

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN PADA TANAH LEMPUNG LUNAK TERHADAP NILAI CBR



Oleh :

JUMEIDIR
45 95 041 103

SUPARYAT
45 95 041 104

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR
2002



UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp. (0411) 452901 - Telex 71303 Marannu UP
Makassar

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGESAHAN

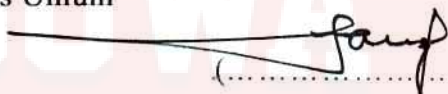
Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas "45" Makassar No. 277/01/U-45/V/02 tanggal 24 Mei 2002, perihal Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka:

Pada hari/tanggal : Selasa / 04 Juni 2002
Nama : JUMEIDIR / SUPARYAT
No. Stambuk : 4595041103 / 4595041104
Judul : **Pengaruh Variasi Kadar Semen Pada Tanah Lempung Lunak Terhadap Nilai CBR.**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Sarjana Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar setelah mempertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

Pengawas Umum

1. Dr. Andi Jaya Sose, SE, MBA.
(Rektor Universitas "45" Makassar)


(.....)

Tim Penguji Tugas Akhir


Ketua	: Dr. Ir. Lawalenna. S, M.Eng	(.....)
Sekretaris	: Eka Yuniarto, ST	(.....)
Anggota	: Ir. H. Abd. Madjid Akkas	(.....)
	Ir. Syahrul Sariman	(.....)
Ex. Officio	: Ir. Darwis Panguriseng, MSc	(.....)
	Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, MT	(.....)
	Ir. Abd. Rahim Nurdin	(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


(Ir. H. Syamsul Bachri, S, MT)
Nip. 131 927 840

Ketua Jurusan Sipil


(Ir. Abd. Rahim Nurdin)
Nip. 131 911 820



UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp. (0411) 452901 - Telex 71303 Marannu UP
Makassar

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGESAHAN **(UJIAN AKHIR)**

Bahan Ujian Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat, guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

Judul Tugas Akhir :

**Pengaruh Variasi Kadar Semen Pada Tanah
Lempung Lunak Terhadap Nilai CBR**

Disusun oleh :

JUMEIDIR
45 95 041 103

SUPARYAT
45 95 041 104

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh Dosen Pembimbing :

Makassar,

2002

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Jr. Darwis Pangurianseng, MSc


Jr. Abd. Rahman Djamaluddin, MT

Pembimbing III,


Jr. Abd. Rahim Nurdin

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,


Jr. H. Syamsul Bachri, S, MT

Ketua Jurusan Sipil,


Jr. Abd. Rahim Nurdin



UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp. (0411) 452901 - Telex 71303 Marannu UP
Makassar

FAKULTAS TEKNIK

UJIAN AKHIR

Judul :

PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN PADA TANAH LEMPUNG LUNAK TERHADAP NILAI CBR

Diberikan kepada :

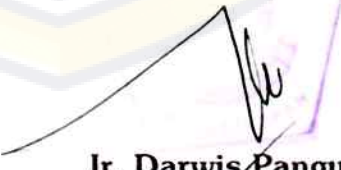
N a m a : JUMEIDIR / SUPARYAT
Stambuk : 4595041103 / 4595041104
Jurusan : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Darwis Panguriseng, MSc
2. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, MT
3. Ir. Abd. Rahim Nurdin

Makassar,

2002

A.n. Dosen Pembimbing


Ir. Darwis Panguriseng, MSc

- ≠ Ilmu adalah teman akrab di kala sendiri, ia adalah sahabat karib pada saat kesepian. Ia adalah petunjuk jalan pada saat makmur, dan pembela saat menderita. Ilmu adalah perdana mentri ketika berada di tengah-tengah sahabat karib, dan orang terdekat bagi orang-orang asing. Ilmu adalah menara jalan ke surga.
- ≠ Bertanyalah seperti pertanyaan orang bodoh, dan hapalkanlah seperti hapalan orang cerdas. Manusia meminta-² adalah aib dan ketidaksempurnaan pada seseorang, serta kehinaan yang bertentangan dengan kejantanan kecuali dalam ilmu. Sesungguhnya meminta-² ilmu adalah inti kesempurnaan seseorang, kejantannya, dan kebesarannya.
- ≠ Impian ditambah dengan do'a dan disertai tindakan sama dengan sukses, setiap sukses membutuhkan satu langkah penyelesaian masalah

"PERSEMBAHAN"

Untuk Orang Tua Kami Tercinta
 Yang senantiasa Membimbing, Mengarahkan Dan Mendoakan Kami
 Untuk Dosen Kami Atas Bimbingannya Selama Ini
 Untuk Saudara-Saudari Kami Tercinta
 Yang senantiasa Menghibur Dikala Penat & Tenah
 Untuk Kawan-Kawan Terbaik Kami Yang Tercinta
 Yang senantiasa Memberikan Saran & Pemanjat, Dan
 Untuk Pemuda Yang Tidak Sempat Kami Sebutkan
 Mereka Telah Berbagi Rasa Dengan Kami
 Dalam Suja Dan Duka
 Dan Berdiri Dibelakang Kami
 Dalam Seluruh Ujian Zaman
 Dan Dalam Penyelesaian Studi Kami
 Dengan Sikap Yang Mulia
 Jika Senyata Mereka Tidak Menolong Kami
 Kapan... Dan ... Kapan... Lagi Kami Tiba Di Pintu Cita-Cita ?
 Kami Persembahkan Karya Ini
 Untuk Almamater, Bangsa Dan Negara Kami

Akhirnya
 Kami Ucapkan Rasa Hormat
 Atas Kepribadian Mereka
 Cinta Perilaku Mereka
 Penghargaan Atas Sikap Mereka
 Menetapi Keikhlasan Mereka, dan
 Kami Bangga Dengan Mereka

Wassalam,
JUMEIDIR & SUPARYAT
 CIVIL ENGINEERING '95

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala, yang telah memberi kami rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan tugas akhir ini dapat kami selesaikan.

Tugas akhir ini kami susun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar. Adapun judul tugas akhir ini adalah : Pengaruh Variasi Kadar Semen Pada Tanah Lempung Lunak Terhadap Nilai CBR.

Terwujudnya tugas akhir ini tak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu kami menghaturkan terima kasih setinggi-tingginya kepada orang tua kami tercinta, yang tak henti-hentinya memberikan kami doa, bimbingan dan bantuan, baik moril maupun materil yang tak ternilai harganya selama ini.

Pada kesempatan ini pula dengan tulus dan ikhlas, kami ucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Darwis Panguriseng, MSc; Bapak Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, MT; Bapak Ir. Abd. Rahim Nurdin sebagai dosen pembimbing dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ketua, Sekretaris, Staf pengajar, Asisten dan Staf Administrasi Jurusan Teknik Sipil Universitas "45" Makassar.

3. Bapak Dekan, Pembantu Dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
4. Bapak Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Jeneberang beserta staffnya.
5. Rekan-rekan Mahasiswa Sipil pada umumnya terkhusus kepada angkatan '95 Abd.Azis, Mukhlisun, Adi, Isna), Saharuddin (Civil '98) serta alumni yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini dapat merupakan sumbangan, betapapun kecilnya kepada pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya ilmu Teknik Sipil

Makassar,

2002

BOSOWA

Jumeidir / Suparyat

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL, GAMBAR, GRAFIK.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	I - 1
1.2. Maksud Dan Tujuan Penulisan	I - 3
1.3. Pokok Bahasan Dan Batasan Masalah.....	I - 4
1.4. Metode Penelitian.....	I - 4
1.5. Sistematika Penulisan.....	I - 5
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Definisi Tanah	II - 1
2.1.1. Struktur Tanah	II - 1
2.1.2. Minerologi Lempung	II - 4
2.1.3. Klasifikasi Tanah	II - 10
2.2. Definisi Semen	II - 16
2.2.1. Jenis – jenis Semen	II - 16
2.2.2. Sifat – sifat Fisis Semen	II - 20
2.2.3. Sifat – sifat Kimiawi Semen	II - 22
2.2.4. Reaksi Pengikatan Semen Dengan Air	II - 24

2.3. Definisi CBR	II - 26
2.3.1. Jenis Pengujian CBR	II - 26
2.3.2. Penentuan Nilai CBR.....	II - 28

BAB III. PELAKSANAAN PENGUJIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian	III - 1
3.2. Pengadaan Bahan Penelitian	III - 2
3.2.1. Pengadaan Sampel Tanah.....	III - 2
3.2.2. Penyediaan Bahan Stabilisasi.....	III - 3
3.3. Pengujian Karakteristik Dasar Tanah Lempung.....	III - 3
3.3.1. Pengujian Kadar Air.....	III - 3
3.3.2. Pengujian Berat Jenis	III - 5
3.3.3. Pengujian Batas-Batas Atterberg.....	III - 7
3.3.4. Pengujian Gradasi.....	III - 9
3.3.5. Pengujian Pemadatan.....	III - 11
3.3.6. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) ...	III - 13
3.4. Pengujian Tanah Stabilisasi	III - 16
3.4.1. Pembuatan Sampel	III - 16
3.4.2. Pengujian Pemadatan	III - 18
3.4.3. Pengujian California Bearing Ratio	III - 18

BAB IV. ANALISIS HASIL PENELITIAN

4.1. Analisis Karakteristik Dasar Tanah Lempung.....	IV - 1
4.1.1. Analisis Kadar Air Tanah	IV - 1

4.1.2. Analisis Berat Jenis Tanah.....	IV - 1
4.1.3. Analisis Batas – Batas Atterberg Tanah.....	IV - 2
4.1.4. Analisis Gradasi Tanah.....	IV - 4
4.1.5. Analisis Hasil Pemadatan Tanah	IV - 5
4.2. Analisis Karakteristik Tanah Hasil Stabilisasi.....	IV - 7
4.2.1. Analisis Kadar Air (W_c) Tanah	IV - 7
4.2.2. Analisis Kepadatan Kering (γ_d) Tanah	IV - 8
4.2.3. Analisis Daya Dukung Tanah	IV - 9

BAB V. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

5.1. Pengaruh Kadar Air (W_c) Terhadap Nilai CBR	
Setelah Stabilisasi	V - 1
5.2. Pengaruh Kepadatan Kering (γ_d) Terhadap	
Nilai CBR Setelah Stabilisasi	V - 2
5.3. Pengaruh Waktu Curing Terhadap Nilai CBR	
Setelah Stabilisasi.....	V - 3
5.4. Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR	
Setelah Stabilisasi.....	V - 5

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	VI - 1
6.2. Saran-Saran	VI - 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN – LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

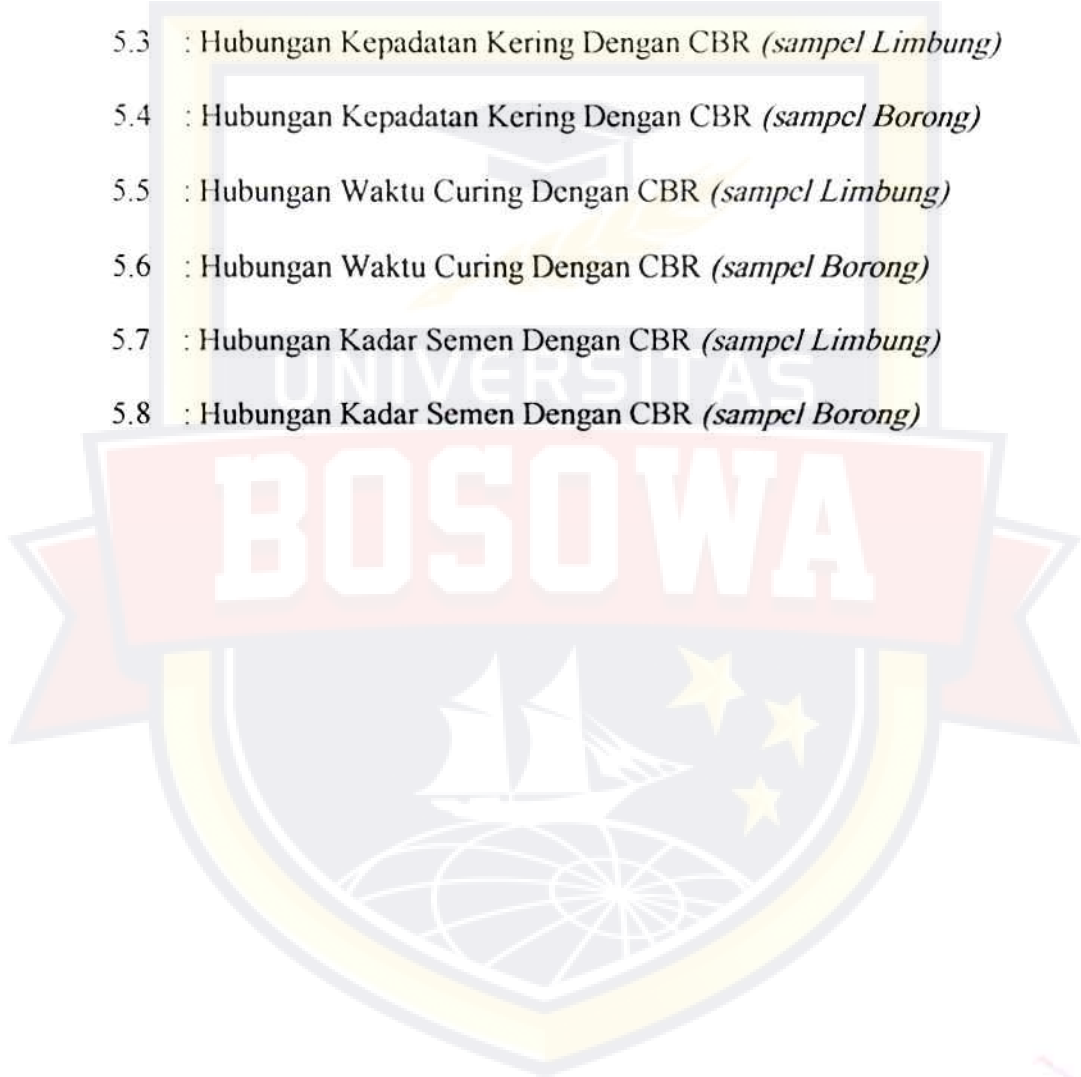
- Gambar 2.1 : Struktur Butir Tunggal
- 2.2 : Model Dari Susunan Butiran Yang Bulat dan Berukuran Sama
- 2.3 : Struktur Sarang Lebah
- 2.4 : Ilustrasi Bentuk Permukaan Lempung
- 2.5 : Susunan Dasar Struktur Tanah Lempung
- 2.6 : Susunan Partikel Mineral Lempung Kaolonite
- 2.7 : Susunan Partikel Mineral Lempung Illite
- 2.8 : Susunan Partikel Mineral Lempung Montmorollonite
- 2.9 : Klasifikasi Berdasarkan Tekstur Oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)
- 2.10 : Alat CBR Yang Digunakan Di Laboratorium
- 2.11 : Titik Pengamatan Pada Beberapa Lapisan Tanah
- 3.1 : Skema Penelitian

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 : Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO
- 2.2 : Klasifikasi Simbol Prefiks Dan Sufiks
- 2.3 : Sistem Klasifikasi UNIFIED
- 2.4 : Type Semen Menurut ASTM
- 2.5 : Beban Standar Yang Dipakai Untuk Percobaan CBR
- 2.6 : Nilai – Nilai R Untuk CBR Segmen
- 4.1 : Nilai Berat Jenis Tanah
- 4.2 : Nilai Kadar Air Dan Jumlah Ketukan
- 4.3 : Nilai Ukuran Butir Tanah
- 4.4 : Nilai Kadar air Dan berat Volume Kering
- 4.5 : Hasil Pengujian Kadar Air Hasil Stabilisasi
- 4.6 : Nilai Kepadatan Kering Hasil Stabilisasi
- 4.7 : Nilai CBR Hasil Stabilisasi

DAFTAR GRAFIK

- Grafik 2.1 : Perkiraan CBR Berdasarkan Klasifikasi Tanah
- 5.1 : Hubungan Antara Kadar Air (W_c) Dengan CBR (*sampel Limbung*)
- 5.2 : Hubungan Antara Kadar Air (W_c) Dengan CBR (*sampel Borong*)
- 5.3 : Hubungan Kepadatan Kering Dengan CBR (*sampel Limbung*)
- 5.4 : Hubungan Kepadatan Kering Dengan CBR (*sampel Borong*)
- 5.5 : Hubungan Waktu Curing Dengan CBR (*sampel Limbung*)
- 5.6 : Hubungan Waktu Curing Dengan CBR (*sampel Borong*)
- 5.7 : Hubungan Kadar Semen Dengan CBR (*sampel Limbung*)
- 5.8 : Hubungan Kadar Semen Dengan CBR (*sampel Borong*)



LAMPIRAN - LAMPIRAN

Lampiran A	: Tabel Kalibrasi Hidrometer Jar
Lampiran B	: Tabel Density dan Distilled Water
Lampiran C-1	: Water Content Test & Specific Gravity Test Sampel Limbung
Lampiran C-2	: Water Content Test & Specific Gravity Test Sampel Borong
Lampiran D-1	: Liquid Limit & Plastic Limit Test Sampel Limbung
Lampiran D-2	: Liquid Limit & Plastic Limit Test Sampel Borong
Lampiran E-1	: Grain Size Analisis (Finer Part) Sampel Limbung
Lampiran E-2	: Grain Size Analisis (Finer Part) Sampel Borong
Lampiran F-1	: Compaction Test Sampel Limbung (kondisi natural)
Lampiran F-2 s/d F-6	: Compaction Test Sampel Limbung (tanah stabilisasi)
Lampiran G-1	: Compaction Test Sampel Borong (kondisi natural)
Lampiran G-2 s/d G-6	: Compaction Test Sampel Borong (tanah stabilisasi)
Lampiran H	: Determining Density and CBR Value
Lampiran I	: Foto – foto penelitian

PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK
TERHADAP NILAI CBR

343

1

Pendahuluan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah.

Setiap kurun waktu mempunyai ciri-ciri khas tersendiri, baik dalam bidang sejarah, sosial, ekonomi, lebih-lebih di bidang komputer, bidang studi teknik sipil juga mengalami pertumbuhan yang cukup pesat. Sebagai contoh telah diciptakannya Pondasi Sistem Cakar Ayam oleh almarhum Prof. Dr. Ir. Sedyatmo, Pondasi Sarang Laba-laba oleh Ir. R. Soetjipto dan Ir. Riyantori.

Seiring dengan perkembangan tersebut di atas maka kita diperhadapkan pada berbagai tantangan. Salah satu tantangan yang menarik adalah kian berkurangnya tanah keras pada lapisan tanah dangkal yang memiliki daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk mendirikan suatu bangunan yang disebabkan adanya pengaruh perkembangan kebutuhan dan karakteristik bangunan atas (*superstructure*) sebagai konsekwensi dari perkembangan dan ragam bangunan fisik yang dibutuhkan oleh masyarakat. Tantangan tersebut menuntut adanya referensi yang mampu menjawab dan mengatasi permasalahan tersebut, sehingga berkembang sub bidang rekayasa dibidang *Geoteknik*.

Salah satu rekayasa di bidang Geoteknik adalah *Soil Stabilization* yang mempelajari tentang perbaikan daya dukung dan penurunan tanah, terutama tanah yang berbutir lepas (*loose*) atau tanah lunak.

Stabilisasi tanah dengan semen merupakan bagian dari stabilisasi tanah secara kimiawi, dimana metode ini bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi kandungan air, dan menambah kerapatan/daya ikat tanah (khususnya tanah non kohesif), reaksi antara semen dan tanah dapat merubah sifat-sifat tanah yang tidak dikehendaki dalam satu design konstruksi, sifat tersebut menyangkut kandungan air yang berlebihan, daya dukung yang kurang baik, dan kurangnya daya kohesif dari tanah.

Stabilisasi tanah dengan semen (portland semen) adalah campuran tanah dan semen dengan kadar air tertentu yang saling mengikat, kemudian dipadatkan sehingga diperoleh suatu massa tanah yang kokoh. Dengan demikian penggunaan metode ini dapat meningkatkan kekuatan tanah sehingga tanah akan dapat memikul beban yang dilimpahkan secara terus menerus sekalipun dalam kondisi basah atau kering tanpa mengalami perubahan yang berarti. Namun peningkatan tersebut sangat bervariasi, sehingga beberapa institusi (BS, AASHO, LCPC, dll), memberikan rekomendasi tentang jenis tanah yang baik untuk distabilisasi dengan semen, yang pada umumnya didasarkan pada signifikansi antara peningkatan *strength* dengan nilai ekonomis dari tindakan stabilisasi yang diterapkan.

Dari beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan, ditemukan bahwa penerapan stabilisasi semen terhadap tanah lempung sangat rumit pelaksanaan pencampurannya, dan dibutuhkan bahan semen yang cukup banyak untuk mencapai perbaikan propertis tanah. Namun hal tersebut tidak berarti bahwa

tanah lempung sama sekali tidak dapat distabilisasi dengan semen. Apabila alternatif tersebut menjadi murah diterapkan pada suatu lokasi tertentu, atau hanya merupakan satu-satunya alternatif maka stabilisasi lempung dengan bahan semen dapat saja dilakukan, karena hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis tanah lempung juga akan mengalami perubahan sifat-sifat teknis apabila distabilisasi dengan semen, sekalipun tidak sama efektifnya bila diterapkan pada jenis tanah granuler.

Mengacu pada hal tersebut diatas, maka kami mencoba memberikan salah satu alternatif untuk memperbaiki daya dukung tanah jelek. Dari sekian banyak metode stabilisasi, kami memfokuskan pada stabilisasi tanah lempung lunak dengan bahan stabilisasi adalah semen, seperti judul yang kami bahas yaitu :

“Pengaruh Variasi Kadar Semen Pada Tanah Lempung Lunak Terhadap Nilai CBR”.

1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan.

Maksud dari penulisan ini adalah untuk mengadakan penelitian pengaruh variasi kadar semen pada tanah lempung lunak terhadap nilai CBR.

Tujuan dari penulisan ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh variasi penambahan kadar semen pada tanah lempung lunak terhadap nilai CBR.
- b. Menentukan besarnya peningkatan daya dukung tanah akibat stabilisasi terhadap lempung Borong dan lempung Limbung.

- c. Mengetahui seberapa besar penambahan kadar semen terhadap tanah lempung Borong dan Limbung agar diperoleh nilai CBR yang optimum.
- d. Mengetahui nilai ekonomis tanah lempung Borong dan lempung Limbung apabila distabilisasi dengan semen.

