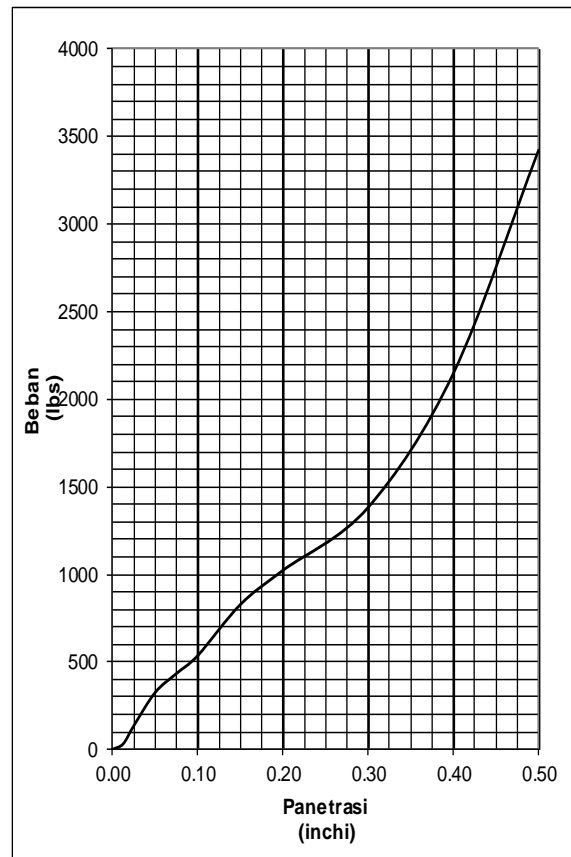
Rekapitulasi Pengujian CBR *Unsoaked* Rotec+9% Semen

Pembebanan					
Waktu (m)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	
1/4	0.013	1.05		32.55	
1/2	0.025	4.4		136.4	
1	0.050	10.5		325.5	
1 1/2	0.075	14		434	
2	0.100	17.3		536.3	
3	0.150	26.7		827.7	
4	0.200	33		1023	
6	0.300	44.6		1382.6	
8	0.400	69.3		2148.3	
10	0.500	110.4		3422.4	
Kadar air					
Kadar air rata-rata =				8.05	

Volume	2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1.676
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1.551

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	17.88	22.73
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

Atas



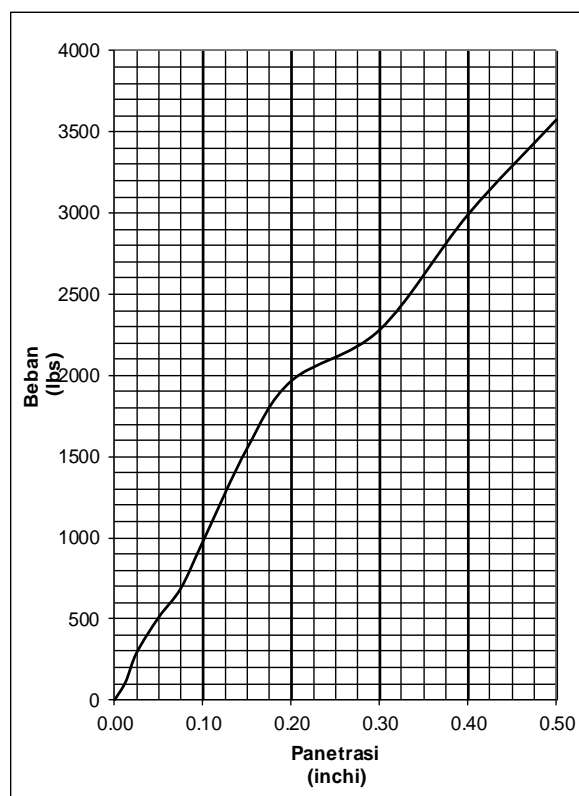
Rekapitulasi Pengujian CBR Soaked Rotec+9% Semen