1.3. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

Penekanan pada tulisan ini adalah studi pengaruh variasi kadar semen sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung lunak terhadap nilai CBR.

Melihat judul yang ada terkesan sangat luas, maka kami perlu membatasi permasalahan sebagai berikut :

- a. Semen yang digunakan adalah semen portland produksi PT. Semen Tonasa type I.
- b. Tanah yang dijadikan objek penelitian adalah tanah lempung yang berlokasi di :
 - 1. Daerah Limbung Kabupaten Gowa, dengan lempung organik.
 - 2. Daerah Borong Kota Makassar, dengan lempung anorganik.
- c. Menganalisa peningkatan nilai CBR sebelum dan sesudah distabilisasi dengan semen.
- d. Penelitian ini hanya untuk lapisan tanah yang dangkal.

1.4. Metode Penelitian

Dalam penulisan ini tidak menggunakan data sekunder atau data-data pendukung yang diperoleh dari instansi terkait, akan tetapi mangacu pada data primer atau data yang diperoleh dari pengujian langsung oleh penulis. Metode

penelitian yang digunakan adalah penelitian laboratorium untuk mendapatkan parameter-parameter tanah yang diinginkan.

Adapun prosedur penelitian pada kondisi natural diadakan pengesanan *Kadar Air, Standart Proctor, Batas Cair dan Batas Plastis, Berat Jenis, Gradasi, dan California Bearing Ratio*, sedangkan setelah pencampuran dengan kadar semen bervariasi hanya dilakukan pemadatan dengan *Standart Proctor dan California Bearing Ratio*.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan ini terdiri dari 6 (enam) Bab, adapun perinciannya adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan : merupakan gambaran tentang pola umum yang disajikan secara singkat mengenai penulisan dan merupakan pengantar untuk memasuki pembahasan yang sebenarnya. Bab ini berisikan : Latar Belakang Masalah, Maksud dan Tujuan Penulisan, Pokok Bahasan dan Batasan Masalah, Metode Penelitian, Sistematika Penulisan.

Bab II Kajian Pustaka : menyajikan teori dasar dari tanah sebagai objek penelitian, semen sebagai bahan stabilisasi, dan teori tentang CBR.

Bab III Pelaksanaan Pengujian : menyajikan pengujian untuk mengklasifikasikan tanah, juga pengujian CBR baik kondisi natural/lapangan maupun setelah pencampuran dengan semen.

Bab IV Analisis Hasil Penelitian : berisikan analisis karakteristik fisik (*Index Properties*) dan karakteristik mekanik (*Mechanic Properties*) antara lain *Kadar Air (Wc)*, *Berat Jenis (Gs)*, *Batas-Batas Atterberg*, *Gradasi*, *Pemadatan Tanah*, *Kepadatan Kering (γ_d)*, dan *Daya Dukung Tanah*.

Bab V Pembahasan Hasil Penelitian : membahas tentang faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai CBR antara lain pengaruh *Kadar air (Wc)*, *Kepadatan Kering (γ_d)*, dan *Kadar Semen*.

Bab VI Kesimpulan Dan Saran-Saran : menyajikan saran-saran dan kesimpulan yang dikemukakan oleh penulis berdasarkan analisa yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya.

PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK
TERHADAP NILAI CBR

23 24 23

11

Kajian Pustaka

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Definisi Tanah

Dalam pengertian Teknik Sipil tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. (Braja M. Das, 1998)

2.1.1. Struktur Tanah

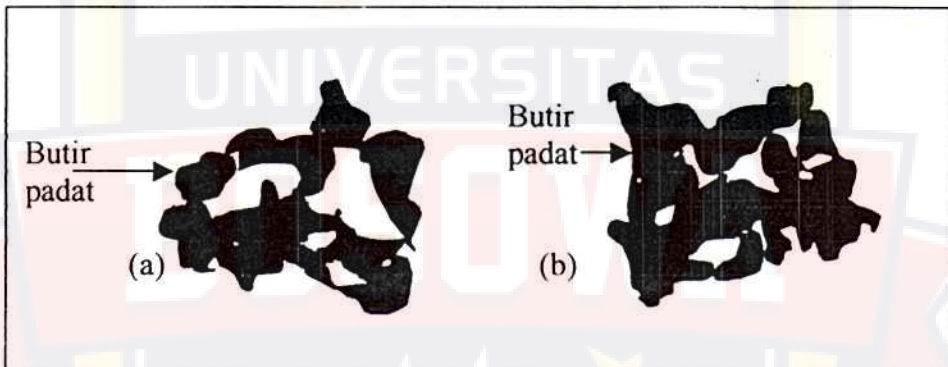
Struktur tanah adalah susunan geometrik dan kerangka dari partikel, atau butiran mineral dan gaya antar partikel yang mungkin bekerja padanya. Struktur tanah antara lain meliputi *gradasi, susunan partikel, angka pori, bahan perikat, daya gaya elcktris yang berhubungan dengan itu.* (Joseph E. Bowles, 1996)

Faktor-faktor yang mempengaruhi struktur tanah adalah beban, bentuk, ukuran, temperatur, dan komposisi dari air tanah. Secara umum, tanah dapat dimasukkan dalam dua kelompok, yaitu tanah tak berkohesi (*cohesionless soil*) dan tanah berkohesi (*cohesive soil*). (Braja M. Das, 1998)

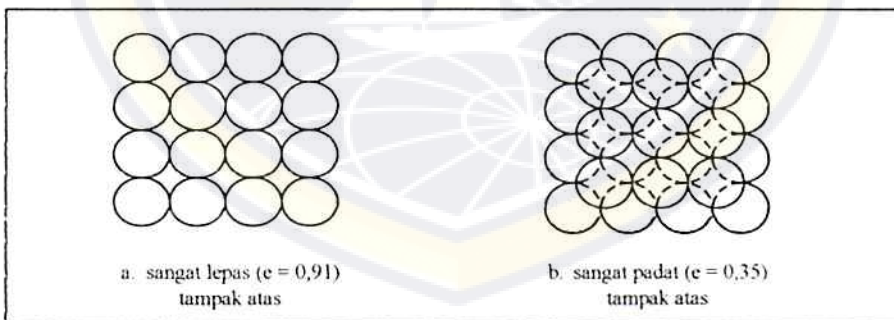
a. Struktur Tanah Tak Berkohesi

Struktur tanah tak berkohesi pada umumnya dapat dibagi dalam dua kategori pokok : struktur *butir-tunggal (single-grained)* dan struktur *sarang-lebah (honeycombed)*. Pada struktur butir tunggal, butiran tanah berada dalam posisi

stabil dan tiap-tiap butir bersentuhan satu terhadap yang lain. Bentuk dan pembagian ukuran butiran tanah serta kedudukannya mempengaruhi sifat kepadatan tanah (gambar 2.1). Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang variasi angka pori yang disebabkan oleh kedudukan butiran, perhatikan suatu susunan yang terdiri dari butiran yang bulat dan berukuran sama (gambar 2.2). Untuk suatu susunan dalam keadaan yang sangat lepas, angka pori adalah 0,91. Tetapi, angka pori berkurang menjadi 0,35 bilamana butiran bulat dengan ukuran sama tersebut diatur sedemikian rupa hingga susunan menjadi sangat padat.



Gambar 2.1. Struktur butir-tunggal : (a) lepas, (b) padat.
(Mekanika Tanah, Braja M.Das, 1998)



Gambar 2.2. Model dari susunan butiran yang bulat dan berukuran sama.
(Mekanika Tanah, Braja M.Das, 1998)

Pada struktur sarang lebah (gambar 2.3), pasir-halus dan lanau membentuk lengkungan-lengkungan kecil hingga merupakan rantai butiran. Tanah yang mempunyai struktur sarang lebah mempunyai angka pori besar dan biasanya dapat memikul beban statis yang tak begitu besar. Tetapi, apabila struktur tersebut dikenai beban berat atau apabila dikenai beban getar, struktur tanah akan rusak dan menyebabkan penurunan yang besar. (Braja M. Das, 1998)



Gambar 2.3. Struktur Sarang Lebah
(Mekanika Tanah, Braja M. Das, 1998)

b. Struktur Tanah Berkohesi

Suatu tanah kohesif dapat didefinisikan sebagai kumpulan partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas Atterberg yang pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sedemikian rupa sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan setiap butiran mikroskopiknya. Campuran yang diperlukan untuk membentuk suatu deposit tanah untuk menjadi bersifat kohesif adalah *mineral lempung*, kadang-kadang disebut bahan *argillaceous*. Besarnya kohesi tergantung pada ukuran relatif dan jumlah berbagai butiran tanah dan bahan argillaceous yang ada. Pada umumnya apabila lebih dari 50 persen dari deposit mengandung partikel-partikel berukuran 0,002 mm dan lebih kecil, deposit

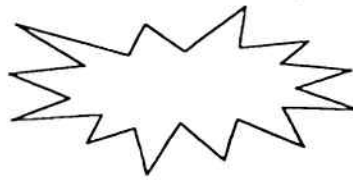
tersebut disebut “lempung”. Dengan persentase relatif ini, partikel-partikel tanah yang lebih besar akan terlarut dalam matriks tanah berbutir-halus. Apabila 80 sampai 90 persen dari bahan deposit tersebut lebih kecil dari saringan No.200 (0,075 mm), cukup 5 sampai 10 persen lempung yang ada telah menyebabkan tanah tersebut kohesif. (Joseph E. Bowles, 1996)

2.1.2. Minerologi Lempung

Yang dimaksud dengan tanah lempung (*clay*) adalah jenis tanah yang partikelnya berdiameter lebih kecil dari 2 mikron ($1\text{mikron} = 10^{-3}\text{ mm}$), tanpa membedakan susunan yang terdapat dalam tanah tersebut. (Darwis Panguriseng, 1998).

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu (1) *silika tetrahedra* dan (2) *aluminium oktahedra*. (Braja M. Das 1998)

Perilaku pada tanah lempung sangat dipengaruhi oleh “aktifitas permukaan” partikelnya. Sifat-sifat tanah (*soil properties*) seperti kohesi dan plastisitas, adalah merupakan hasil dari aktifitas permukaan partikel. Partikel tanah lempung mempunyai permukaan khas (*specific surface*) yang sangat besar, yang disebabkan oleh karena bentuk dan lipatan permukaan partikel lempung yang sangat bervariasi. (Darwis Panguriseng, 1998)



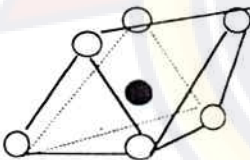
Gambar 2.4. Ilustrasi Bentuk Permukaan Lempung (terlipat)

Jika dilihat dari susunan mineral di dalam massa tanah lempung, maka secara garis besarnya jenis tanah lempung yang ada dipermukaan bumi dapat diklasifikasikan atas tiga kelompok besar, yakni :

- Kaolinite
- Illite
- Montmorillonite

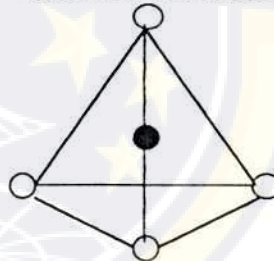
Susunan dasar dari struktur mineral tanah lempung yang dikenal ada dua macam, yakni :

- Susunan Octahedral



Ket : ○ = Oksigen

- Susunan Tetrahedral

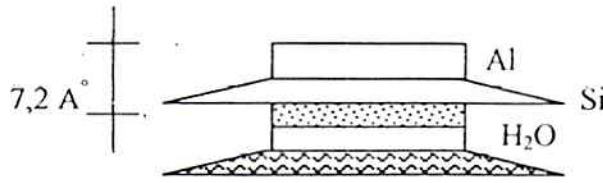


● = Mineral Logam (Al, Mg, Si dll)

Gambar 2.5. Susunan Dasar Struktur Tanah Lempung

1. Lempung Kaolinite

Secara struktural mineral lempung kaolinite terbentuk dari susunan tetrahedral-oktahedral-H₂O. Yang mana ukuran susunan partikel dari ketiga unsur tersebut berukuran sekitar 7,2 Å (1 Å = 10⁻¹⁰ m).



Gambar 2.6. Susunan Partikel Mineral Lempung Kaolonite

Dalam arah horisontal, ikatan antara unit tetrahedral dan oktahedral menerus, sehingga memungkinkan ikatan antara satu sama lain lebih kuat. Sedangkan arah vertikal, yang merupakan ikatan antara tetrahedral dan oktahedral kurang kuat. Dalam hal ini kuatnya ikatan tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis ion terlarut yang mengikat antara unit tetrahedral dengan unit oktahedral. Ikatan yang paling lemah dalam susunan kaolite adalah ikatan yang berhubungan dengan H₂O.

Komposisi kimia pada senyawa mineral lempung jenis kaolinite, secara umum dirumuskan sebagai berikut :

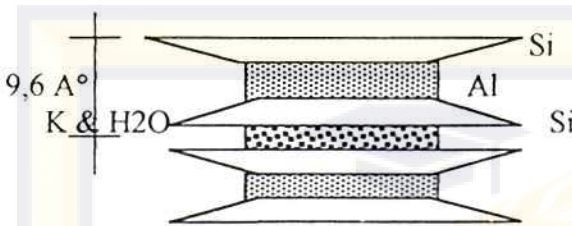


Dengan memperhatikan komposisi kimia pada lempung kaolonite, terlihat bahwa tingkat substitusi ion dalam strukturnya sangat sedikit. Hal ini menyebabkan ikatan mineral pada lempung kaolinite relatif stabil. (Darwis Panguriseng, 1998)

Mineral kaolinite berujud seperti lempengan-lempengan tipis, masing-masing dengan diameter kira-kira 1000 Å° sampai 20.000 Å° dan ketebalan dari 100 Å° sampai 1000 Å°. Luas permukaan partikel kaolinite perunit massa adalah kira-kira 15 m²/gram. Luas permukaan perunit massa ini didefinisikan sebagai *luasan spesifik* (specific surface). (Braja M. Das, 1998)

2. Lempung Illite

Dari aspek struktural mineral lempung illite terbentuk dari susunan oktehdral-tetrahedral-oktehdral-H₂O. Yang mana susunan partikel ketiga unsur tersebut berukuran sekitar 9,6 Å.



Gambar 2.7. Susunan Partikel Mineral Lempung Illite

Sama halnya dengan susunan partikel kaolinite, pada struktur partikel illite ini juga terjadi ikatan arah horisontal sesama unit oktahedral, tetrahedral, dan oktahedral berbentuk menerus, sehingga memungkinkan ikatan antara satu sama lain lebih kuat. Sedangkan ikatan arah vertikal, yang merupakan ikatan antara oktahedral-tetrahedral-oktahedral kurang kuat. Dalam hal ini kekuatan ikatan tersebut dipengaruhi oleh jenis ion terlarut yang mengikat antara unit tetrahedral dengan unit oktahedral.

Ion Kalium (K⁺) yang mengikat antara unit-unit pada arah vertikal bersifat permanen (*unchangcable*). Secara teoritis ion kalsium semestinya dapat digantikan oleh ion-ion yang bervalensi lebih tinggi misalnya ion Kalsium (Ca²⁺), akan tetapi kenyataannya ion K⁺ dalam mineral illite tidak dapat digantikan oleh ion Ca²⁺. Hal ini disebabkan karena ukuran ion kalium tersebut sangat sesuai dengan jarak yang ada diantara unit-unit struktur mineral tersebut, sehingga ion K⁺ seakan-akan terkancing diantara unit-unit partikel tersebut.

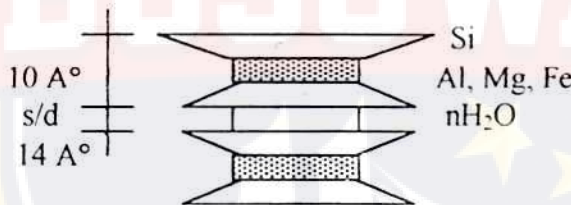
Komposisi kimia pada senyawa mineral lempung jenis illite, secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut : (Darwis Panguriseng, 1998)



Partikel-partikel illite umumnya mempunyai dimensi mendatar berkisar antara 1000 Å sampai 5000 Å (juga umumnya berbentuk lempengan-lempengan tipis) dan ketebalan dari 50 Å sampai 500 Å. Luasan spesifik dari partikel adalah sekitar 80 m²/gram. (Braja M. Das, 1998)

3. Lempung Montmorillonite

Sama halnya pada susunan partikel lempung illite, partikel lempung montmorillonite terbentuk dari susunan oktahedral-tetrahedral-oktahedral-H₂O. Yang mana susunan partikel dari ketiga unsur tersebut berukuran sekitar 9,6 Å.



Gambar 2.8. Susunan Partikel Mineral Lempung Montmorillonite

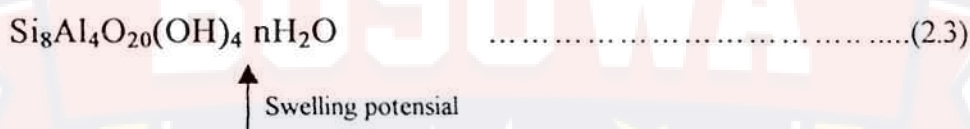
Ikatan arah horisontal pada lempung montmorillonite antara sesama unit oktahedral, tetrahedral, dan oktahedral berbentuk menerus, sehingga memungkinkan ikatan antara satu sama lain lebih kuat. Sedangkan ikatan arah vertikal, yang merupakan ikatan antara oktahedral-tetrahedral-oktahedral kurang kuat. Dalam hal ini kekuatan ikatan tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis ion terlarut yang mengikat antara unit tetrahedral dengan unit oktahedral.

Ikatan antara unit partikel pada lempung montmorillonite merupakan ikatan Van der Waals, yang terbentuk antara atom-atom hidrogen, sehingga ikatan yang

dimiliki sangat lemah. Dengan lemahnya ikatan diantara unit partikel tersebut, menyebabkan mudahnya air masuk ke dalam kerangka susunan partikel. Dengan masuknya air ke dalam celah (gap) yang ada diantara partikel lempung (air kristal) dapat membuat volume dua kali lipat lebih dari volume kering.

Karakteristik khusus dari lempung montmorillonite adalah sangat mudah menyerap air, sekaligus sangat mudah mengeluarkan air apabila kondisinya kering. Sifat ini sangat merugikan bila massa tanah montmorillonite digunakan sebagai lapisan tanah dasar, karena perubahan volume (*volume change*) yang besar, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan.

Komposisi kimia pada senyawa mineral lempung jenis montmorillonite, secara umum dirumuskan sebagai berikut : (Darwis Panguriseng, 1998)



Partikel montmorillonite mempunyai dimensi mendatar dari 1000 Å sampai 5000 Å dan ketebalan 10 Å sampai 50 Å. luasan spesifiknya adalah sekitar 800 Å².

Disamping kaolinite, illite, dan montmorillonite, mineral-mineral tanah lempung yang lain yang umum dijumpai adalah shlorite, halloysite, dan attapulgite.

Umumnya partikel-partikel tanah lempung mempunyai muatan negatif pada permukaannya. Hal ini disebabkan karena adanya substitusi isomorf dan oleh karena pecahnya partikel pelat tersebut ditepi-tepinya. Muatan negatif yang lebih besar dijumpai pada partikel-partikel yang mempunyai luasan spesifik yang lebih besar. (Braja M. Das, 1998)

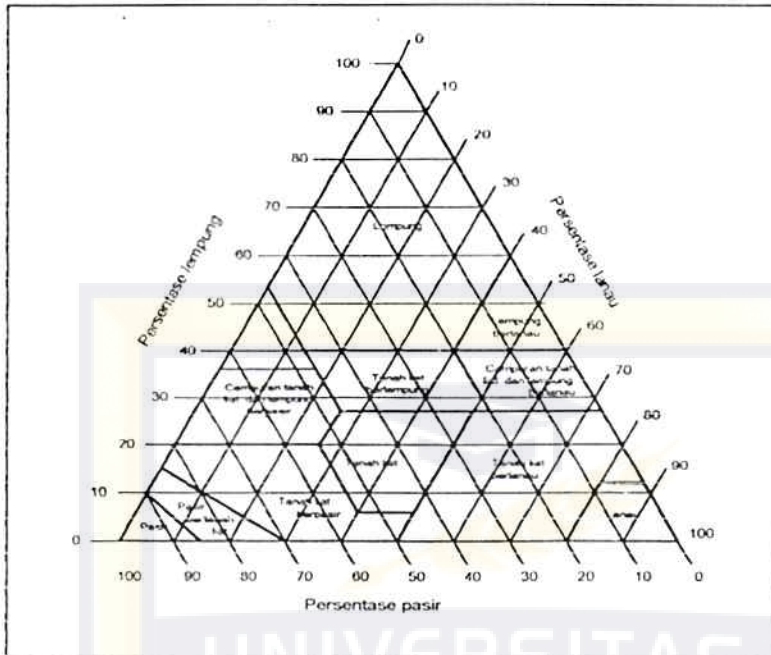
2.1.3. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan 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. (Braja M. Das, 1998)

a. Klasifikasi Berdasarkan Tekstur

Yang dimaksud dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Gambar (2.9) menunjukkan sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA). Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah yang diterangkan oleh sistem USDA dalam Tabel 2.1, yaitu :

- Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm
- Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm
- Lempung : butiran tanah dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm



Gambar 2.9. Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) (Mekanika Tanah, Braja M. Das, 1998)

b. Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

1. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem ini dikembangkan dalam tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*.

Sistem ini mengklasifikasikan tanah ke dalam delapan kelompok, A-1 sampai A-8, dan pada awalnya membutuhkan data-data sebagai berikut :

- a. Analisa ukuran butiran.
- b. Batas cair dan batas plastis dan I_p yang dihitung.
- c. Batas susut.
- d. Ekvivalen kelembaban lapangan.
- e. Ekvivalen kelembaban sentrifugal. (Joseph E. Bowles, 1996)

Tabl 2.1. Sistem klasifikasi tanah AASHTO
(Mekanika Tanah, Braja M. Das, 1988)

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos NO. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisa ayakan : Persen lolos No 10 No 40 No 200	maks 50 maks 30 maks 15	maks 50 maks 25	maks 51 maks 10	Maks 35	maks 35	maks 35	maks 35
Sifat Fraksi yang lolos ayakan No 40 Batas cair (L.L.) Indeks plastis (IP)	maks 6		N.P.	maks 40 maks 10	maks 41 maks 10	maks 40 min 11	maks 41 min 10
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, Kerikil, dan pasir		Pasir Halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi Umum	Tanah lanau lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos No 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6*
Analisa ayakan (% lolos) No 10 No 40 No 200	min 36	min 36	min 36	min 36
Sifat Fraksi yang lolos ayakan No 40 Batas cair (L.L.) Indeks plastis (IP)	maks 41 maks 10	min 41 maks 10	maks 40 min 11	min 41 min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan Tanah dasar	Biasa sampai jelek			

*Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

Untuk A-7-6, $PI \geq LL - 30$

2. Sistem Klasifikasi Tanah UNIFIED

Pada masa kini, sistem klasifikasi ini digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Sistem Klasifikasi Unified diberikan dalam Tabel 2.3. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir-kasar (*Coarse-grained-soil*), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan N0. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G (*Gravel*) untuk kerikil atau tanah berkerikil, dan S (*Sand*) untuk pasir atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir-halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan N0. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C (*clay*) untuk lempung organik, dan O untuk lanau-organik dan lempung organik. Simbol PT untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi. (Joseph E. Bowles, 1996)

Tabel 2.2. Klasifikasi simbol prefiks dan sufiks
(Mekanika Tanah I, Hary CH, 1992)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub-kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
Pasir	S	Gradasi buruk	P
		berlanau	M
		berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	WL < 50%	L
Organik	O	WL > 50%	H
Gambut	Pt		

Tabel 2.3. Sistem klasifikasi UNIFIED*
(Mekanika Tanah, Braja M. Das, 1998)

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200* Lebih dari 50% butiran lolos ayakan No. 4	Pasir Lebih dari 50% fraksi kasar Lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik dan campran kerikil-pasir atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	GP Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
		Kerikil 50% Atau lebih dari fraksi kasar Tertahan pada ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)
	SW Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
	Kerikil 50% Atau lebih dari fraksi kasar Tertahan pada ayakan No. 4	Pasir dengan butiran halus	SP Pasir bergradasi buruk, dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SM Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
		Pasir dengan butiran halus	SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
			ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
	Tanah Berbutir halus 50% lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung Batas cair 50% atau kurang	CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)
OL Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
MH Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
Lanau dan lempung Batas cair Lebih dari 50%		CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)	
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
		PT Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

*Menurut ASTM (1982)

♣Berdasarkan tanah yang lolos ayakan 75mm(3 in)

Tabel 2.3. Lanjutan

Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus Kurang dari 5% lolos ayakan No 200 GW, GP, SW, SP Lebih dari 12% lolos ayakan No 200 GM, GC, SM, SC 5% sampai 12% lolos ayakan No 200 Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol	Kriteria klasifikasi	
	$C_u = D_{60} / D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_u = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kriteria untuk GW	
	Batas-batas Atterberg dibawah Garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan
	Batas-batas Atterberg diatas Garis A dengan $PI > 7$	
	$C_u = D_{60} / D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_u = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kriteria untuk SW	
	Batas-batas Atterberg dibawah Garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan
	Batas-batas Atterberg diatas Garis A dengan $PI > 7$	

Diagram plastisitas untuk klasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya Menggunakan dua simbol.

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat dalam
ASTM Designation D-2488

2.2. Definisi Semen

Secara umum semen dapat didefinisikan sebagai bahan perekat yang dapat menyatukan atau mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan massa yang kokoh. Ada juga yang mengatakan bahwa semen adalah suatu bahan perekat yang berupa oksida-oksida tanah, tidak terdapat di alam tetapi dibuat dengan sengaja.

Adapun semen portland, menurut Standart Industri Indonesia (SNI) No. 0013-81 adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, bersama bahan tambahan yang biasanya digunakan gipsum. (Rusli, 1991)

Kristal utama pembentuk bahan semen adalah senyawa tricalcium silicate $[(CaO)_3SiO_2]$ sebanyak 45%, dan senyawa dicalcium silicate $[(CaO)_2SiO_2]$ sebanyak 27%. Sedangkan pada beberapa jenis semen yang lain seperti senyawa dicalcium aluminate $[(CaO)_2Al_2O_3]$, dan lain-lain. (Darwis Panguriseng, 1998)

2.2.1. Jenis-Jenis Semen

Di dalam praktek kadang-kadang kita membutuhkan sifat semen yang khusus, untuk menyesuaikan dengan situasi dan keadaan setempat pada konstruksi pekerjaan yang dilaksanakan, maka pada waktu pembuatan semen portland diusahakan suatu komposisi tertentu dari bahan kimia tertentu, sehingga dicapai suatu sifat-sifat khusus tertentu yang kita inginkan. Berikut ini adalah beberapa jenis semen portland dengan sifat-sifat khusus :

A. Semen portland tahan sulfat

Bahan-bahan dasar semen portland harus mempunyai modulus silikat yang tinggi. Untuk mencapai hal ini, jenis semen portland ini mengandung trikalsiummaluminat (C_3A) tidak lebih dari 5% (pada semen portland normal kadar (C_3A) adalah 9% atau 12%). Juga beberapa mineral aktif (10% atau 15%) ditambahkan, yang fungsinya untuk mengikat trikalsium aluminat, sebelum sempat bereaksi dengan sulfat.

B. Semen portland penambah plastisitas

Jenis semen portland ini mengandung anggur (vinas-sulfat-alkohol = $H_2SO_4-O_2H_5$) sebanyak 0,1 atau 0,25% dari berat semen. Dengan penambahan ini, maka selaput koloida yang mengendap pada permukaan butir-butir semen menjadi bersifat lebih meresap air (*hydrophylic*), sehingga mengurangi gesekan antara butir-butir semen, jadi menambah plastisitas pada adukan.

C. Semen portland yang tahan lembab

Jenis semen portland ini mengandung sabun-nafta sebanyak 0,1 atau 0,2% dari berat semen, atau asam minyak ($C_{17}H_{32}COOH$) sebanyak 0,1% dari berat semen. Dengan penambahan bahan ini, maka pada permukaan butir-butir semen terbentuk suatu selaput yang tahan lembab dan mengurangi sifat higroskopis dari semen.

D. Semen portland yang mengeras cepat

Jenis semen portland ini mempunyai sifat mengeras dengan cepat, jadi mempunyai keteguhan mula yang tinggi. Sifat untuk mengeras dengan cepat ini diperoleh sebagai berikut :

- Komposisi komponen-komponen semen portland adalah sedemikian rupa, sehingga terdapat kadar trikalsium silikat (C_3S) yang tinggi (50 atau 60%) dan kadar trikalsium aluminiat (C_3A) yang tinggi pula (8 atau 14%). Untuk mencapai hal ini, maka bahan-bahan dasar semen portland harus mempunyai kadar CaO yang tinggi.
- Menambahkan gips kepada klingker yang relatif lebih banyak (berhubung kadar C_3A relatif lebih tinggi, maka untuk mengatur waktu pengikatan diperlukan kadar gips yang relatif tinggi pula).
- Penggilingan klingker yang lebih tinggi.

E. Semen portland putih dan berwarna

Semen portland putih diperoleh dari penggilingan klingker putih, dan untuk mencapai klingker putih ini, bahan dasarnya harus terpilih yaitu harus batu kapur murni (warnanya putih) dan lempung putih, dengan kadar oksida-oksida terutama oksida besi yang berwarna kotor yang rendah. (Yusmin. M)

Menurut peraturan semen portland Indonesia 1972-N-8, mutu semen portland dibagi dalam 5 kelas :

- a. Sp mutu S-325, yaitu semen portland dengan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 325 kg/cm^2 .

- b. Sp mutu S-400, yaitu semen portland dengan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 400 kg/cm^2 .
- c. Sp mutu S-475, yaitu semen portland dengan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 475 kg/cm^2 .
- d. Sp mutu S-550, yaitu semen portland dengan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 550 kg/cm^2 .
- e. Sp mutu S-S, yaitu semen portland dengan kekuatan tekan pada umur 1 hari sebesar 225 kg/cm^2 dan umur 7 hari sebesar 525 kg/cm^2 .

Menurut lembaga-lembaga pengujian Amerika (*ASTM = American Society of Testing Materials*), type semen portland adalah sebagai berikut (lihat tabel) :

Tabel 2.4. Type semen menurut ASTM
(Konstruksi Beton Bertulang I, Ismoyo; Soecipto, 1978)

Type ASTM	Penggunaan Untuk	Karakteristik	Prosentase			
			C3S	C2S	C3A	C4AF
Type I Standar / Umum	Bangunan beton Biasa	-	53	24	8	8
Type II Modified. panas hydrasi, tahan terhadap sulfat Sedang	Pembetonan massal Dan biasa	-	47 max 50	32	3 max 8	8
Type III Cepat mengeras, kekuatan awal tinggi	Pembetonan pada musim dingin	Kadar C ₁ A dan C ₃ S tinggi	58	16	8 max 15	8
Type IV Panas hydrasi rendah	Pembetonan massal	Kadar C ₁ A dan C ₃ S rendah	26 max 35	54 min 40	2 max 7	12
Type V Tahan terhadap sulfat	Air mengandung sulfat, atau air laut	Kadar C ₃ A, C ₄ AF, dan MgO rendah	Max 50	-	Max 5	-

2.2.2. Sifat-Sifat Fisik Semen

Sifat-sifat fisik semen sangat penting untuk diketahui dalam pemakaiannya agar mendapatkan hasil yang maksimal. Sifat-sifat fisik tersebut antara lain :

a. *Kehalusan butiran*

Umumnya kehalusan butiran semen portland 80% lolos ayakan 44 mikron (0,05 mm), kehalusan butiran memberikan persenyawaan air yang lebih cepat dan mempengaruhi waktu pengikatan pasta semen.

b. *Berat jenis dan berat isi*

Berat jenis semen portland berkisar 3,10 sampai 3,30 (diambil 3,15), berat jenis ini penting untuk diketahui, jika terdapat berat jenis kurang dari 3,00 maka diragukan kemurnian semen portland tersebut, apakah telah dicampur atau sebagian telah mengeras, karena hal ini dapat mengakibatkan persenyawaan dengan air kurang baik.

Berat isi sangat tergantung pada cara mengisi bubuk semen kedalam wadahnya (berkisar 1,10 – 1,50 kg/liter), untuk praktek biasanya dipakai 1,25 kg/liter.

c. *Waktu pengerasan semen*

Waktu pengerasan semen biasanya diukur dengan menentukan waktu ikat awal (*initial setting*) dan waktu ikat akhir (*final setting*), akan tetapi yang paling penting adalah waktu ikat awal, yaitu waktu semen bersenyawa dengan air hingga mulai terjadi pengerasan. Pengukuran waktu ikat awal ini biasanya digunakan alat "vicat".

2.2.4. Reaksi Pengikatan Semen Dengan Air

Semen berhubungan dengan air akan terjadi proses pengikatan dan pengerasan. *Waktu pengikatan* adalah jangka waktu mulai dari mengikatnya semen setelah berhubungan dengan air, sampai adukan semen menunjukkan kekentalannya yang tidak memungkinkan lagi dikerjakan lebih lanjut. *Proses pengerasan* adalah dimulai sejak semen berhubungan dengan air dan berlangsung sampai bertahun-tahun.

Reaksi kimia adalah pengerasan yang terdiri dari *hidrolis* dan *hidratasi*. *Hidrolis* adalah perubahan dari suatu komponen menjadi komponen-komponen lain akibat pengaruh kimia dari air. *Hidratasi* adalah pembentukan persenyawaan-persenyawaan baru dengan air disertai dengan pembebasan panas hidratasi.

Untuk hidratasi dari semen, diperoleh air hanya sebanyak kira-kira 20% dari berat semen. Setelah butir-butir semen berhubungan dengan air dapat dibagi atas tiga (3) periode :

1. Periode pertama :

Periode pertama ini adalah periode persiapan menurut reaksi kimia, yaitu



- a. *MgO*. senyawa ini jika terlalu banyak (max.5%) akan mengakibatkan semen tidak kekal (berubah bentuk) hal ini terjadi setelah pengerasan(sekian bulan/tahun).
- b. *Bagian yang tidak terlarut*, kadar yang terlalu tinggi pada semen portland (max.3%) menunjukkan senyawa semen kurang baik. Karena daya ikatnya berkurang, tetapi untuk semen portland pozzolan atau semen portland tras kadar bagian yang tidak larut dalam air ini diperbolehkan.
- c. *Kadar alkali (Na_2O) dan K_2O)*, biasanya senyawa ini dalam semen portland rendah (< 1%), senyawa ini juga dapat mempengaruhi pengerasan semen, pemakaian < 0,6% dapat mengakibatkan reaksi pengembangan bila semen ini dicampur dengan pasir/batuan yang bersifat alkali.
- d. *Kadar gips*, gips didalam semen ditambahkan agar memperlambat pengerasan klinker semen, jika tidak ditambahkan gips, maka semen setelah bersenyawa dengan air akan cepat mengeras \pm 10 menit, hal ini akan menyulitkan dalam pemakaiannya.
- e. *Sulphuric anhydrite (asam sulfat- SO_3)*, merupakan bahan yang sangat penting dalam semen portland, karena berfungsi sebagai pangatur waktu pengikatan semen. SO_3 terdapat dalam gips ($CaSO_4$), apabila kadar gips terlalu tinggi maka selama berlangsungnya proses pengerasan akan timbul pengembangan gips, olehnya itu kadar SO_3 dibatasi antara 2,5% - 3,0%. (Yusmin. M)

g. Pengaruh suhu

Pengerasan semen terpengaruh oleh suhu sekeliling jika kurang dari 15°C maka pengerasannya akan lambat sekali, demikian pula bila suhunya naik, pengerasannya makin cepat.

2.2.3. Sifat-Sifat Kimiawi Semen

Semen portland memiliki 4 macam senyawa semen (C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF), yang komposisinya dalam semen portland tidak sama tergantung jenis penggunaannya. Keempat senyawa tersebut yang merupakan senyawa pembentuk semen adalah C_3S dan C_2S , sedangkan C_3A dan C_4AF adalah senyawa yang tidak mempunyai sifat semen sama sekali. C_3A dan C_4AF merupakan bahan bawaan dari bahan dasar semen, pada waktu semen dibakar berfungsi sebagai bahan pencair (flux), cukup dengan suhu antara 1300°C - 1400°C. Pembentukan C_3S dan C_2S dalam semen rata-rata 70% - 80%. Semen portland dengan kadar C_3S lebih tinggi (sampai 80%), maka sifat semen akan mengeras lebih cepat, jika kadar C_3A tinggi (melebihi 18%) akan mengakibatkan semen portland tidak kekal bentuknya (mengembang) akibat panas yang terlalu tinggi pada waktu pengerasan, karena C_3A ini bila terkena air akan bereaksi serta mengeluarkan panas dan hancur. Biasanya untuk memperendah kadar C_3A , maka ditambahkan biji besi (kadar besi dinaikkan), sehingga kadar C_4AF akan tinggi. Senyawa C_4AF tidak membahayakan semen akan tetapi kalau terlalu tinggi akan memperlambat pengerasan semen.

Sifat kimia lain dari semen portland akibat bahan dasar bawaan atau penambahan senyawa lain, adalah sebagai berikut :

d. Kekentalan bentuk

Kekentalan bentuk adalah sifat dari bubur semen yang telah mengeras tidak berubah bentuknya (tetap sebagaimana waktu adonan semen itu diaduk dengan air). Bila menunjukkan cacat setelah mengeras (retak, melengkung, membesar, menyusut) berarti semen tersebut tidak baik. Semua semen portland yang baik mutunya adalah keras, tetap kekal bentuknya setelah diuji.

e. Kekuatan semen

Kekuatan mekanik dari semen yang mengeras adalah, merupakan sifat yang perlu diketahui. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat. Pengukuran daya rekat ini pada umumnya dilakukan dengan menentukan kuat lentur (tarik/tekan) dari campuran semen dengan pasir (agregat). Semen biasanya hanya ditentukan kuat tekannya saja sedangkan kuat tarik dianggap tidak penting mengingat semen merupakan bahan perekat yang rapuh (tidak plastis).

f. Pengerasan awal palsu

Biasanya semen portland akan memberikan ikatan awal kurang dari 1 jam (semen setelah bersenyawa dengan air kelihatan kaku), ini disebabkan adanya pengikatan awal yang palsu akibat pengaruh gips yang dicampurkan pada semen itu. Fungsi gips dalam semen yang seharusnya memperlambat pengerasan tidak berfungsi, bahkan mempercepat pengerasan ini akibat gips yang sudah terurai.

2. Periode kedua :

Periode kedua adalah *periode koloidalisasi*, yaitu pada saat adukan, terutama Ca(OH)_2 menjadi jernih, komponen-komponen hidrasi yang terjadi selanjutnya tidak dapat larut lagi dan tetap berada dalam keadaan koloida. Koloida ini merekat partikel-partikel semen satu sama lain sehingga adukan menjadi kental, gejala ini disebut "*pengikatan*".

3. Periode ketiga :

Periode ketiga ini adalah periode kristalisasi. Kalsium hidroksida dan Trikalsium hidroaluminat adalah komponen yang paling stabil dalam keadaan koloida dan berangsur-angsur beralih kedalam keadaan kristal yang lebih stabil. Bersamaan dengan itu juga proses kristalisasi dari Dikalsium hidrosilikat yang berjalan lambat mencapai konsolidasi kristal-kristal kalsium hidroksida dan dikalsium hidroaluminat terus tumbuh dan menjadi kuat dan menambah koloida-koloida yang masih ada terutama koloida dikalsium hidrosilikat, yang proses kristalisasinya berjalan lambat.

Proses hidrasi pada pengerasan semen disertai dengan pembebasan panas, yang disebut panas hidrasi. Pembebasan panas yang tersebar kira-kira 10 jam sesudah semen berhubungan dengan air, dimana dapat tercapai temperatur 100°C .

Menurut "Saliger", jumlah panas dalam kalori yang dibebankan oleh masing-masing komponen semen portland pergram, adalah sebagai berikut :
(Yusmin. M)

- Trikalsium silikat (C_3S) : 120 kal/gram
- Dikalsium silikat (C_2S) : 62 kal/gram
- Trikalsium aluminiat (C_3A) : 270 kal/gram
- Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) : 100 kal/gram

2.3. Definisi CBR (California Bearing Ratio)

California Bearing Ratio (CBR) merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase. Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas. (G. Djatmiko S & S.J. Edy Purnomo, 1997)

2.3.1. Jenis Pengujian CBR

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi menjadi :

1. CBR lapangan (*CBR in place* atau *field CBR*)
2. CBR lapangan rendaman (*Undisturbed soaked CBR*)
3. CBR laboratorium / CBR rencana titik (*Laboratory CBR / Design CBR*)

A. CBR lapangan

CBR lapangan digunakan untuk :

- a. Memperoleh nilai CBR asli di lapangan, sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu.

kondisi kadar air tanah tinggi (musim penghujan) atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi.

- b. Memeriksa apakah kepadatan yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan.

Pemeriksaan untuk tujuan ini tidak umum digunakan, lebih sering menggunakan pemeriksaan yang lain seperti kerucut pasir (sand cone) dan lain-lain.

B. CBR lapangan rendaman

Digunakan untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (swell) yang maksimum.

Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim penghujan dan kering pada musim kemarau.

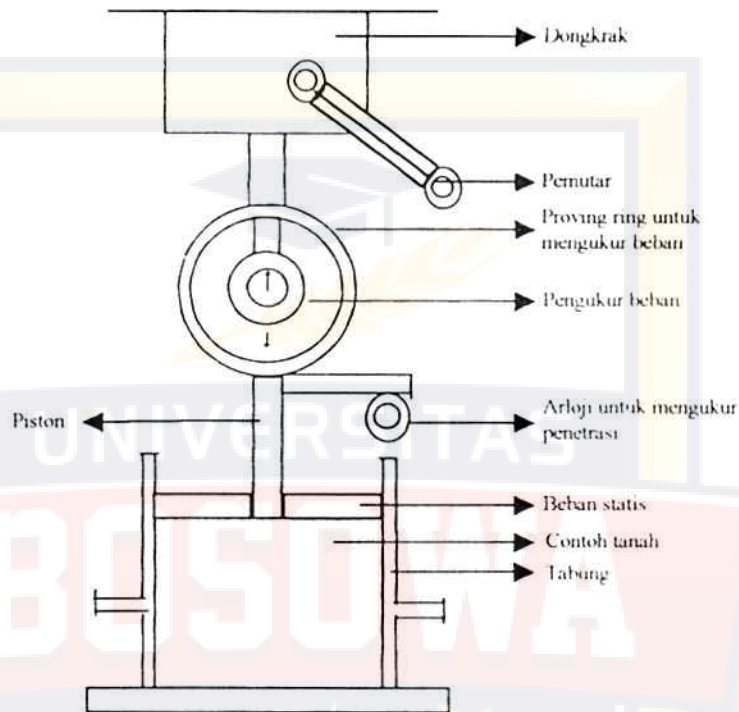
Pemeriksaan dilakukan dengan mengambil contoh tanah dalam tabung (mould) yang ditekan masuk ke dalam tanah mencapai kedalaman yang diinginkan. Tabung berisi contoh tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama ± 4 hari sambil diukur pengembangannya. Setelah pengembangan tidak terjadi lagi, barulah dilakukan pemeriksaan besarnya CBR.

C. CBR laboratorium / CBR rencana titik

Tanah dasar (*sub grade*) pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan. Berarti nilai CBR-nya adalah nilai CBR yang diperoleh dari contoh tanah yang dibuatkan mewakili keadaan tanah tersebut setelah dipadatkan. CBR ini disebut CBR laboratorium, karena disiapkan di laboratorium atau disebut juga CBR rencana titik. CBR laboratorium dapat dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked design CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked design CBR*).

2.3.2. Penentuan Nilai CBR

Alat percobaan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas 3 inch. Piston digerakkan dengan kecepatan 0,05 inchi/menit, vertikal ke bawah. Proving ring digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (*dial*).