Pembebanan					
Waktu (mn)	Penetrasi (inc)	Pembacaan dial beban (div)		Beban (lbs)	
		bawah	atas	bawah	atas
0	0.000	0		0	
1/4	0.013	3.6		111.6	
1/2	0.025	9.4		291.4	
1	0.050	16.45		509.95	
1 1/2	0.075	22.2		688.2	
2	0.100	31.5		976.5	
3	0.150	50		1550	
4	0.200	63.4		1965.4	
6	0.300	73.55		2280.05	
8	0.400	96.45		2989.95	
10	0.500	115.3		3574.3	
Kadar air					
Kadar air rata-rata =				17.73	

Volume	2340.81
Berat volume tanah, γ (gr/cm ³)	1.584
Brt volume tanah kering, γ_d (gr/cm ³)	1.346

Nilai CBR		
Penetrasi	0,1"	0,2"
Atas		
	32.55	43.68
Penetrasi	0,1"	0,2"
Bawah		

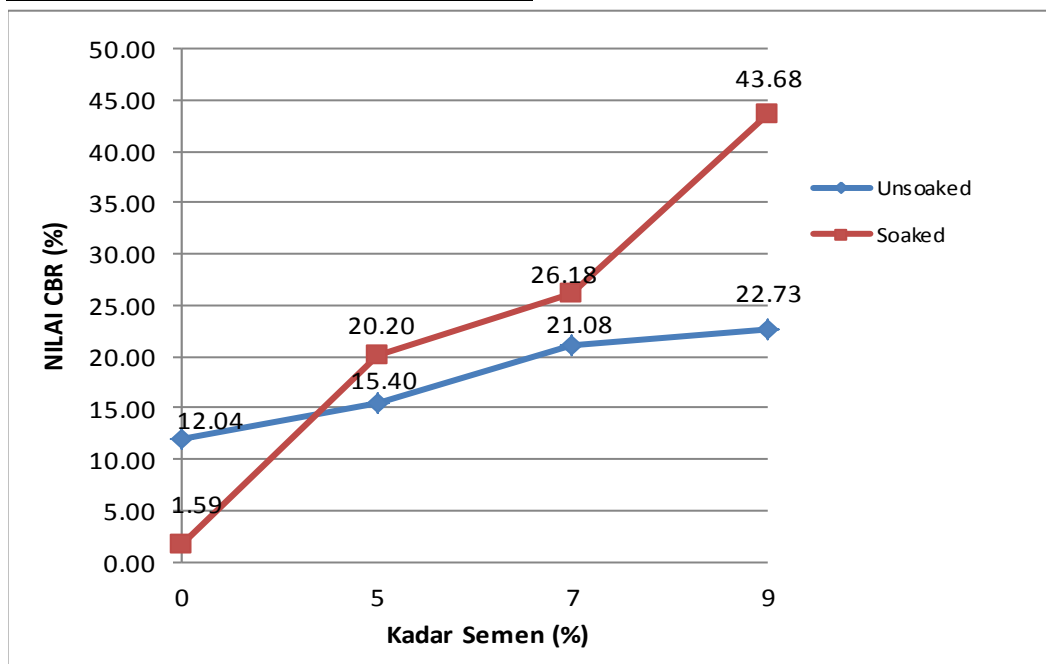
Atas



Perbandingan Nilai CBR

Komposisi	Kondisi	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
Tanah asli	12.04	1.59
Tanah asli+ rotec + 5% Semen	15.40	20.20
Tanah asli+ rotec + 7% Semen	21.08	26.18
Tanah asli+ rotec + 9% Semen	22.73	43.68

Kadar Semen (%)
0
5
7
9



Gambar L-1.13 Data Perbandingan Nilai CBR

Tabel L- 1.7 Harga Kedalaman Efektif (L) untuk Hukum Stoke
 ASTM D 422 Analisa saringan