Gambar 2.10. Alat CBR yang digunakan di laboratorium.
(Mekanika Tanah I, G.Djarmiko S & S.J.Edy Purnomo)

Tabel 2.5. Beban standar yang dipakai untuk percobaan CBR.
(Mekanika Tanah I, G.Djarmiko S & S.J.Edy Purnomo)

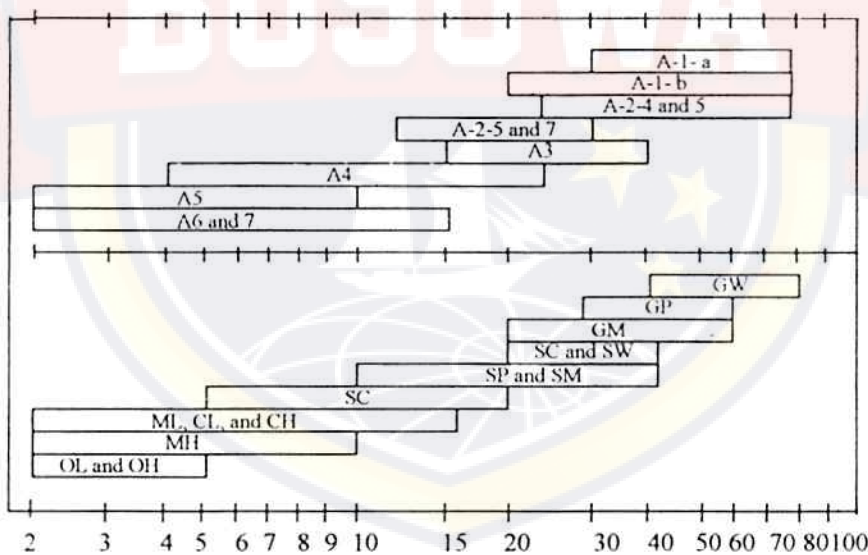
Penetrasi Plunyer (in)	Beban Standar (lb)	Penetrasi Plunyer (mm)	Beban Standar (kg)	Beban Standar (kN)
0,10	3.000	2,50	1.370	13,50
1,20	4.500	5,00	2.055	20,00
0,30	5.700	7,50	2.630	25,50
0,40	6.900	10,00	3.180	31,00
0,50	7.800	12,50	3.600	35,00

Adapun cara menaksir dan menentukan nilai CBR adalah :

1. Menaksir nilai CBR secara empiris

Pada tanah dasar rencana yang merupakan tanah dasar galian yang cukup dalam, pengambilan contoh tanah sebanyak yang diperlukan untuk pemeriksaan CBR sukar diperoleh.

Contoh tanah biasanya diperoleh dengan menggunakan bor. Untuk itu penentuan besarnya nilai CBR rencana dapat dilakukan dengan cara empiris yang hanya berdasarkan analisis pembagian butiran dan sifat plastis tanah (berdasarkan klasifikasi ASSHTO dan Unified). Tetapi data CBR ini hanyalah data perkiraan yang selalu harus diamati pada tahap pelaksanaan.



Grafik 2.1. Perkiraan CBR berdasarkan klasifikasi tanah (Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman)

2. CBR rencana rendaman

Berdasarkan hasil analisis pembagian butir dan sifat plastis tanah, CBR rencana rendaman (*Soaked design CBR*) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yang diambil dari N.A.A.S.R.A (*National Association of Australia State Road Authority*) sebagai berikut :

$$a. \text{Log } C_s = 1,70 - 0,005 P_{0,425} + 0,002 P_{0,075} - L (0,02 + 0,0004 P_{0,075}) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$b. \text{Log } C_s = 1,90 - 0,004 P_{2,36} - 0,50 P_{0,425} + P_{0,075} / P_{0,425} (5,20 - 0,50 P_{0,075} / P_{0,425}) 10^{-3} - 0,01 I \dots\dots\dots(2.5)$$

Dalam hal ini :

- C_s = CBR rendaman
- $P_{2,36}$ = persenrase tanah lolos ayakan dengan lubang 2,36 mm
- $P_{0,425}$ = persenrase tanah lolos ayakan dengan lubang 0,425 mm
- $P_{0,075}$ = persenrase tanah lolos ayakan dengan lubang 0,075 mm
- L = batas menyusut (*shrinkage limit*) tanah (%)
- I = indeks plastisitas tanah (%)

Dari kedua persamaan tersebut dapat diperoleh CBR tanah dasar yang akan digunakan untuk perencanaan dengan persamaan :

$$C_{ss} = 0,25 (3 C_{smin} + C_{smaks}) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- C_{ss} = nilai CBR rendaman yang digunakan untuk perencanaan

C_{smn} = nilai minimum yang diperoleh dari pers. (2.4) dan (2.5)

C_{smaks} = nilai maksimum yang diperoleh dari pers.(2.4) dan (2.5)

3. Menentukan nilai CBR lapangan dengan menggunakan data DCP

Nilai CBR lapangan dapat juga diperoleh dengan menggunakan hasil pemeriksaan *Dynamic Cone Penetrometer(DCP)*.

DCP mulai dipergunakan di Indonesia sejak tahun 1985/1986. Pemeriksaan dengan DCP menghasilkan data kekuatan tanah sampai kedalaman 90 cm di bawah tanah dasar.

Penumbuk dengan berat = 20 lb (9,072 Kg) dijatuhkan dari ketinggian = 20 inci (50,80 cm) dengan bebas melalui sebuah pipa berdiameter 0,625 inci (15,875 mm) yang ditahan oleh landasan. Ujung pipa baja berbentuk kerucut dengan luas 0,50 inci² (1,6129 cm²) dengan sudut puncak = 30° atau 60°. Di Indonesia umum digunakan sudut puncak = 30°. Hasil pemeriksaan dapat dinyatakan dengan :

- a. Penetrabilitas Skala Penetrometer (Scale of Penetrometer Penetrability = SPP) yang menyatakan mudah atau tidaknya melakukan penetrasi kedalam tanah. Dinyatakan dalam satuan cm/tumbukan.
- b. Tahanan Skala Penetrasi (Scale of Penetration Resistance = SPR) yang menyatakan sukar atau tidaknya melakukan penetrasi ke dalam tanah. Dinyatakan dalam tumbukan/cm.

4. Nilai CBR pada satu titik pengamatan.

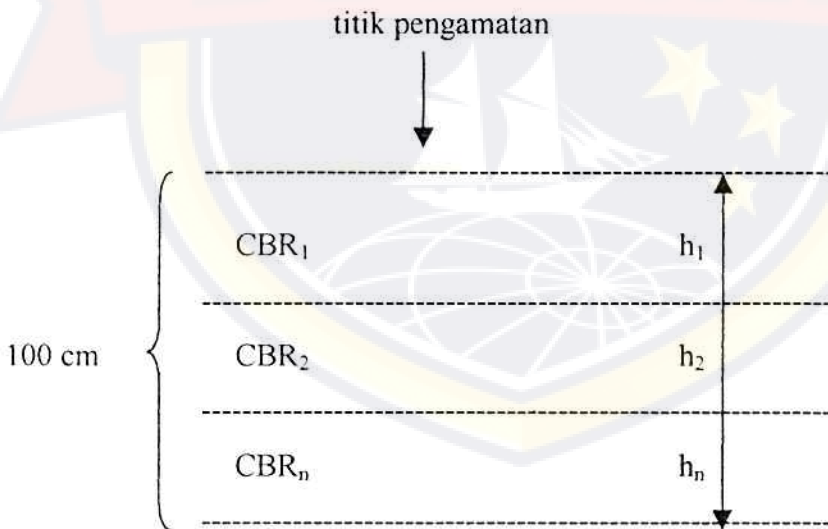
Seringkali jenis tanah dasar itu berbeda-beda sehubungan dengan perubahan kedalaman pada satu titik pengamatan. Untuk itu perlu ditentukan nilai CBR yang mewakili titik tersebut.

Japan Road Association (1976) memberikan rumusan sebagai berikut :

$$CBR_{\text{titik pengamatan}} = \left[\frac{h_1^3 \sqrt{CBR_1} + \dots + h_n^3 \sqrt{CBR_n}}{100} \right]^3 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dalam hal ini :

- h_1 = tebal lapisan tanah ke-1
- CBR_1 = nilai CBR pada lapisan tanah ke-1
- h_n = tebal lapisan tanah ke-n
- CBR_n = nilai CBR pada lapisan tanah ke-n
- 100 = tebal total lapisan tanah yang diamati (cm)



Gambar 2.11. Titik pengamatan pada beberapa lapisan tanah
(Mekanika Tanah I, G.Djarmiko S & S.J.Edy Purnomo)

5. CBR segmen jalan

Setiap segmen mempunyai nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan segmen tersebut.

Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis atau grafis.

a. Cara analitis (Japan Road Association)

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \frac{(CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots \dots \dots (2.8)$$

R

Dalam hal ini :

Nilai R tergantung jumlah data yang terdapat dalam satu segmen (lihat Tabel 2.6).

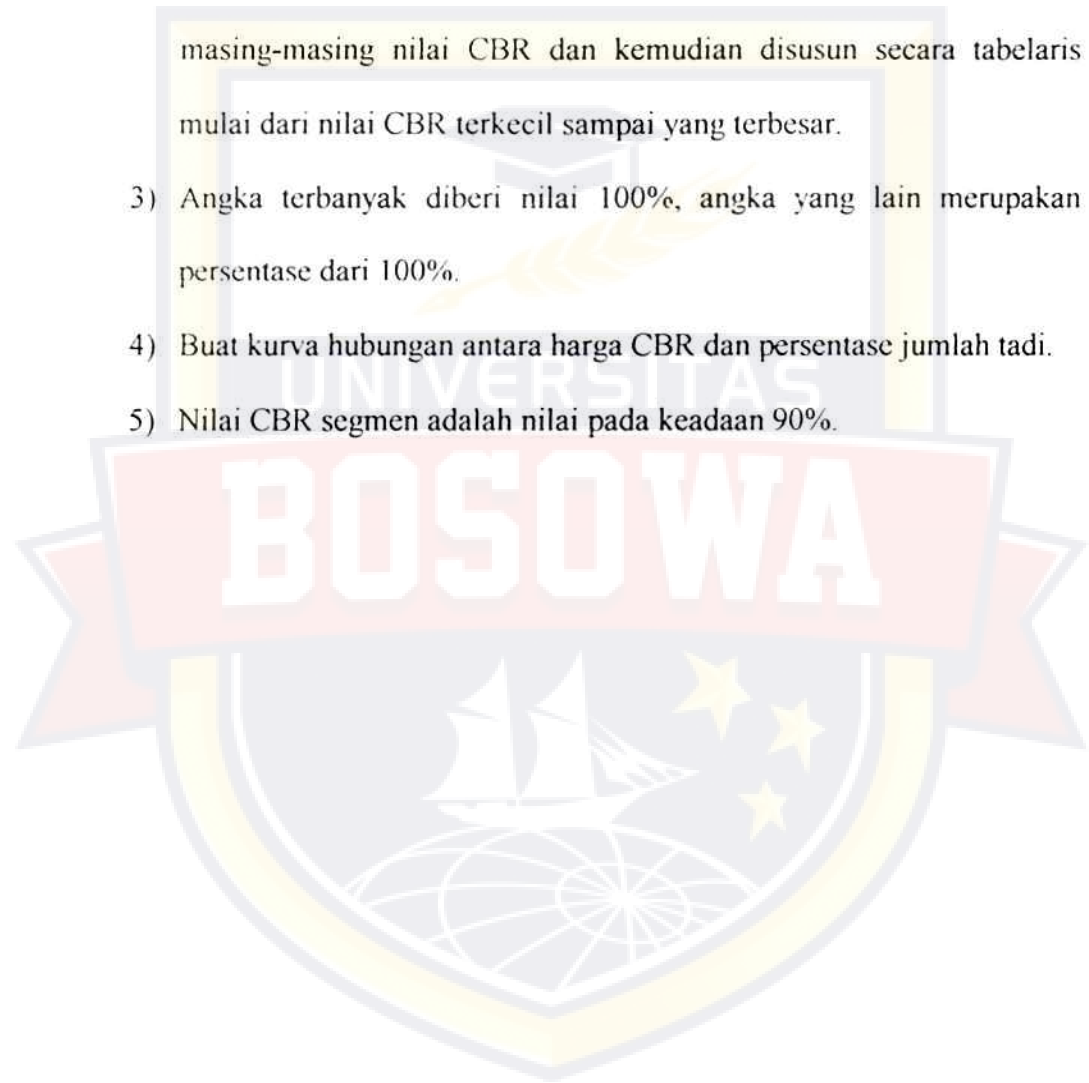
Tabel 2.6. Nilai-nilai R untuk CBR segmen

Jumlah titik pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
> 10	3,18

b. Cara grafis (Ditjen Bina Marga)

Langkah-langkah pengerjaannya sebagai berikut :

- 1) Tentukan nilai CBR yang terendah.
- 2) Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabelaris mulai dari nilai CBR terkecil sampai yang terbesar.
- 3) Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- 4) Buat kurva hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
- 5) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.



PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK
TERHADAP NILAI CBR

UNIVERSITAS
23 24 23

111

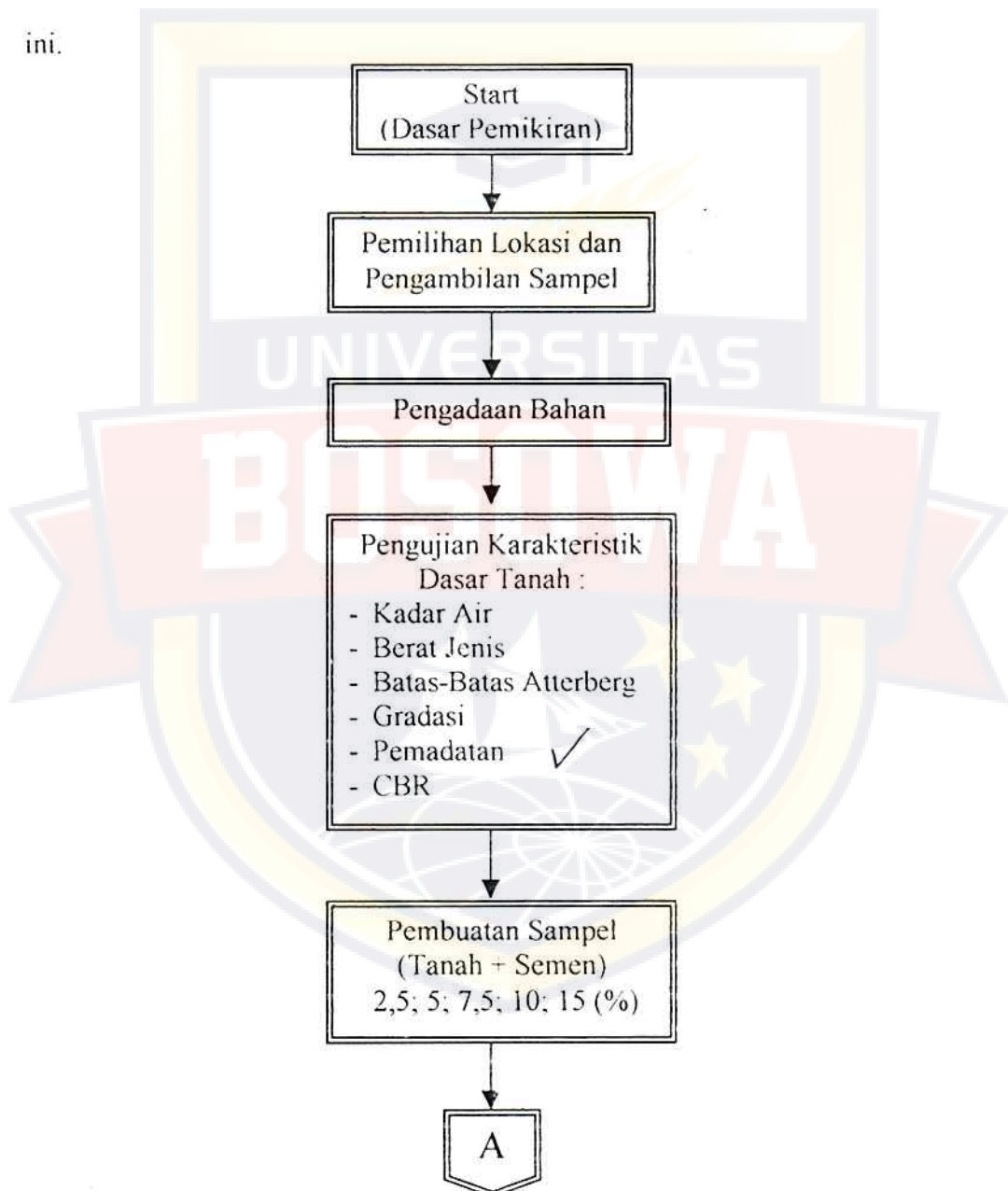
Pelaksanaan Pengujian

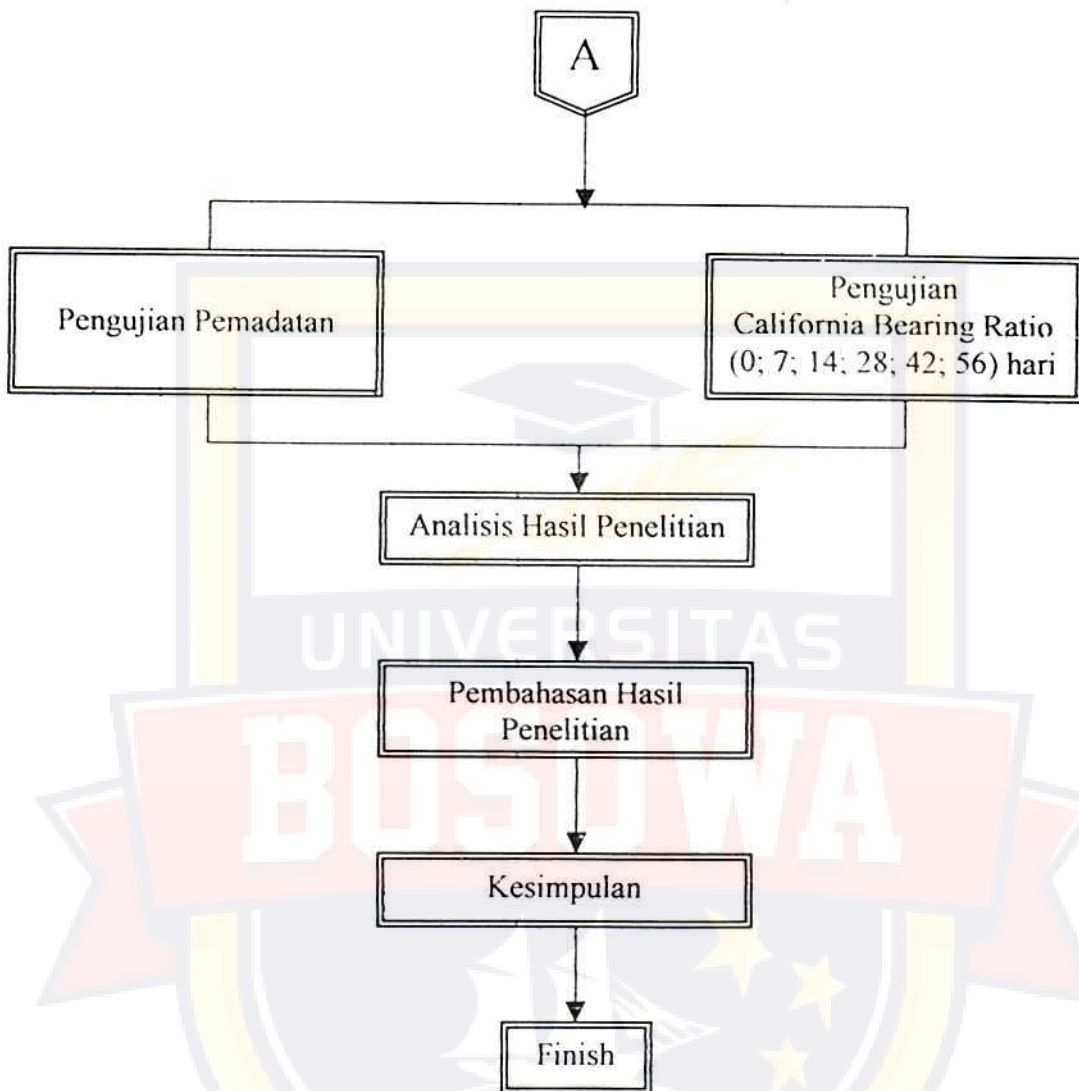
BAB III PELAKSANAAN PENGUJIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari penelitian ini, seperti diuraikan melalui skema dibawah

ini.





Gambar 3.1. Skema penelitian

3.2. Pengadaan Bahan Penelitian

3.2.1. Pengadaan Sampel Tanah

Sampel tanah dalam penelitian ini berasal dari 2 lokasi, yaitu :

- a. Daerah Limbung Kabupaten Gowa
- b. Daerah Borong Kota Makassar

Adapun alasan sehingga pengambilan sampel dilakukan di kedua lokasi tersebut adalah :

- Pada lokasi tersebut, mempunyai volume tanah yang banyak dan pada umumnya masyarakat di Kota Makassar dan sekitarnya serta Kabupaten Gowa mengambil tanah sebagai bahan timbunan dari lokasi tersebut.
- Jenis tanah pada lokasi tersebut merupakan jenis tanah lunak sehingga perlu dilakukan perbaikan daya dukungnya.
- Untuk mengetahui perbedaan karakteristik fisik dan nilai daya dukung setelah dilakukan stabilisasi dengan semen.

Tanah yang diambil merupakan tanah yang terganggu (*disturbed sample*). Tanah diambil dalam kondisi kering udara dengan menggunakan skop, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik. Selanjutnya dibawa ke laboratorium.

3.2.2. Penyediaan Bahan Stabilisasi

Dalam penelitian ini, bahan stabilisasi yang digunakan adalah semen Tonasa Type I. Semen tersebut diperoleh dengan membeli di toko bahan bangunan, selanjutnya dibawa ke laboratorium.

3.3. Pengujian Karakteristik Dasar Tanah Lempung

3.3.1. Pengujian Kadar Air (W_c)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar kadar air yang terkandung di dalam tanah tersebut. Kadar air tanah adalah perbandingan

antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen.

Alat-alat yang digunakan :

- Oven yang suhunya dapat diatur konstan (110 ± 5)°C.
- Cawan yang kedap udara dan tidak berkarat, dengan ukuran yang cukup, dapat terbuat dari gelas atau logam.
- Neraca, meliputi :
 - a. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram.
 - b. Neraca dengan ketelitian 0,1 gram.
 - c. Neraca dengan ketelitian 1 gram.
- Desicator

Prosedur pelaksanaan :

- a. Tanah yang akan diuji terlebih dahulu dicampur sampai homogen.
- b. Tempatkan benda uji yang mewakili tanah yang diperiksa ke dalam cawan yang bersih, kering dan beratnya diketahui.
- c. Masukkan cawan ke dalam oven pengering selama 24 jam atau sampai beratnya konstan.
- d. Cawan ditutup kemudian didinginkan dalam desikator.
- e. Setelah dingin ditimbang dan beratnya dicatat.

Perhitungan kadar air (Wc) :

$$\text{Kadar air (Wc)} = \frac{\text{BeratBasah (Ww)} - \text{BeratKering (Wd)}}{\text{BeratKering (Wd)} - \text{BeratCawan (Tw)}} \dots\dots\dots (3.1)$$

3.3.2. Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat ayakan No.4 dengan picnometer.

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Alat yang digunakan :

- Picnometer dengan kapasitas minimum 100 ml atau botol dengan kapasitas minimum 50 ml.
- Desikator.
- Oven yang suhunya dapat diatur konstan (110 ± 5)°C.
- Bak perendam.
- Botol berisi air suling.
- Neraca dengan ketelitian 0,01 gram.
- Pompa hampa udara (vacuum, 1 – 1,5 PK) atau tungku listrik.
- Termometer ukuran 0-50°C dengan ketelitian 1°C.
- Saringan No.4, No.10, No.40 dan penadahnya.

Prosedur pelaksanaan :

a. *Persiapan sampel*

Sampel tanah dibuat kondisi kering/udara kering matahari lalu ditumbuk pelan-pelan supaya terurai kemudian diayak dengan ayakan 2,00 mm.

b. Prosedur pengujian

- Sampel dimasukkan kedalam picnometer, dioven selama 24 jam pada temperatur 110°C.
- Setelah dioven, sampel dan picnometer ditimbang beratnya (berat kering).
- Picnometer berisi sampel ditambahkan air seprtiga tinggi picnometer kemudian dimasukkan kedalam gliserin untuk direbus, agar gelembung udara dalam pori sampel keluar.
- Setelah itu didinginkan dengan cara merendam dalam air setinggi leher picnometer.
- Temperatur air dalam picnometer dan air untuk merendam diukur sampai sama, kemudian picnometer didisi air sampai penuh, ditutup dan ditimbang bertanya, pada saat itu temperatur air dalam picnometer juga diukur.
- Pengujian ini paling sedikit dilakukan dua kali.

Perhitungan berat jenis :

$$W_a = \frac{\rho W(T)}{\rho W(T')} \times (W_d - W_f) + W_f \dots\dots\dots(3.2)$$

Sedangkan :

$$G_s = \frac{W_o}{W_o + (W_a - W_b)} \times w(T'') \dots\dots\dots(3.3)$$

G_s = berat jenis

W_b = berat picnometer, air, sampel pada T°C

W_f = berat picnometer dan air

P_w(T') = faktor koreksi

3.3.3. Pengujian Batas-Batas Atterberg

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Batas cair adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari dalam keadaan cair menjadi keadaan plastis.

Alat-alat yang digunakan :

- Alat batas cair standar.
- Alat pembuat alur (grooving rool).
- Sendok dempul.
- Plat kaca ukuran (45 x 45 x 0,9) cm.
- Neraca dengan ketelitian 0,01 gram.
- Spatula.
- Botol tempat air suling.
- Oven yang suhunya dapat diatur konstan.

Prosedur pelaksanaan :

a. Persiapan benda uji

Keringkan sampel sampai kering udara/matahari. Kemudian diloloskan dengan ayakan 0,42 mm (No. 4).

b. Pelaksanaan pengujian

- Letakkan 100 gram sampel yang sudah disiapkan kedalam plat kaca pengaduk.
- Sampel diaduk dengan menggunakan spatula, tambahkan air suling sedikit demi sedikit sampai homogen.

- Setelah sampel menjadi suatu campuran yang merata, ambil sebagian sampel ini dan letakkan diatas mangkok alat batas cair.

Ratakan permukaan sedemikian rupa, sehingga sejajar dengan dasar alat bagian yang paling tebal harus ± 1 cm.

- Buatlah alur dengan membagi dua sampel dalam mangkok itu, dengan alat pembuat alur (grooving tool) melalui garis tengah mangkok dan simetris. Pada waktu membuat alur grooving tool harus tegak lurus terhadap permukaan mangkok.
- Putarlah alat sedemikian rupa, sehingga mangkok naik jatuh dengan kecepatan 2 putaran perdetik. Pemutaran dilakukan terus menerus sampai dasar sampel bersinggungan sepanjang 1,25 cm dan catat jumlah pukulannya hingga waktu bersinggungan.
- Ulangi pekerjaan point 4 dan 5 diatas sampai beberapa kali sampai diperoleh jumlah pukulan yang sama.
- Kembalikan benda uji ke atas kaca pengaduk dan mangkok alat batas cair dibersihkan. Begitulah seterusnya sampai mendapatkan blow dibawah 25 kali dan diatas 25 kali.
- Pengujian Batas Plastis (PL)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis.

Prosedur pelaksanaan :

- Letakkan benda uji diatas plat kaca, kemudian diaduk-aduk sehingga kadar airnya merata.
- Setelah kadar airnya merata, buatlah gulungan-gulungan dengan telapak tangan diatas plat kaca sampai membentuk bulatan dengan diameter 3 mm dan terputus-putus sepanjang 1 (satu) cm. Pada keadaan ini adalah batas plastis. Kemudian sampel diambil sedikit demi sedikit untuk dicari kadar airnya.

3.3.4. Pengujian Gradasi

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan pembagian ukuran butiran suatu tanah. Untuk pengujian ini terbagi dalam dua tahapan, yaitu *grain size analisis coarser part* dan *finer part*. Karena sampel yang akan diuji berbutir sangat halus (tanah lempung), maka dipakai pengujian gradasi size analisis finer part.

Alat-alat yang digunakan :

- Termometer (0 - 100°C)
- Mechanical analisis striter.
- Cawan.
- Hydrometer jar 1000 cc.
- Oven listrik
- Beaker glass
- Hydrogen peroksida (H^2O^2) kondisi 6%.

- Ayakan.
- Air.

Persiapan sampel :

Ambil sampel yang telah disediakan lalu dikeringkan (kering udara/matahari) dilepas-lepas dengan menumbuk pelan-pelan dengan palu kayu, kemudian diloloskan dengan ayakan 2,00 mm.

Prosedur pengujian :

- Sampel yang telah disiapkan dimasukkan dalam beaker gelas dan diberi air 100 cc yang mengandung H^2O^2 (1:20).
- Beaker gelas yang berisi sampel ditutup dengan kaca, kemudian sampel dimasukkan kedalam stiler mixer ditambah air sampai 2/3-nya lalu dimixer selama beberapa menit.
- Sampel menjadi suspensi kemudian dimasukkan kedalam hydrometer jar dan ditambah air sampai volumenya menjadi 100 cc.

Suspensi dalam hydrometer jar ditutup kemudian dikocok-kocok dalam waktu yang ditentukan. Pada saat membaca skala suspensi, maka dibaca juga temperatur suspensinya. Setelah pembacaan pada menit yang ditentukan, suspensi diayak dengan ayakan (0,85; 0,40; 0,25; 0,11) mm, yang tertahan diayakan dimasukkan dalam cawan kemudian dioven sampai kering. Sampel diayak dengan ayakan 0,075 mm, yang tertinggal pada masing-masing ayakan ditimbang beratnya.

Rumus untuk mendapatkan persentase butiran finer part dengan menggunakan (JIS-A-1204-1990).

3.3.5. Pengujian Pemadatan

Alat-alat yang digunakan :

- Alat penumbuk dengan berat 2,5 kg; tinggi jatuh 30 cm.
- Mol dengan volume 0,000943 m³.
- Spatula, hand scope.
- Space disk untuk dasar tumbukan.
- Timbangan, container, oven listrik.
- Extruder untuk mengeluarkan sampel dari mol.

Persiapan sampel :

Ambil sampel yang telah disiapkan dengan berat yang telah ditentukan, pengujian ini paling sedikit dilakukan 5 (lima) kali. Sampel pertama (kondisi asli) dicompact terlebih dahulu kemudian ditimbang berat basahnya (Ww), berat kering (Dw), untuk dicek kadar airnya (Wc). Dengan demikian dapat ditentukan penambahan dan pengurangan airnya.

Rumus untuk pengurangan dan penambahan air :

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= (Wc \cdot Dw) - Ww \\
 &= (Wc + 1) - Ww \dots\dots\dots(3.4)
 \end{aligned}$$

Dalam pengujian ini kadar airnya bervariasi, sesuai kadar air yang diinginkan, maka siap untuk dipadatkan.

Prosedur pengujian :

- Sampel yang telah disiapkan kemudian dipadatkan dengan alat pemadat yang beratnya telah ditentukan dengan tinggi jatuh 30 cm, sebanyak 25 kali tumbukan untuk satu lapis (layer), layer pertama diharapkan 1/3 tinggi mol yang dilanjutkan dengan layer kedua dan ketiga.
- Selesai dipadatkan, tutup (collard) dibuka dan sampel diratakan, kemudian sampel dan mol ditimbang untuk mengetahui berat basahnya ($t = \text{kg/m}^3$). Setelah sampel dikeluarkan lalu ditimbang dan dioven untuk dicek kadar airnya. Dengan demikian dapat diketahui kepadatan keringnya :

$$\gamma_d = (100 \cdot t) / (100 + W_c) \dots\dots\dots(3.5)$$

- Begitulah selanjutnya untuk sampel yang lain sesuai prosedur diatas.

Mencari nilai kadar air optimum (OMC) :

Dari sampel-sampel yang telah diuji pemadatannya didapat γ_d dan W_c , dimana γ_d pada suhu Y dan W_c pada sumbu X dibuatkan juga kurva kepadatan tanah tanpa pori udara (zero air void) dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{w}{(1/G_s) + (w/100)} \text{ gr/cm}^3 = \frac{w}{(1/G_s) + (w/sr)} \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana : S = kepadatan kering tanpa pori udara

w = berat satuan air

Gs = berat butir tanah

Merupakan nilai kadar air optimum (OMC); sedangkan kearah sumbu Y merupakan puncak dari kurva tersebut ditarik garis tegak lurus kearah sumbu X dan nilai kepadatan kering maksimum ($\gamma_d \text{ max}$).

3.3.6. Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai daya dukung tanah dalam kepadatan maksimum.

Alat-alat yang digunakan :

- Mesin penetrasi CBR
- CBR mould
- Piringan pemisah
- Palu penumbuk
- Alat pengukur pengembangan
- Keping beban lubang bulat
- Keping beban lubang alur
- Piston penetrasi
- Pengukur beban dan penetrasi
- Talang
- Alat perata
- Bak perendam
- Alat pengeluar contoh (extruder mould)
- Timbangan 20 kg

Persiapan sampel :

Ambil sampel yang telah disediakan, selanjutnya dikeringkan (kering udara/matahari) kemudian ditumbuk pelan-pelan supaya terurai, lalu diayak dengan ayakan 4,00 mm.

Prosedur pengujian :

- Ambil contoh tanah kering seperti yang digunakan pada percobaan pemadatan, sebanyak 3 contoh dengan berat masing-masing 5 kg.
- Untuk mencapai kadar air optimum tersebut diperlukan penambahan air dengan menggunakan rumus :

$$\text{Penambahan air} = 5000 \left\{ 1 - \frac{100 + A}{100 + B} \right\} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana : A = Kadar air asli (%)

B = Kadar air optimum (%)

5000 = Jumlah contoh (gr)

- Pasang CBR mould pada keping alas dan timbang. Masukkan keping Masukkan contoh tersebut ke dalam kantong plastik dan tutup dengan rapat agar tidak terjadi penguapan. Diamkan selama 24 jam.
- Pemisah (spacer dish), lalu letakkan kertas saring di atasnya.
- Padatkan masing-masing contoh tersebut dalam CBR mould dengan jumlah tumbukan 10 kali tumbukan tiap lapisan, dan berat pemadatan sesuai dengan penggunaan pemadatan ringan (standart compaction). Dan untuk mould kedua dan ketiga masing-masing 30 kali dan 65 kali.
- Periksa kadar airnya sebelum dipadatkan.

- Lepaskan collar, lalu ratakan permukaan contoh dengan alat perata. Tambal lubang-lubang yang mungkin terjadi karena lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus.
- Keluarkan piring pemisah (spacer dish) dan kertas saring, balikkan dan pasang kembali mould yang berisi contoh pada alas, kemudian timbang.
- Untuk pemeriksaan CBR langsung, contoh ini tetap siap diperiksa.
- Bila dikehendaki CBR yang direndam (soaked CBR) harus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :
 - Pasang kertas saring di kedua permukaan contoh dalam mould, lalu pasang kembali alasnya dengan posisi mould terbalik.
 - Letakkan keping beban di atasnya, seberat 10 lbs (sebagai bahan pengganti yang akan dilimpahkan pada tanah nantinya).
 - Rendam mould tersebut dalam air, sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah. Pasang alat pengukur pengembangan, catat pembacaan pertama, kemudian pembacaan dilakukan setiap 4 x 24 jam.
 - Permukaan air selama perendaman harus tetap (kira-kira 2,5 cm) di atas permukaan contoh. Bila contoh sudah tidak mengalami pengembangan sebelum 4 x 24 jam, proses perendaman dihentikan. Catat pembacaan pada akhir perendaman.
 - Angkat mould dari dalam air, buang genangan air yang ada di atasnya. Angkat alat ukur pengembangan dari keping, kemudian mould beserta isinya ditimbang kembali.

- Pasang kembali keping beban seberat 10 lbs di atas permukaan benda uji, letakkan mould di atas piringan penekan pada alat penetrasi CBR.
- Atur piston penetrasi supaya menyentuh beban permukaan seberat 4,5 kg atau 10 lbs. Pembebanan permulaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara torak permukaan benda uji. Kemudian arlojo penunjuk beban dan arloji pengukur penetrasi dinolkan.
- Berikan pembebanan dengan teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit atau 0,05"/menit.
- Catat beban maksimum dan penetrasi bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 0,05".
- Keluarkan benda uji dari tekanan dan tentukan kadar air seluruh lapisan.
- Benda uji untuk pemeriksaan kadar air sekurang-kurangnya 100 gram untuk tanah berbutir halus, untuk tanah berbutir kasar sekurang-kurangnya 500 gram.

3.4. Pengujian Tanah Stabilisasi

Pengujian terhadap tanah yang akan stabilisasi, dilakukan dengan memakai alat dan prosedur yang sama pada pengujian pendahuluan dan pengujian karakteristik.

3.4.1. Pembuatan Sampel

Prosedur pembuatan sampel adalah sebagai berikut :

- a. Ambil contoh tanah yang dikeringkan dan diayak dengan ayakan no.4. Kemudian ambil ± 75 kg dan dibagi menjadi 15 bagian, masing-

- masing bagian 5 kg lalu tambah air dengan kadar air optimum dan campur hingga merata.
- b. Tanah kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik dan tutup rapat, tanah dibiarkan selama 24 jam agar kadar air merata.
 - c. Setelah didiamkan selama 24 jam contoh tanah dicampur semen dengan variasi 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10% ; dan 15% dari berat basah contoh tanah. Tanah diaduk sampai homogen. Pemakaian kadar semen antara 2,5 % sampai dengan 15 % adalah untuk mengetahui efisiensi dan nilai ekonomis penggunaan kadar semen yang menghasilkan nilai daya dukung yang optimum pada tanah lempung lunak melalui percobaan CBR.
 - d. Masukkan sampel kedalam mould masing-masing 3 lapis dan tiap lapis ditumbuk dengan tumbukan 10x untuk mould pertama selanjutnya 30x dan 65x untuk mould berikutnya.
 - e. Permukaan sampel kemudian diratakan sesuai tinggi mould, kemudian sampel dan mould ditimbang untuk mengetahui kepadatan basahnya.
 - f. Sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik dan ditutup rapat-rapat untuk menjaga kelembaban udara dalam kantong usahakan agar sampel tidak kontak langsung dengan air dan sinar matahari.
 - g. Selanjutnya dilakukan pemeliharaan/curing dengan tenggang waktu selama 0, 7, 14, 28, 42, 56 hari untuk masing-masing variasi semen.

Adapun tujuan dari waktu curing adalah :

- Untuk mengetahui waktu yang akan dibutuhkan dalam percobaan guna mendapatkan nilai CBR maksimum.
- Untuk mengetahui standard laboratorium sebagai bahan perbandingan untuk dilapangan.

Setelah sampai batas waktu pemeliharaan yang telah ditentukan, maka sampel dikeluarkan dari kantong plastik kemudian direndam selama 96 jam.

3.4.2. Pengujian Pemadatan

Pengujian pemadatan dilakukan untuk memperoleh hasil kepadatan kering tanah yang layak untuk perencanaan pondasi serta bangunan-bangunan sipil lainnya. Tanah yang telah distabilisasi dipadatkan dengan menggunakan standart proctor dengan komposisi semen 2,5%; 5%, 7,5%; 10% dan 15%, terhadap berat basah tanah.

3.4.3. Pengujian California Bearing Ratio.

Pengujian California Bearing Ratio dimaksudkan untuk memperoleh nilai daya dukung yang optimum yang dapat dihasilkan dari pencampuran lempung dan semen untuk dipergunakan pada perencanaan lapisan perkerasan jalan atau sebagai subgrade. Pada dasarnya pengujian California Bearing Ratio sebelum stabilisasi adalah sama, hanya yang membedakan adalah sampelnya, dimana sampel sebelum stabilisasi merupakan kondisi natural, sedangkan sampel setelah stabilisasi sudah dicampur dengan semen dengan variasi tertentu.

PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK
TERHADAP NILAI CBR

UNIVERSITAS
B S A B

IV

Analisis Hasil Penelitian

BAB IV

ANALISIS HASIL PENELITIAN

4.1. Analisis Karakteristik Dasar Tanah Lempung

4.1.1. Analisa Kadar Air Tanah

Kadar air adalah perbandingan harga antara air yang terkandung dalam tanah dengan butiran tanah dalam persen (%). Tanah mempunyai kandungan air yang berbeda-beda tergantung asal dan jenis tanah tersebut.

Dari hasil pengujian kadar air yang diperoleh pada penelitian kami, dimana tanah yang berasal dari Limbung sebesar 35,46 % dan tanah yang berasal dari Borong sebesar 48,74%.

4.1.2. Analisis Berat Jenis Tanah

Berat jenis (specific gravity) dapat didefinisikan sebagai perbandingan berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w). Pada temperatur 4°C nilai berat jenis (Gs) tidak berdimensi.

Nilai berat jenis tanah untuk berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1. Nilai Berat Jenis Tanah
(*Mekanika Tanah I, Hary CH, 1992*)

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Dari hasil pengujian yang kami lakukan, sampel tanah yang berasal dari Limbung mempunyai berat jenis (G_s) = 2,59 sedangkan sampel tanah yang berasal dari Borong mempunyai berat jenis (G_s) = 2,70. Berdasarkan Tabel 4.1. diatas, maka dilakukan identifikasi bahwa sampel tanah yang berasal dari Limbung termasuk jenis tanah Lempung Organik sedangkan yang berasal dari Borong termasuk jenis tanah Lempung Anorganik.

4.1.3. Analisis Batas-Batas Atterberg Tanah

Hal yang penting dari tanah berbutir halus adalah sifat plastis, tingkat plastis, batas cair, dan batas plastisnya, merupakan parameter yang dapat memberikan gambaran mengenai sifat dari suatu material tersebut, mencakup deformasi serta perubahan bentuk yang mungkin terjadi akibat pembebanan.

Plastisitas suatu tanah sangat dipengaruhi oleh kadar air sehingga tanah dapat diklasifikasikan dalam keadaan cair, plastis, semi padat atau padat.

- *Batas Cair (liquid limit)*

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Hasil pengujian tanah sebelum stabilisasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2. Nilai Kadar Air dan Jumlah Ketukan
(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Limbung (Gowa)		Borong (Makassar)	
Jumlah blow/Ketukan	Kadar Air (%)	Jumlah blow/Ketukan	Kadar Air (%)
30	35,36	50	78,12
26	36,03	26	88,80
20	39,61	17	93,08
15	40,00	10	98,13
10	40,06	9	98,92
4	52,55	4	106,99

Dari data tersebut diatas grafik antara jumlah blow dengan kadar air (grafik terlampir), sehingga diperoleh batas cair untuk sampel yang berasal dari Limbung (LL) = 36 %, sedang yang berasal dari Borong (LL) = 88,8 %

- *Batas Plastis (plastis limit)*

Batas plastis adalah batas dengan kadar air tertentu dimana tanah yang digulung dengan telapak tangan setelah mencapai 1/8" mulai retak, atau kadar air pada batas bawah daerah plastis. Dari pengujian batas plastis diperoleh (PL) = 26,07 % untuk sampel dari Limbung, sedangkan sampel dari Borong (PL) = 37,95 %.

$$\begin{aligned}
 \text{Indeks Plastis (IP)}_{\text{limbung}} &= \text{LL} - \text{PL} \\
 &= 36 - 26,07 \\
 &= 9,93 \% , \text{ sedangkan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Indeks Plastis (IP)}_{\text{borong}} &= \text{LL} - \text{PL} \\
 &= 88,8 - 37,95 \\
 &= 50,85 \%
 \end{aligned}$$

4.1.4. Analisis Gradasi Tanah

Sifat-sifat tanah sangat tergantung pada ukuran butirannya, besarnya butiran dapat dijadikan dasar pemberian nama dan klasifikasinya.

Tabel 4.3. Nilai Ukuran Butir Tanah

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Sampel Tanah Borong (Makassar)		Sampel Tanah Limbung (Gowa)	
Size (mm)	Comulatif percent finer (%)	Size (mm)	Comulatif percent finer (%)
0,850	98,940	0,850	99,952
0,425	96,542	0,425	98,659
0,250	93,256	0,250	97,334
0,106	91,382	0,106	95,466
0,075	80,193	0,075	89,160
0,044	79,125	0,044	78,175
0,031	76,175	0,032	70,225
0,020	70,225	0,020	62,275
0,012	64,925	0,012	54,325
0,009	56,975	0,009	49,025
0,006	35,998	0,006	33,125
0,003	26,675	0,003	30,475
0,001	11,925	0,001	17,225

Dari hasil pengujian laboratorium di atas dibuat grafik hubungan antar parameter antara diameter butir dan prosentasenya, sehingga dapat dilihat lengkung gradasinya berada pada daerah clay, silt, dan sand dengan distribusi butiran untuk sampel dari Borong clay = 34,45 %, silt = 48,22 %, sand = 18,75 %. Sedangkan untuk sampel yang berasal dari Limbung clay = 32,50%, silt = 57,00 %, sand = 10,42 %.