Hydrometer 152H				Hydrometer 151H			
Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)
0	16.3	31	11.2	1.000	16.3	1.031	8.1
1	16.1	32	11.1	1.001	16	1.032	7.8
2	16	33	10.9	1.002	15.8	1.033	7.6
3	15.8	34	10.7	1.003	15.5	1.034	7.3
4	15.6	35	10.5	1.004	15.2	1.035	7
5	15.5	36	10.4	1.005	15	1.036	6.8
6	15.3	37	10.2	1.006	14.7	1.037	6.5
7	15.2	38	10.1	1.007	14.4	1.038	6.2
8	15	39	9.9	1.008	14.2		
9	14.8	40	9.7	1.009	13.9		
10	14.7	41	9.6	1.010	13.7		
11	14.5	42	9.4	1.011	13.4		
12	14.3	43	9.2	1.012	13.1		
13	14.2	44	9.1	1.013	12.9		
14	14	45	8.9	1.014	12.6		
15	13.8	46	8.8	1.015	12.3		
16	13.7	47	8.6	1.016	12.1		
17	13.5	48	8.4	1.017	11.8		
18	13.3	49	8.3	1.018	11.5		
19	13.2	50	8.1	1.019	11.3		
20	13	51	7.9	1.020	11		
21	12.9	52	7.8	1.021	10.7		
22	12.7	53	7.6	1.022	10.5		

Tabel L- 1.7 Tabel Harga kedalaman efektif (L) untuk hukum Stoke

ASTM D 422 Analisa saringan

Hydrometer 152H				Hydrometer 151H			
Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)	Original Hyd. Reading (Corrected for Meniscus Only)	Effective Depth, L (cm)
23	12.5	54	7.4	1.023	10.2		
24	12.4	55	7.3	1.024	10		
25	12.2	56	7.1	1.025	9.7		
26	12	57	7	1.026	9.4		
27	11.9	58	6.8	1.027	9.2		
28	11.7	59	6.6	1.028	8.9		
29	11.5	60	6.5	1.029	8.6		
30	11.4			1.030	8.4		

Tabel L- 1.8 Harga K untuk berbagai jenis berat isi dan temperat

ASTM D 422 Analisa saringan

Temperatur (°C)	Berat isi							
	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85
16	0.0151	0.0148	0.0146	0.0144	0.0141	0.0139	0.0137	0.0136
17	0.0149	0.0146	0.0144	0.0142	0.014	0.0138	0.0136	0.0134
18	0.0148	0.0144	0.0142	0.014	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132
19	0.0145	0.0143	0.014	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0131
20	0.0143	0.0141	0.0139	0.0137	0.0134	0.0133	0.0131	0.0129
21	0.0141	0.0139	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127
22	0.014	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0128	0.0126
23	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.013	0.0128	0.0126	0.0124
24	0.0137	0.0134	0.0132	0.013	0.0128	0.0126	0.0125	0.0123
25	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0122
26	0.0131	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0124	0.0122	0.012
27	0.0132	0.013	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.012	0.0119
28	0.013	0.0128	0.0126	0.0124	0.0123	0.0121	0.0119	0.0117
29	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0121	0.012	0.0118	0.0116
30	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.012	0.0118	0.0117	0.0115

K = harga konstant yang bergantung terhadap temperatur dan berat jenis dari partikel tanah. Harga K tidak berubah selama pembacaan, sementara harga L dan T bervariasi.

Tabel L- 1.9 Faktor koreksi (a)

Berat Jenis	Faktor koreksi
2.95	0.94
2.9	0.95
2.85	0.96
2.8	0.97
2.75	0.98
2.7	0.99
2.65	1
2.6	1.01
2.55	1.02
2.5	1.03
2.45	1.05

a = Faktor koreksi yang dipakai bila menggunakan hydrometer 152H. (angka yang diberikan merupakan angka hasil skala dengan menggunakan berat jenis)



Picnometer



Timbangan



Saringan



Kontainer



Mortar&pastel



Gelas silinder



Oven



Peralatan Pengujian Batas susut



Alat uji Proctor / CBR



Stopwatch



casagrande



Hidrometer

Gambar L- 1.14 Alat Pengujian