Untuk mengklasifikasikan tanah tersebut didasarkan atas tiga metode, yaitu :

- a. Berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)
Diperoleh bahwa sampel tanah yang berasal dari Borong termasuk tanah Lempung sedangkan sampel yang berasal dari Limbung termasuk kedalam jenis tanah Lempung Lanau.
- b. Berdasarkan AASHTO
Karena prosentase kedua sampel tersebut lolos saringan No. 200 (F) lebih besar dari 35 %, maka tanah tersebut termasuk jenis tanah lanau lempung.
- c. Berdasarkan sistim UNIFIED
Batas cair (LL) sampel tanah dari *Borong* > 50 % dengan index plastis (IP) = 50,85 % berarti termasuk jenis tanah Lempung Anorganik (CH), sedangkan batas cair sampel tanah dari *Limbung* < 50 % dengan index plastis (IP) = 9,93 % berarti termasuk jenis tanah Lanau Organik dan Lempung Berlanau Organik dengan plastis rendah (OL).

4.1.5. Analisis Hasil Pemadatan Tanah

Maksud pemadatan adalah untuk mencari kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, maka perlu diadakan pengujian pemadatan. Pengujian pemadatan di laboratorium digunakan sebagai dasar pelaksanaan pemadatan yang dilaksanakan dilapangan.

Pada pengujian ini guna mendapatkan hasil yang memperlihatkan nilai kadar yang terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maximum, maka dilakukan pengurangan dan penambahan air dari kadar air pada kondisi natural dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4. Nilai Kadar Air dan Berat Volume Kering (γ_d)
(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Limbung (Gowa)		Borong (Makassar)	
Wc (%)	γ_d (gr/cm ³)	Wc (%)	γ_d (gr/cm ³)
24,22	1,31	25,09	1,22
26,52	1,33	26,65	1,26
28,42	1,34	31,59	1,33
32,79	1,32	39,25	1,32
35,25	1,29	43,39	1,24
37,78	1,25	44,00	1,20

Dari Hasil pengujian berindikasi bahwa jika kadar air berada di atas atau di bawah prosentase kadar air kondisi natural maka berat volume kering (γ_d) berkurang, hal ini diakibatkan bilamana kadar air tanah rendah maka tanah tersebut keras atau kaku dan sukar dipadatkan, dan bila kadar air berada pada kondisi natural maka air tanah akan bertindak sebagai pelumas sehingga tanah tersebut lebih mudah dipadatkan dan ruang kosong antara butir kecil, akan tetapi bila kadar air tinggi diatas kadar air natural kepadatan akan turun karena pori-pori tanah akan penuh terisi oleh air yang tidak dapat dikeluarkan dengan cara memadatkan.

Selanjutnya digambarkan sebuah grafik hubungan antara kadar air dengan berat volume kering diperoleh kepadatan kering (γ_d) = 1,34 gr cm³. kadar air optimum (OMC) = 29,25 % untuk sampel dari Limbung, sedangkan

sampel yang berasal dari Borong memiliki kepadatan kering (γ_d) = 1,35 gr/cm³ dengan kadar air optimum (OMC) = 34,25 %. Apabila pemadatan yang dilakukan melampaui nilai kadar air optimum akan dapat mengurangi kepadatan tanah sehingga kadar air optimum yang diperoleh merupakan acuan pelaksanaan pemadatan.

4.2. Analisis Karakteristik Tanah Hasil Stabilisasi

4.2.1. Analisis Kadar Air (Wc) Tanah

Kadar air (Wc) didefinisikan sebagai rasio berat air terhadap berat kering tanah yang biasanya dinyatakan dalam persen (%). Tanah berbutir halus sangat dipengaruhi oleh air, hal ini disebabkan oleh luas permukaan spesifiknya yang besar sehingga akan mempengaruhi plastisitas dari tanah itu sendiri. Untuk mengatasi hal ini, maka salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menambahkan zat additive berupa semen agar air pori tanah dapat berkurang. Dari hasil pengujian laboratorium (*Tabel 4.5*) menunjukkan bahwa *semakin tinggi kadar semen yang diberikan pada massa tanah lempung maka semakin berkurang kadar air yang terkandung dalam tanah lempung tersebut.*

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kadar Air Hasil Stabilisasi
(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Prosentase Semen (%)	0		2,5		5,0		7,5		10		15	
	Limbung	Borong	Limbung	Borong	Limbung	Borong	Limbung	Borong	Limbung	Borong	Limbung	Borong
Kadar Air (Wc)	29,25	34,25	29,00	31,53	28,50	30,50	27,50	29,00	24,20	28,25	22,85	26,20

Dengan melihat tabel diatas dapat dikatakan bahwa pengaruh penambahan semen dengan variasi yang berbeda dapat menurunkan nilai kadar air, dimana pada saat kondisi tanah dalam kondisi natural nilai kadar air tanah yang berasal dari Limbung 29,25 %, setelah dicampur dengan semen maka nilai kadar airnya turun sampai 22,85 %. Adapun sampel tanah yang berasal dari Borong nilai kadar air kondisi natural 34,25 % dan turun hingga mencapai 26,20 % setelah dicampur dengan semen.

Hal ini memberikan keuntungan bagi peningkatan daya dukung tanah lempung terutama lempung dengan kadar air yang relatif tinggi, sebab dengan menurunnya kadar air, maka porositas tanah akan semakin mengecil dikarenakan rongga yang tadinya terisi oleh air digantikan oleh semen.

4.2.2. Analisis Kepadatan Kering (γ_d) Tanah

Hasil pemeriksaan pada kondisi natural memberikan suatu nilai kepadatan kering (γ_d) adalah 1,34 gr/cm³ untuk sampel yang berasal dari Limbung. Adapun sampel yang berasal dari Borong kepadatan keringnya (γ_d) adalah 1,35 gr/cm³. Akan tetapi pada saat setelah tanah dicampur dengan semen nilai kepadatan kering cenderung meningkat seiring dengan penambahan kadar semen.

Tabel 4.6. Nilai Kepadatan Kering (γ_d) Hasil Stabilisasi
(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Prosentase Semen (%)	0		2,5		5,0		7,5		10		15	
	Lambung	Borong	Lambung	Borong	Lambung	Borong	Lambung	Borong	Lambung	Borong	Lambung	Borong
Kepadatan Kering (γ_d)	1,34	1,35	1,38	1,38	1,40	1,39	1,41	1,40	1,42	1,42	1,43	1,43

Kenaikan kepadatan kering (γ_d) tersebut berkisar antara 1,34 gr/cm³ sampai 1,43 gr/cm³. Bertambahnya nilai kepadatan kering (γ_d) disebabkan oleh semen sebagai bahan stabilisasi dengan ukuran butiran yang sangat kecil mengisi ruang kosong/pori-pori dalam tanah, sehingga diperoleh daya ikat yang baik antara butirannya disamping itu juga memperkecil kandungan air dalam tanah.

4.2.3. Analisa Daya Dukung Tanah

Peningkatan daya dukung tanah dapat dilihat dari pemeriksaan California Bearing Ratio (CBR) dalam kondisi natural dan penambahan prosentase kadar semen yang bervariasi dengan masa curing tertentu.

Pengaruh penambahan prosentase kadar semen terhadap kekuatan tanah lempung lunak mempunyai kecenderungan bahwa *semakin tinggi prosentase kadar semen yang digunakan maka semakin tinggi kekuatan tanah yang diperoleh*, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.7. dibawah ini.

Tabel 4.7. Nilai CBR Hasil Stabilisasi
(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium)

Curing (Hari)	Kadar Semen (%)									
	2,5		5		7,5		10		15	
	Limbung	Borong	Limbung	Borong	Limbung	Borong	Limbung	Borong	Limbung	Borong
0	19,58	16,00	24,00	21,00	29,00	26,00	36,00	30,50	51,00	47,00
7	26,00	22,00	34,00	33,00	46,00	43,75	55,00	51,00	76,00	73,00
14	31,50	28,00	41,00	38,00	53,00	50,00	65,00	62,25	87,00	84,00
28	34,00	32,00	46,00	43,00	59,00	56,00	71,00	67,75	97,00	94,00
42	38,00	35,00	49,00	46,00	64,00	61,00	75,00	71,75	105,00	102,00
56	40,50	38,00	51,00	49,00	67,00	64,00	79,00	75,50	108,00	105,00



DENGARUH VARIASI KADAR SEMEN
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK
TERHADAP NILAI CBR

23 24 23

V

Perbahasan Hasil Penelitian

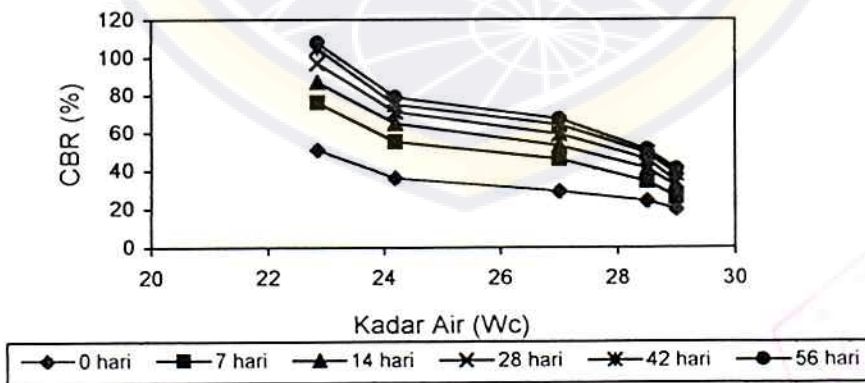
BAB V

PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

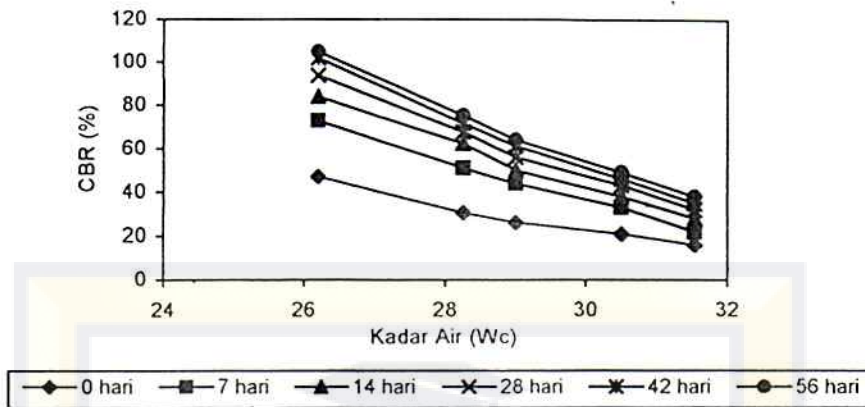
5.1. Pengaruh Kadar Air (Wc) Terhadap Nilai CBR Setelah Stabilisasi.

Dalam kadar air normal, tanah lempung memiliki kekuatan yang cukup besar, namun bila diberi air akan lebih bersifat plastis yang mengakibatkan kekuatan tanah menjadi lebih kecil. Jika tanah dikeringkan kembali (Wc mendekati nol), akan terbentuk bongkahan yang keras dan kuat. Kondisi demikian tidak menguntungkan dipakai dalam pembangunan baik sebagai timbunan maupun sebagai lapisan pada jalan.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa *semakin kecil nilai kadar air semakin besar pula nilai CBR* yang akan terjadi. Hal ini disebabkan karena adanya campuran semen yang mengisi ruang pori tanah dan membentuk kerangka dalam tanah tersebut. Akibatnya air yang ada dalam tanah menjadi berkurang dan secara otomatis meningkatkan daya dukung tanah seiring dengan penambahan kadar semen yang bervariasi.



Grafik 5.1 Hubungan Antara Kadar Air (Wc) Dengan CBR (Sampel Limbung)

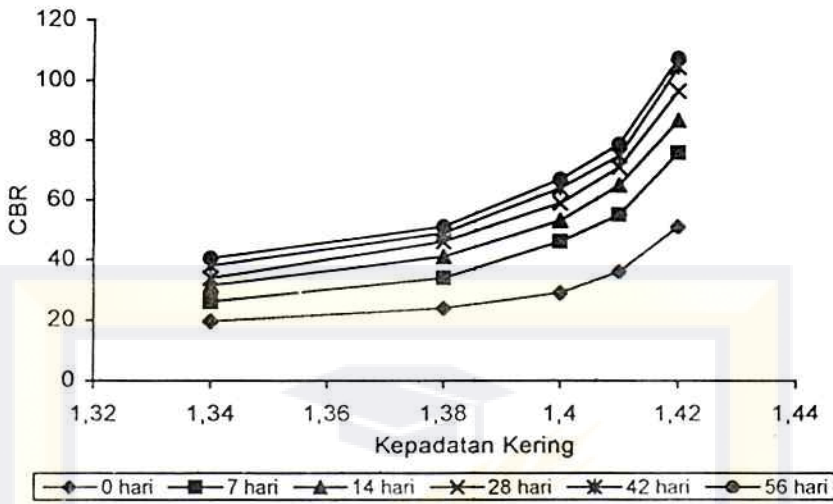


Grafik 5.2 Hubungan Antara Kadar Air (Wc) Dengan CBR (Sampel Borong)

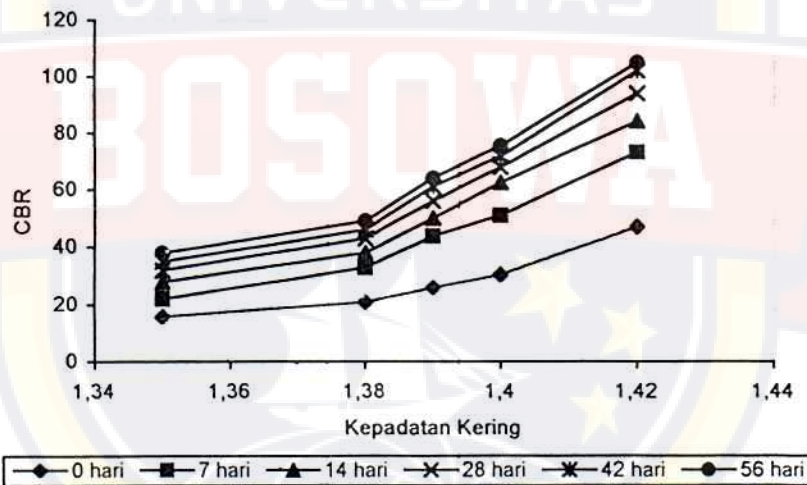
5.2. Pengaruh Kepadatan Kering (γ_d) Terhadap Nilai CBR Setelah Stabilisasi.

Penambahan semen sebagai bahan additive dengan variasi tertentu pada tanah lempung akan menyebabkan peningkatan kepadatan kering sejalan dengan penambahan semen.

Bertambahnya nilai kepadatan kering tanah tersebut disebabkan oleh karena berkurangnya kadar air akibat dari hidrasi semen. Dengan demikian *semakin tinggi nilai kepadatan kering tanah tersebut maka semakin tinggi pula daya dukung/nilai CBR yang terjadi*. Hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan antara kepadatan kering dengan nilai CBR.



Grafik 5.3 Hubungan Kepadatan Kering Dengan CBR (Sampel Limbung)



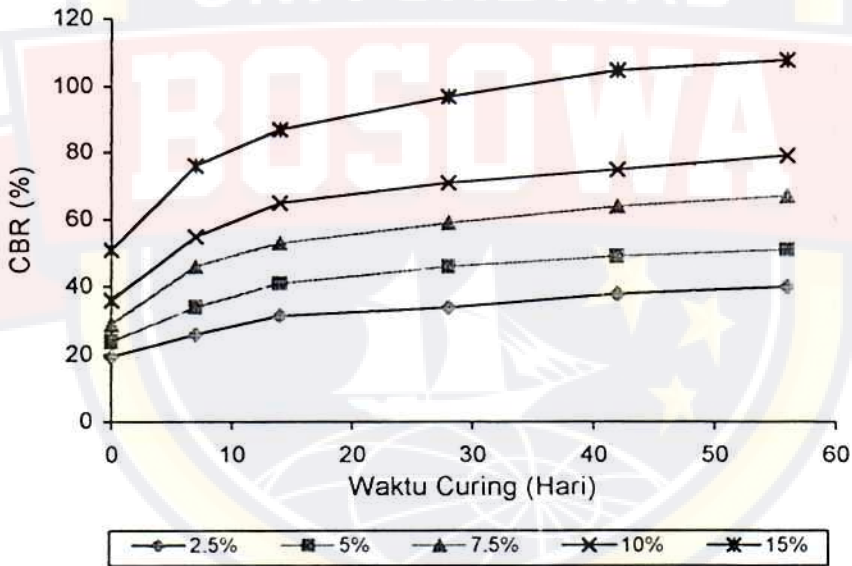
Grafik 5.4 Hubungan Kepadatan Kering Dengan CBR (Sampel Borong)

5.3. Pengaruh Waktu Curing Terhadap Nilai CBR Setelah Stabilisasi.

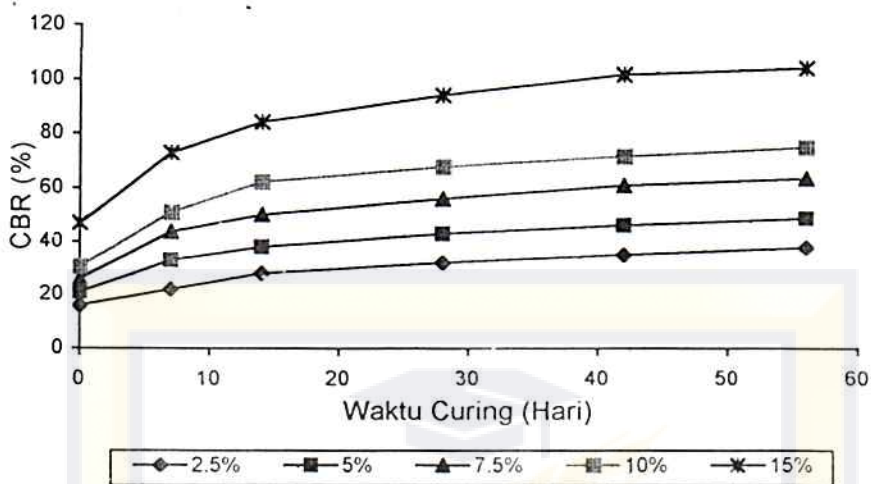
Dari grafik hubungan antara waktu curing dengan nilai CBR memperlihatkan peningkatan kekuatan tanah (nilai CBR) untuk masing-masing prosentase kadar semen seiring dengan lamanya waktu curing. Namun

peningkatan kekuatan tanah yang berarti mulai nampak pada hari ke 7 dan menjadi relatif kecil setelah melewati waktu curing 28 hari. Hal ini diakibatkan oleh adanya kandungan bahan – bahan kimia yang terdapat dalam semen, saat bercampur dengan air mengalami proses hidratisasi yang menimbulkan efek perkuatan pada campuran tanah tersebut.

Peningkatan kekuatan yang berarti mulai nampak pada hari ke 7 dan terus bertambah sampai hari ke 28, setelah hari ke 28 kekuatan tanah terus bertambah namun relatif kecil, hingga pada hari ke 42 cenderung tidak terjadi peningkatan kekuatan tanah (sekitar 2 % - 3 %).



Grafik 5.5 Hubungan Waktu Curing Dengan CBR (Sampel Limbung)



Grafik 5.6 Hubungan Waktu Curing Dengan CBR
(Sampel Borong)

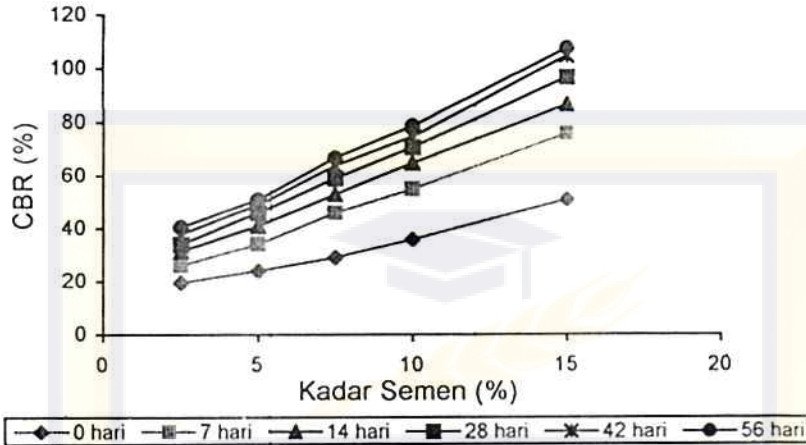
5.4. Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Setelah Stabilisasi.

Seperti penjelasan sebelumnya bahwa apabila tanah lempung diberi bahan additive berupa semen, maka ruang pori yang terdapat pada massa tanah tersebut akan terisi oleh semen dan akan terjadi reaksi pengikatan. Reaksi ini akan mengakibatkan kadar air berkurang seiring dengan penambahan semen, dengan berkurangnya kadar air maka terjadi peningkatan kepadatan, secara otomatis daya dukung (nilai CBR) juga mengalami peningkatan..

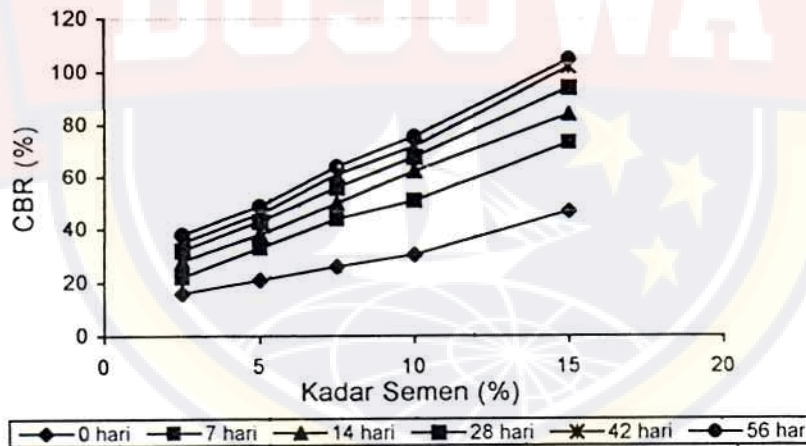
Melihat grafik hubungan antara kadar semen dengan CBR peningkatan nilai CBR terus bertambah dan hampir menunjukkan garis linier, hal ini disebabkan oleh bahan-bahan organik atau zat kimia lain yang terkandung di dalam tanah terdistribusi secara merata dalam massa tanah.

Sedangkan efisiensi dan nilai ekonomis penggunaan semen yang efektif adalah pada kadar 7,5 % sampai 10 % karena pada interval ini

memperlihatkan peningkatan yang besar bila dibandingkan dengan interval 2,5 % - 7,5 %.



Grafik 5.7 Hubungan Kadar Semen Dengan CBR (Sampel Limbung)



Grafik 5.8 Hubungan Kadar Semen Dengan CBR (Sampel Borong)

PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK
TERHADAP NILAI CBR

UNIVERSITAS
23 24 23

VI

Kesimpulan Dan Saran

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium, yaitu dengan melakukan penambahan semen dengan variasi tertentu terhadap tanah lempung lunak sebagai bahan stabilisasi, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan semen terhadap tanah jenis lempung lunak ternyata dapat memperbaiki karakteristik teknis pada tanah. Hal ini dapat dilihat dari kadar air tanah yang semakin menurun dan kepadatan kering bertambah nilainya.
2. Kekuatan tanah campuran yang semakin meningkat yang dapat diidentifikasi dari hasil test CBR, bertambah seiring dengan penambahan kadar semen (penelitian menggunakan kadar semen dari 2,5% - 15%). Akan tetapi kekuatan yang cukup besar terjadi pada campuran soil - cement dengan kadar antara 7,5% - 15%. Namun untuk kadar semen 7,5 % - 10 % sudah cukup untuk menghasilkan kepadatan tanah yang diharapkan baik dalam perencanaan jalan maupun perencanaan pondasi bangunan pada umumnya.
3. Dari hasil penelitian dibuktikan bahwa tanah lempung yang berasal dari Limbung lebih ekonomis untuk distabilisasi dengan semen dibandingkan dengan tanah lempung yang berasal dari Borong. Hal ini diidentifikasi dari nilai Indeks Plastis (IP) lempung Limbung yang jauh lebih kecil (IP = 9,93 %) dibandingkan dengan lempung Borong (IP = 50,85 %). Sehingga Lempung Limbung lebih mudah untuk distabilisasi dibandingkan dengan lempung Borong.

4. Kekuatan tanah campuran juga bertambah seiring dengan penambahan waktu curing (penelitian ini mengambil waktu curing sebagai berikut : 0, 7, 14, 28, 42, dan 56 hari).

6.2. Saran - Saran

1. Dalam proses pencampuran hendaknya menggunakan mixer, hal ini dimaksudkan agar sampel betul – betul homogen kemudian di test, sehingga mobilisasi unsur semen dalam campuran dapat optimal.
2. Agar lebih mengetahui perubahan sifat dan karakteristik tanah lempung yang distabilisasi dengan semen, maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut, terutama mengenai potensi pengembangan (*swelling potential*) dan tekanan pengembangan (*swelling pressure*) pada campuran soil – cement.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous., *Laporan Praktikum Mekanika Tanah*, Kelompok VI, Universitas "45"
Makassar, 2000.
- Bowles E. Joseph., *Sifat – Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua, Erlangga,
Jakarta, 1989.
- Das. M. Braja., *Mekanika Tanah , Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jilid I,
Erlangga, Jakarta, 1998.
- Djarmiko. G & Purnomo Edy. S. J., *Mekanika Tanah I*, Kanisius, Yogyakarta, 1997.
- Gunawan, Y, A, & Yacob Yulizar., *Penuntun Praktis Praktikum Pada Laboratorium
Teknik Sipil*, Intermedia, Jakarta, 1987.
- Hardiyatmo C. H., *Mekanika Tanah I*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992.
- Ismoyo & Soetjipto., *Konstruksi Beton Bertulang I*, Gramedia Pustaka Utama,
Jakarta, 1978.
- Panguriseng Darwis., *Diktat Kuliah Stabilisasi Tanah*, Fakultas Teknik Universitas
"45" Makassar, 1998.
- Rusli., *Teknologi Semen Portland*, PT. Semen Tonasa, Pangkep, 1991.
- Sukirman Silvia., *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung, 1995
- Yusmin. M., *Diktat Kuliah Bahan Bangunan*, UNHAS, Tanpa tahun.

PENGARUH VARIASI KADAR SEMEN
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK
TERHADAP NILAI CBR

UNIVERSITAS

BOSOWA

Lampiran - Lampiran

PEMB. HYDRO 1 CM232	Dia 5,8 mm	Dia 6,0 mm	Dia 6,2 mm	Dia 6,4 mm	132	1107	12 → 232
1.000	177,59	178,09	178,09	178,94	0996	13,65	19,125
1.001	175,49	175,99	176,02	176,84	0991	13,625	19,090
1.002	173,40	173,90	173,96	174,75	0996	13,40	18,675
1.003	171,31	171,81	171,90	172,66	0999	13,175	18,260
1.004	169,21	169,71	169,83	170,56	1000	12,95	18,225
1.005	167,12	167,62	167,77	168,47	1	12,75	18,00
1.006	165,03	165,53	165,71	166,38	2	12,50	17,78
1.007	162,93	163,43	163,64	164,28	3	12,28	17,55
1.008	160,84	161,34	161,58	162,19	4	12,05	17,33
1.009	158,75	159,25	159,52	160,10	5	11,83	17,10
1.010	156,65	157,15	157,45	158,00	6	11,60	16,88
1.011	154,56	155,06	155,39	155,19	7	11,38	16,65
1.012	152,47	152,97	153,33	153,82	8	11,15	16,43
1.013	150,37	150,87	151,26	151,72	9	10,93	16,20
1.014	148,28	148,78	149,20	149,63	10	10,70	15,97
1.015	146,19	146,69	147,14	147,54	11	10,47	15,75
1.016	144,10	144,60	145,11	145,00	12	10,25	15,53
1.017	142,01	142,51	143,03	143,51	13	10,03	15,30
1.018	140,10	140,60	141,05	141,48	14	9,80	15,08
1.019	138,07	138,57	139,02	141,45	15	9,58	14,85
1.020	136,04	136,54	136,99	137,39	16	9,36	14,63
1.021	134,01	134,51	134,96	135,36	17	9,14	14,40
1.022	131,98	132,48	132,93	133,33	18	8,92	14,18
1.023	129,95	130,45	130,90	131,30	19	8,70	13,95
1.024	127,92	128,42	128,87	129,27	20	8,48	13,73
1.025	125,89	126,39	126,84	127,24	21	8,26	13,50
1.026	123,86	124,36	124,81	125,21	22	8,04	13,28
1.027	121,93	122,33	122,78	123,18	23	7,82	13,05
1.028	119,80	120,30	110,75	121,15	24	7,60	12,83
1.029	117,77	118,27	118,72	119,12	25	7,38	12,60
1.030	115,74	116,24	116,69	117,09	26	7,16	12,38
1.031	113,71	114,21	114,66	115,06	27	6,94	12,15
1.032	101,68	112,18	112,63	113,03	28	6,72	11,93
1.033	109,65	110,15	110,60	111,00	29	6,50	11,70
1.034	107,62	108,12	108,57	108,97	30	6,28	11,48
1.035	105,59	106,09	106,54	106,94	31	6,06	11,25
1.036	103,63	104,13	104,58	104,98	32	5,84	11,03
1.037	101,67	102,17	102,62	103,02	33	5,62	10,80
1.038	99,71	100,21	100,66	101,06	34	5,40	10,58
1.039	97,75	98,25	98,70	99,1	35	5,18	10,35
1.040	95,79	96,29	96,74	97,14	36		
1.041	93,83	94,33	94,78	95,18	37		
1.042	91,87	92,37	92,82	93,22	38		
1.043	89,91	90,41	90,86	91,26	39		
1.044	87,95	88,45	88,90	89,3	40		
1.045	85,99	86,49	86,94	87,34	41		
1.046	84,03	84,53	84,98	85,38	42		
1.047	82,07	82,57	83,02	83,42	43		
1.048	80,11	80,61	81,06	81,46	44		
1.049	78,15	78,65	79,10	79,50	45		
1.050	76,19	76,69	77,14	77,54	46		

Table 1. Density of Distilled Water

Temperature °C	Density of water g/cm ³	Temperature °C	Density of water g/cm ³	Temperature °C	Density of water g/cm ³
4	1.000 0	16	0.998 9	28	0.996 2
5	1.000 0	17	0.998 8	29	0.995 9
6	0.999 9	18	0.998 6	30	0.995 7
7	0.999 9	19	0.998 4	31	0.995 3
8	0.999 9	20	0.998 2	32	0.995 0
9	0.999 8	21	0.998 0	33	0.994 7
10	0.999 7	22	0.997 8	34	0.994 4
11	0.999 6	23	0.997 5	35	0.994 0
12	0.999 5	24	0.997 3	36	0.993 7
13	0.999 4	25	0.997 0	37	0.993 3
14	0.999 2	26	0.996 8	38	0.993 0
15	0.999 1	27	0.996 5	39	0.992 6

(2) The density of soil particles shall be calculated from the following formula:

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_s + (m_w - m_s) \rho_w(T)}$$

where, ρ_s : density of soil particles (g/cm³)

m_s : mass of furnace-dried sample (g)

m_w : mass of pycnometer filled with distilled water of temperature T °C and sample (g)

T : temperature of content of pycnometer when m_w has been weighed (°C)

7. Report

Regarding the test results, the following item shall be reported.

Density of soil particles

Informative Reference: In the case where the particles of 9.5 mm or over have been eliminated, it is preferable to report the outline value of its mass percentage occupying in the total mass.

DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENERBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 858792 - 868761 FAX (0411) 866761 MAKASSAR (90222)

WATER CONTENT TEST

No. S-1	No. S-2
Ww = 1650 gr	Ww = 1725 gr
Dw = 1325 gr	Dw = 1380 gr
Tw = 405,42 gr	Tw = 410,20 gr
Wc = 35,34 %	Wc = 35,57 %
Mean Wc = 35,46 %	

SPEIFIC GRAVITY TEST
(JIS A 1202)

Location : Limbung Gowa	Date of sampling : 02 April 2001	
Tested by : Jumeidir / Suparyat	Date of testing : 03 April 2001	
Determination No.	1	2
No. of pycnometer	20	81
Wt. Of pycnometer Wf (gr)	35,17	34,82
Wt. (pycnometer + water) W'a (gr)	85,20	84,79
Temperatur of calibration T' °C (Corresponding with W'a) T' °C	28	28
Water density ρ_w calibration T' °C	0,9962	0,9962
Wt. (pycnometer + soil + water) W'b (gr)	95,45	94,97
Temperatur of Test (Corresponding to Wb) T' °C	28	28
Water density ρ_w test at T' °C	0,9962	0,9962
Wt. (container + dry soil) (gr)	51,80	51,41
Wt. of Container (gr)	35,17	34,82
Weight of Soil (Wo) (gr)	16,63	16,59
Correction Factor	1	1
{ ρ_w test T (C) / ρ_w calibration T (C) }	85,20	84,79
Wo + (Wa - Wb) (gr)	6,38	6,41
Specific Gravity T' (C) [Wo / (Wo + (Wa - Wb))]	2,61	2,59
Specific Gravity [Wo / (Wo + (Wa - Wb))] ρ_w (T')	2,60	2,58
Mean Value (Gs)	2,59	
Remarks :	$W_a = \{ \rho_w (T) / \rho_w (T') \} * (W_a - W_f) + W_f$	



DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 858792 - 858781 FAX. (0411) 856761 MAKASSAR (90222)

WATER CONTENT TEST

<p>No. S-1 Ww = 2013 gr Dw = 1480 gr Tw = 400,26 gr Wc = 49,36 %</p>	<p>No. S-2 Ww = 2053 gr Dw = 1516 gr Tw = 400 gr Wc = 48,11 %</p>
<p>Mean Wc = 48,74 %</p>	

SPECIFIC GRAVITY TEST
(JIS A 1202)

Location : Borong	Date of sampling : 02 April 2001	
Tested by : Jumeidir / Suparyat	Date of testing : 03 April 2001	
Determination No.	1	2
No. of pycnometer	20	81
Wt. Of pycnometer Wf (gr)	35,17	34,82
Wt. (pycnometer + water) W'a (gr)	85,20	84,79
Temperatur of calibration T' °C (Corresponding with W'a) T' °C	28	28
Water density pw calibration T' °C	0,9962	0,9962
Wt.(pycnometer + soil + water) W'b (gr)	94,16	93,86
Temperatur of Test (Corresponding to W'b) T' °C	28	28
Water density pw test at T' °C	0,9962	0,9962
Wt.(container + dry soil) (gr)	49,34	49,23
Wt. of Container (gr)	35,17	34,82
Weight of Soil (Wo) (gr)	14,17	14,41
Correction Factor	1	1
{pw test T (C) / pw calibration T (C)}	85,20	84,79
Wo + (Wa - Wb) (gr)	5,21	5,34
Specific Gravity T' (C) [Wo / (Wo + (Wa - Wb))]	2,72	2,70
Specific Gravity [Wo / (Wo + (Wa - Wb))]pw (T')	2,71	2,69
Mean Value (Gs)	2,70	
Remarks :	$W_a = \{p_w(T) / p_w(T') \cdot (W_a - W_f) + W_f$	

PROYEK PEMBANGUNAN
WILAYAH BILI-BILI
LABORATORIUM

DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
 PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX. (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

LIQUID LIMIT & PLASTIC LIMIT TEST
(JIS A 1205 – 1206)

Location : Limbung Gowa
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Date of sampling : 04 April 2001
 Date of testing : 05 April 2001

Liquid Limit Test Data

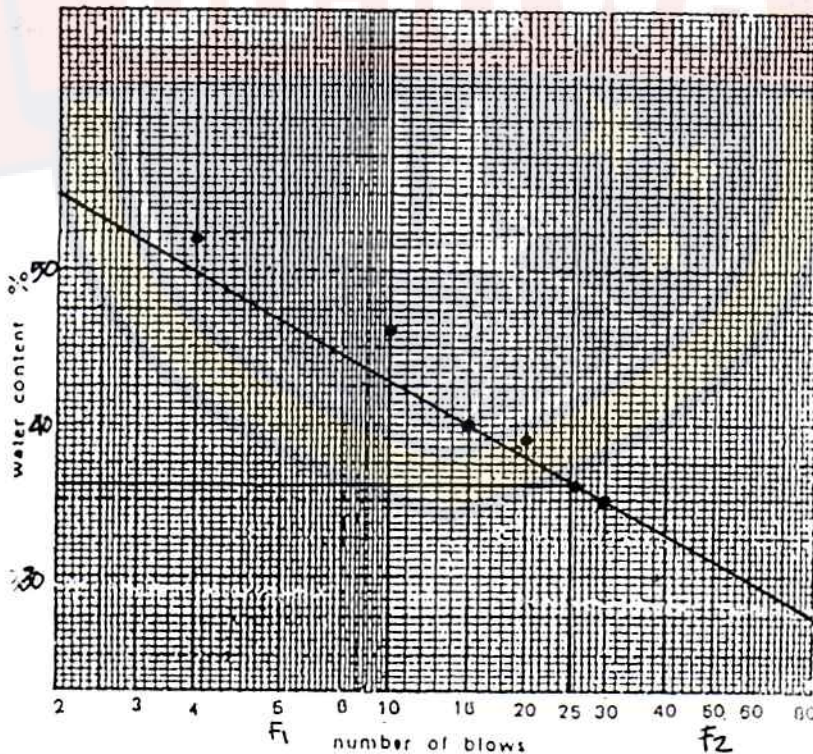
Determination No.	1	2	3	4	5	6
No. of blows	30	26	20	15	10	4
No. container	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6
Wet weight (Ww) gr	9,10	9,62	9,45	9,62	9,12	9,25
Dry weight (Dw) gr	7,47	7,84	7,62	7,72	7,19	7,09
Container weight (Tw) gr	2,86	2,90	3,0	2,97	3,0	2,98
Water content (Wc) %	35,36	36,03	39,61	40,0	46,06	52,55

Plastic Limit Test Data

No. container	F-7
Wet weight (Ww) gr	36,66
Dry weight (Dw) gr	29,63
Container weight (Tw) gr	2,67
Water content %	26,08

From Grafik

- Liquid limit (LL) = 36 %
- Plastic limit (PL) = 26,07 %
- Plasticity Index (PI) = 9,93 %
- Flow Index (FI) = (F1 – F2) = 46,5 – 31 = 15,5



DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX. (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

LIQUID LIMIT & PLASTIC LIMIT TEST
(JIS A 1205 - 1206)

Location : Borong
Tested by : Jumeidir / Suparyat
Date of sampling : 04 April 2001
Date of testing : 05 April 2001

Liquid Limit Test Data

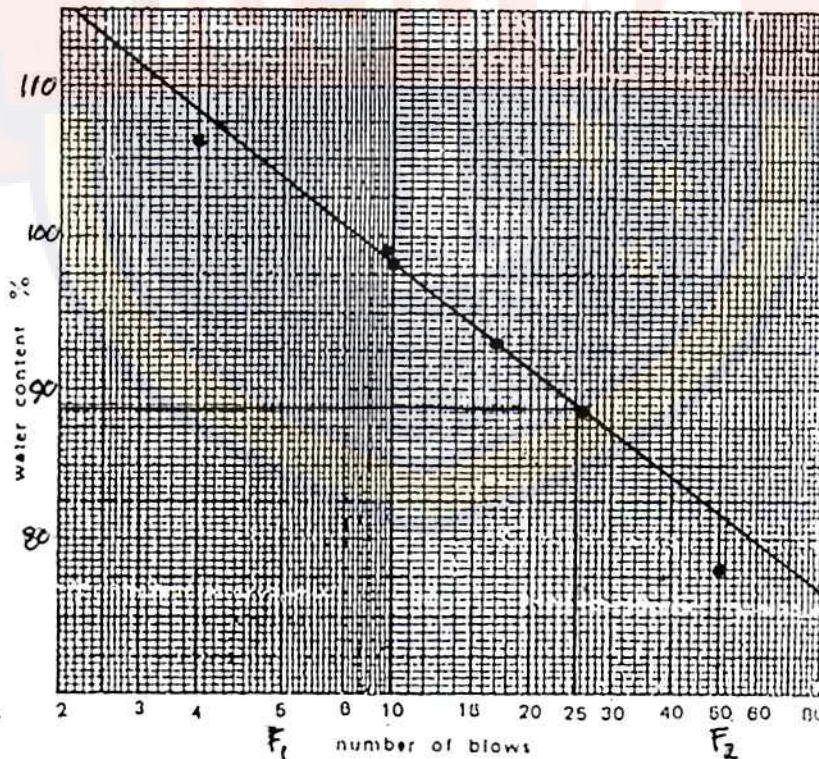
Determination No.	1	2	3	4	5	6
No. of blows	50	26	17	10	9	4
No. container	F-13	F-14	F-15	F-16	F-17	F-18
Wet weight (Ww) gr	8,83	10,32	9,21	9,22	10,32	11,95
Dry weight (Dw) gr	6,26	6,83	6,25	6,07	6,67	7,36
Container weight (Tw) gr	2,79	2,90	3,07	2,86	2,98	3,07
Water content (Wc) %	78,12	88,80	93,08	98,13	98,92	106,99

Plastic Limit Test Data

No. container	F-19
Wet weight (Ww) gr	26,51
Dry weight (Dw) gr	20,37
Container weight (Tw) gr	4,19
Water content %	37,95

From Grafik

- Liquid limit (LL) = 88,8 %
- Plastic limit (PL) = 37,95 %
- Plasticity Index (PI) = 50,85 %
- Flow Index (FI) = $(F1 - F2) = 104 - 81,5 = 78$



PROYEK PEMBANGUNAN
MAGSUK BIL-D
LABORATORIUM

DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 · 868781 FAX (0411) 866781 MAKASSAR (90222)

**GRAIN SIZE ANALISYS
(FINER PART)**

Location : Limbung Gowa	Date of sampling : 06 April 2001
Tested by : Jumeidir / Suparyat	Date of testing : 07 April 2001
W.(air dry soil + cont.) = 274,29 gr	Specific gravity = 2,59
Wt. Container = 208,92 gr	Plasticity index = 9,93 %
Wt. Air dry soil (W') = 65,37 gr	

I. WATER CONTENT OF AIR DRY SOIL SAMPEL

No. container	H-2	H-3	Mean value = 4,36 %
Wt. weight (gr)	34,76	35,46	
Dry weight (gr)	33,54	34,24	
Water content (%)	4,41	4,30	
$w = (100 \cdot w') / (100 + w) = 62,64$			

II. HYDROMETER ANALISYS Graduated Cylinder No. II (060) Hydrometer No. 232

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Elapse d time t min	Hidrometer reading		Tem pe ratu r °C	L min	Lt	$\sqrt{\frac{L}{t}}$	$\frac{300 \cdot G}{V \cdot (G_1 - G)}$	d 7 x 8	F	r+F	P 11xMx 1000	Comu- latif finer 12xP20
	Under decim al r	r' r + cm										
1	0,026	0,027	28	122,15	122,150	11,052	0,00395	0,044	0,0025	0,0295	78,175	No test
2	0,023	0,024	28	128,75	64,375	8,023	0,00395	0,032	0,0025	0,0265	70,225	No test
5	0,020	0,021	28	133,45	26,690	5,166	0,00395	0,020	0,0025	0,0235	62,275	No test
15	0,017	0,018	28	141,95	9,463	3,076	0,00395	0,012	0,0025	0,0205	54,325	No test
30	0,015	0,016	28	146,35	4,878	2,209	0,00395	0,009	0,0025	0,0185	49,025	No test
60	0,009	0,010	28	159,80	2,663	1,632	0,00395	0,006	0,0025	0,0125	33,125	No test
240	0,008	0,009	28	162,00	0,675	0,822	0,00395	0,003	0,0025	0,0115	30,475	No test
1440	0,003	0,004	28	173,30	0,120	0,347	0,00395	0,001	0,0025	0,0065	17,225	No test

$(100/w) = 1,596; G/(G-G_1) = 1,67$

$M = (100/w) \cdot G/(G-G_1) = 2,65$

Meniscus Correction (cm) = 0,001

III. SIEVE ANALISY

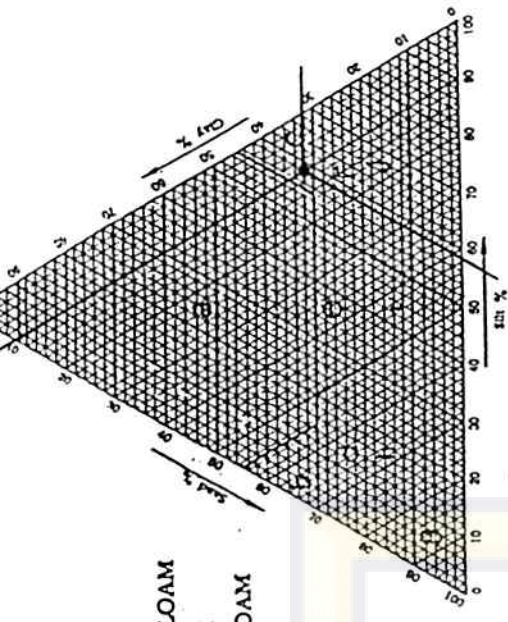
Sieve Openin g (mm)	Wt (soil) -Retained + container	Container No.	Wt. Container (gr)	Wt. of soil Retained (gr)	Per- cent retai- ned	Cumu lative per sent retai ned	Comu lative per- sent finer (P)	Corrected cumulative percent finerpart PxP20
0,85	5,87	H-3	5,84	0,03	0,048	0,048	99,952	No test
0,425	6,65	H-3	5,84	0,81	1,293	1,341	98,659	No test
0,25	6,67	H-3	5,84	0,83	1,325	2,666	97,334	No test
0,106	7,01	H-3	5,84	1,17	1,868	4,543	95,466	No test
0,075	9,79	H-3	5,84	3,95	6,306	10,840	89,160	No test

Nomenolature :
L : Effective depth in
ons
 η : Viscosity of water
G1 : Specific gravity of
water
d : Max. dia of soil
grain in mm
F : Correction factor

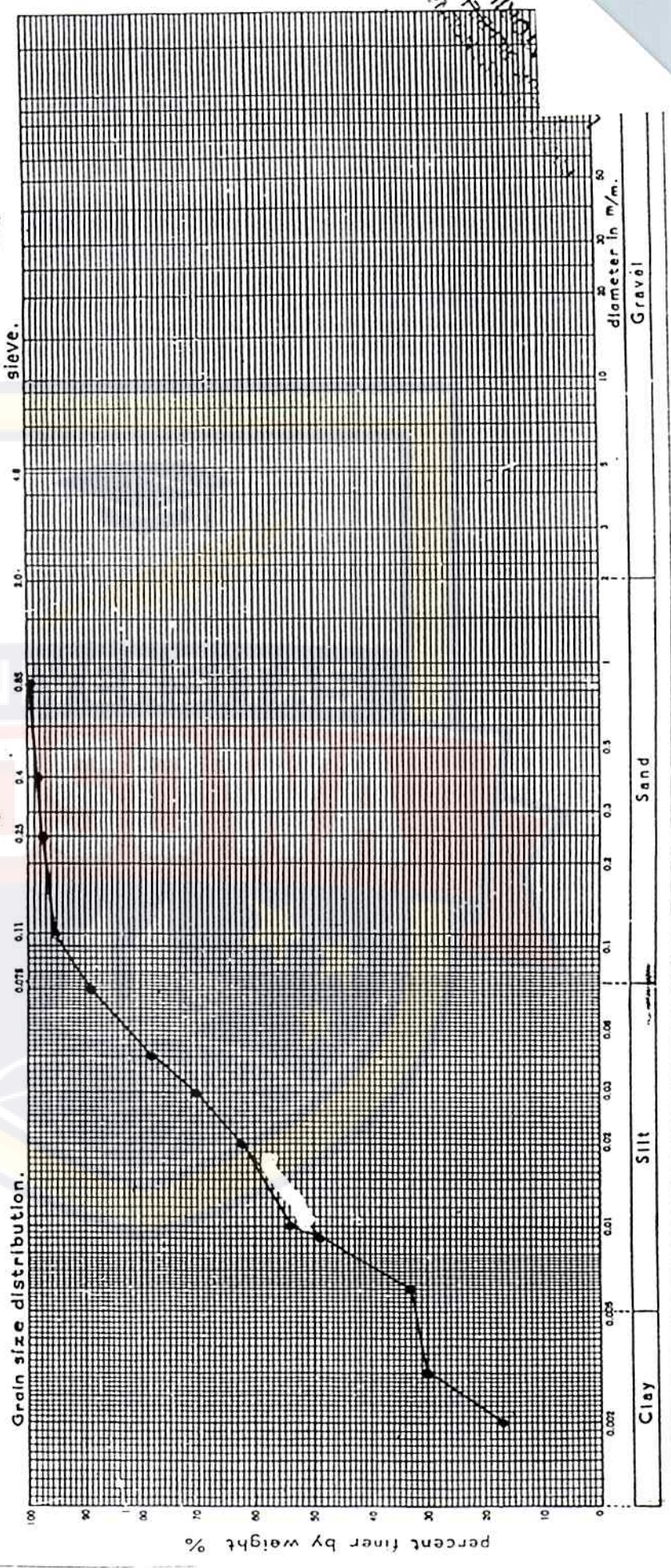
PROYEK PEMBANGUNAN
WILAYAH SUNGAI JENEBERANG
LABORATORIUM

LOCATION : Limbung
 DATE : _____
 TESTED BY : Jumeidar / Suparyet Specific Gravity : 2.59

- a CLAY
- b SANDY CLAY
- c SILTY CLAY**
- d SANDY CLAY LOAM
- e CLAYEY LOAM
- f SILTY CLAY LOAM
- g SAND
- h SANDY LOAM
- i LOAM
- j SILTY LOAM



Sample No.	Gravel %	Sand %	Silt %	Clay %	Max. size mm	D.60 mm	D.10 mm	Uniformity Coefficient	Classification
		10.42	57.00	32.50	0.85	0.075	—		Silty clay



DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 866781 FAX. (0411) 866781 MAKASSAR (90222)

GRAIN SIZE ANALISYS (FINER PART)

Location : Borong Tested by : Jumeidir / Suparyat V. (air dry soil + cont.) = 277,71 gr Vt. Container = 207,30 gr Vt. Air dry soil (W) = 70,41 gr	Date of sampling : 06 April 2001 Date of testing : 07 April 2001 Specific gravity = 2,70 Plasticity index = 50,85 %
---	--

I. WATER CONTENT OF AIR DRY SOIL SAMPEL

No. container	D-36	D-37	
Vt. weight (gr)	52,42	48,95	Mean value W = 18,41 %
Dry weight (gr)	45,46	42,57	
Container weight (gr)	7,82	7,76	
Water content (%)	18,49	18,33	
$w = (100 \cdot w)/(100+w) = 59,46 \text{ gr}$			

II. HYDROMETER ANALISYS Graduated Cylinder No. II (060) Hydrometer No. 232

Elapsed time t min	Hydrometer reading		Temperature t °C	L min	Lt	$\sqrt{\frac{L}{t}}$	$\sqrt{\frac{30\eta}{980(\rho_s - \rho)}}$	d 7 x 8	F	r+F	P 11xMx 1000	Comulative finer 12xP20
	Under decimal r	r + cm										
1	0,025	0,026	28	124,35	124,35	11,151	0,00395	0,044	0,0025	0,0285	79,125	No test
2	0,024	0,025	28	126,55	63,275	7,955	0,00395	0,031	0,0025	0,0275	76,175	No test
5	0,023	0,024	28	128,75	25,750	5,074	0,00395	0,020	0,0025	0,0265	70,225	No test
15	0,021	0,022	28	133,75	8,917	2,986	0,00395	0,012	0,0025	0,0245	64,925	No test
30	0,018	0,019	28	139,75	4,658	2,158	0,00395	0,009	0,0025	0,0215	56,975	No test
60	0,009	0,010	28	159,80	2,663	1,632	0,00395	0,006	0,0025	0,0125	35,998	No test
240	0,006	0,005	28	166,50	0,694	0,833	0,00395	0,003	0,0025	0,0095	26,675	No test
1440	0,001	0,002	28	177,80	0,123	0,351	0,00395	0,001	0,0025	0,0045	11,925	No test

$M = (100/w) \cdot G/(G-1) = 1,65$
Meniscus Correction (cm) = 0,001

$M = (100/w) \cdot G/(G-1) = 2,77$

III. SIEVE ANALISYS

Sieve Opening (mm)	Wt (soil) Retained + container	Container No.	Wt. Container (gr)	Wt. of soil Retained (gr)	Per cent retained	Cumulative percent retained	Comulative Percent finer (P)	Corrected cumulative percent finerpart PxP20
0,85	6,49	H-14	5,86	0,63	1,060	1,060	98,940	No test
0,425	7,29	H-14	5,86	1,43	2,398	3,458	96,542	No test
0,25	7,81	H-14	5,86	1,95	3,286	6,744	93,256	No test
0,106	6,97	H-14	5,86	1,11	1,874	8,618	91,382	No test
0,075	8,59	H-14	5,86	6,65	11,189	19,807	80,193	No test

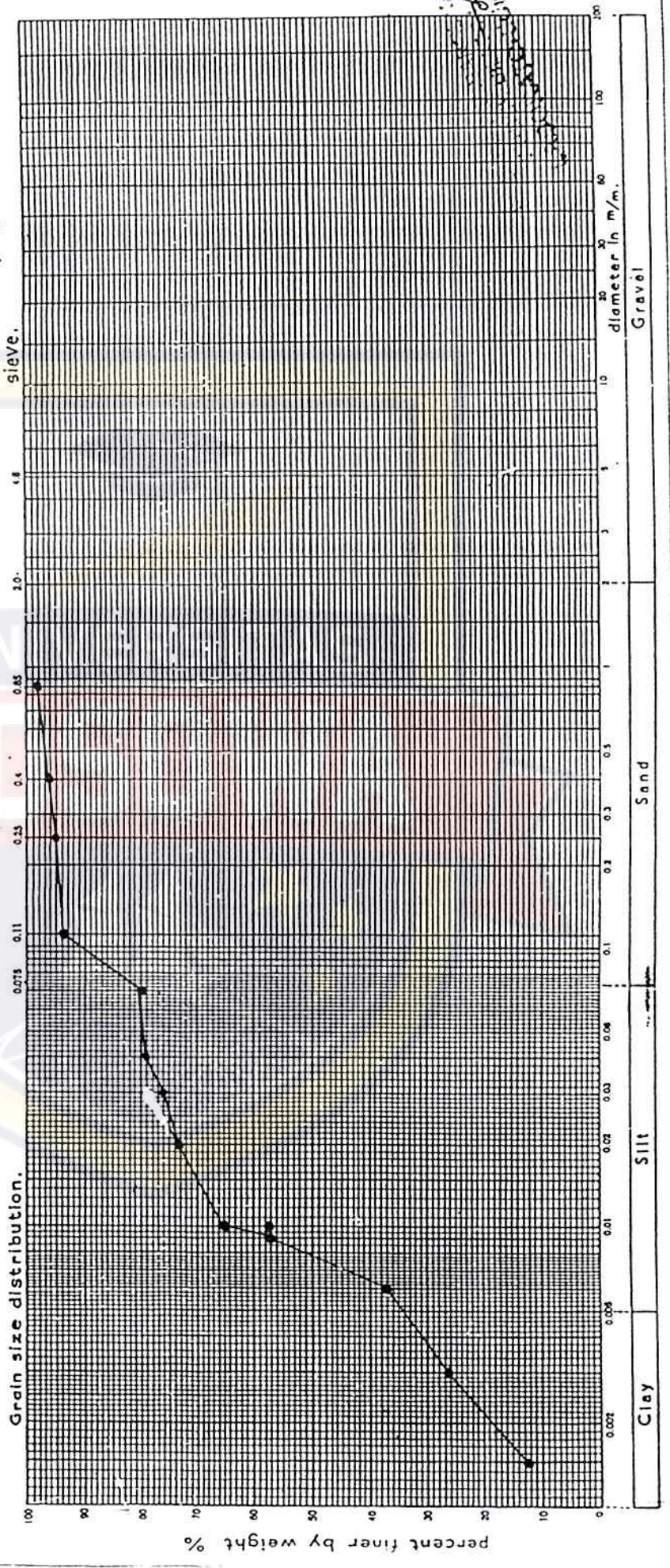
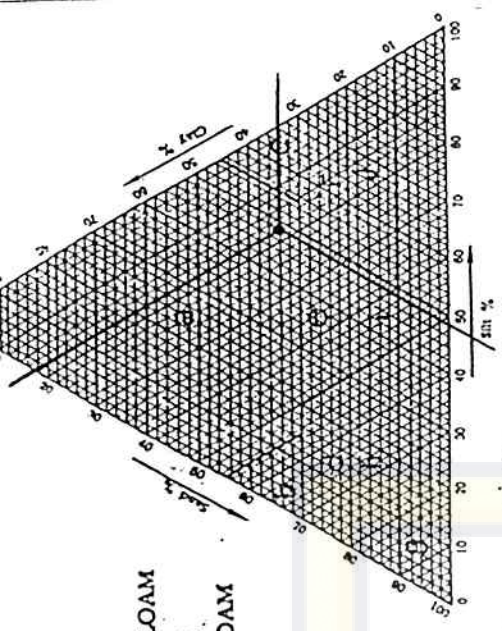
Nomenclature :
 L : Effective depth in cm
 η : Viscosity of water
 G1 : Specific gravity of water
 d : Max dia of soil grain in mm
 F : Correction factor

PENYUSUNAN
 W. H. H. H.
 1

LOCATION : 10309
 DATE : June 17 / 1967
 TESTED BY : Supriyat Specific Gravity : 2.70

Sample No.	Gravel %	Sand %	Silt %	Clay %	Max. size mm	D.60 mm	D.10 mm	Uniformity Coefficient	Classification
		18,75	48,22	34,45	0,85	0,009			CLAY

- a CLAY
- b SANDY CLAY
- c SILTY CLAY
- d SANDY CLAY LOAM
- e CLAYEY LOAM
- f SILTY CLAY LOAM
- g SAND
- h SANDY LOAM
- i LOAM
- j SILTY LOAM



DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

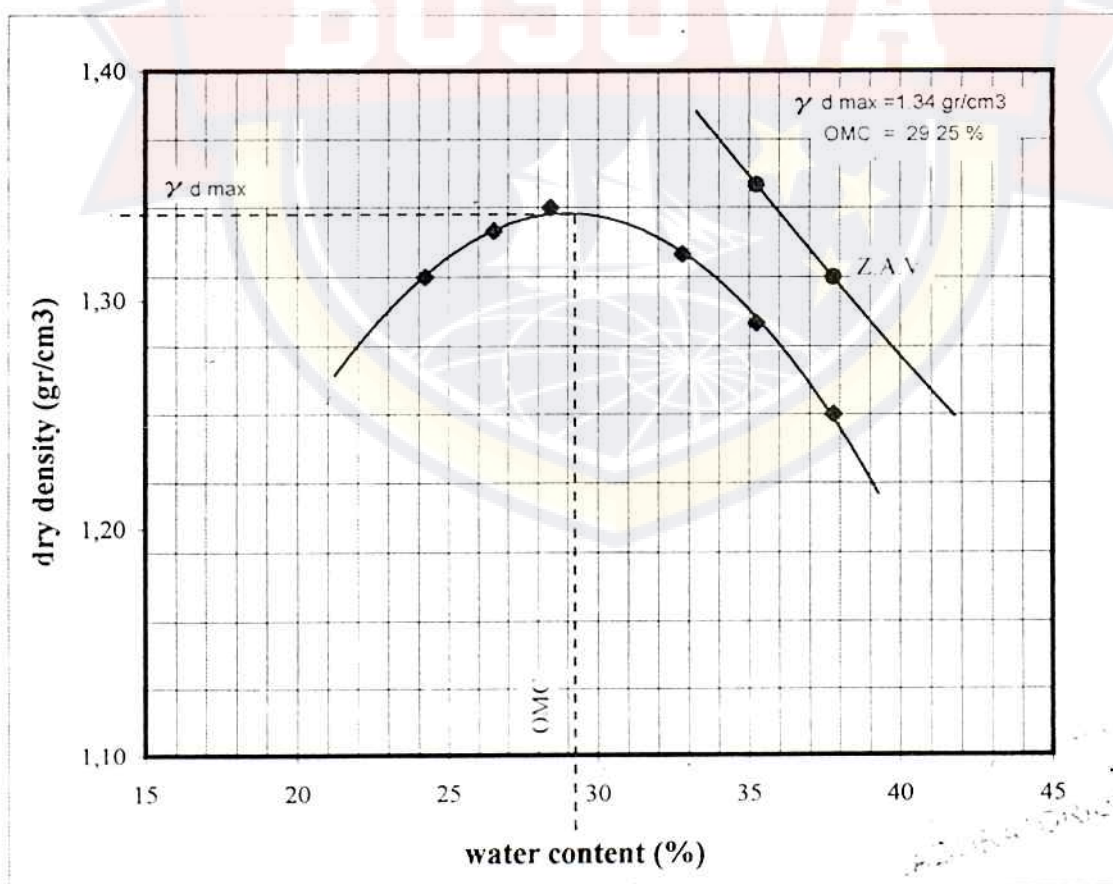
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELS. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Limbung Gowa
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1975,50 kg
 Condition of sample at beginning of the test : 35,46 %
 Prosentase Cement : 0 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,59

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3597,8	3653,1	3691,1	3723,0	3714,9	3692,5
Wt. of wet soil (gr)	1622,3	1677,6	1715,6	1747,5	1739,4	1717,0
Wet density (gr/cm ³)	1,63	1,68	1,72	1,75	1,74	1,72
No. container	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
Wet weight (gr)	447,47	265,05	286,46	219,95	206,46	175,26
Dry weight (gr)	371,74	340,22	364,42	300,15	288,06	247,75
Container weight (gr)	59,07	56,79	90,09	55,55	56,56	55,87
Water Content (%)	24,22	26,52	28,42	32,79	35,25	37,78
Dry density (gr/cm ³)	1,31	1,33	1,34	1,32	1,29	1,25

Remarks : Dry density = 100 * wet density / (100 + water content)



DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
 PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

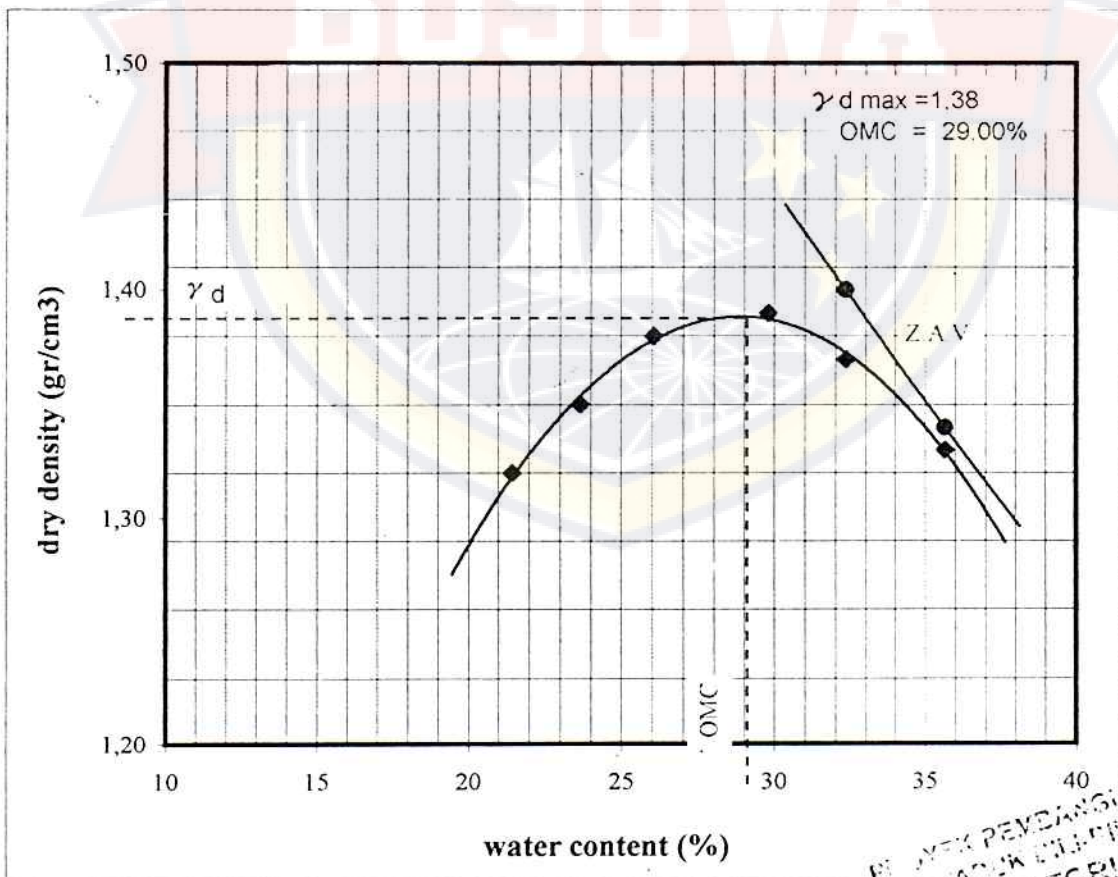
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Limbung Gowa
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1975,50 kg
 Condition of sample at beginning of the test : 35,46 %
 Prosentase Cement : 2,5 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,59

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3570,7	3636,6	3706,6	3771,1	3780,1	3771,0
Wt. of wet soil (gr)	1598,3	1664,2	1734,2	1798,7	1807,7	1798,6
Wet density (gr/cm ³)	1,60	1,67	1,74	1,80	1,81	1,80
No. container	T-16	T-20	T-2	T-14	T-21	T-3
Wet weight (gr)	438,81	273,19	292,96	227,26	213,17	179,34
Dry weight (gr)	371,74	340,22	364,42	300,15	288,06	247,75
Container weight (gr)	59,07	56,79	90,09	55,55	56,56	55,87
Water Content (%)	21,45	23,65	26,05	29,80	32,35	35,65
Dry density (gr/cm ³)	1,32	1,35	1,38	1,39	1,37	1,33

Remarks : Dry density = $100 \cdot \text{wet density} / (100 + \text{water content})$



PEMBANGUNAN
 LABORATORIUM

DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

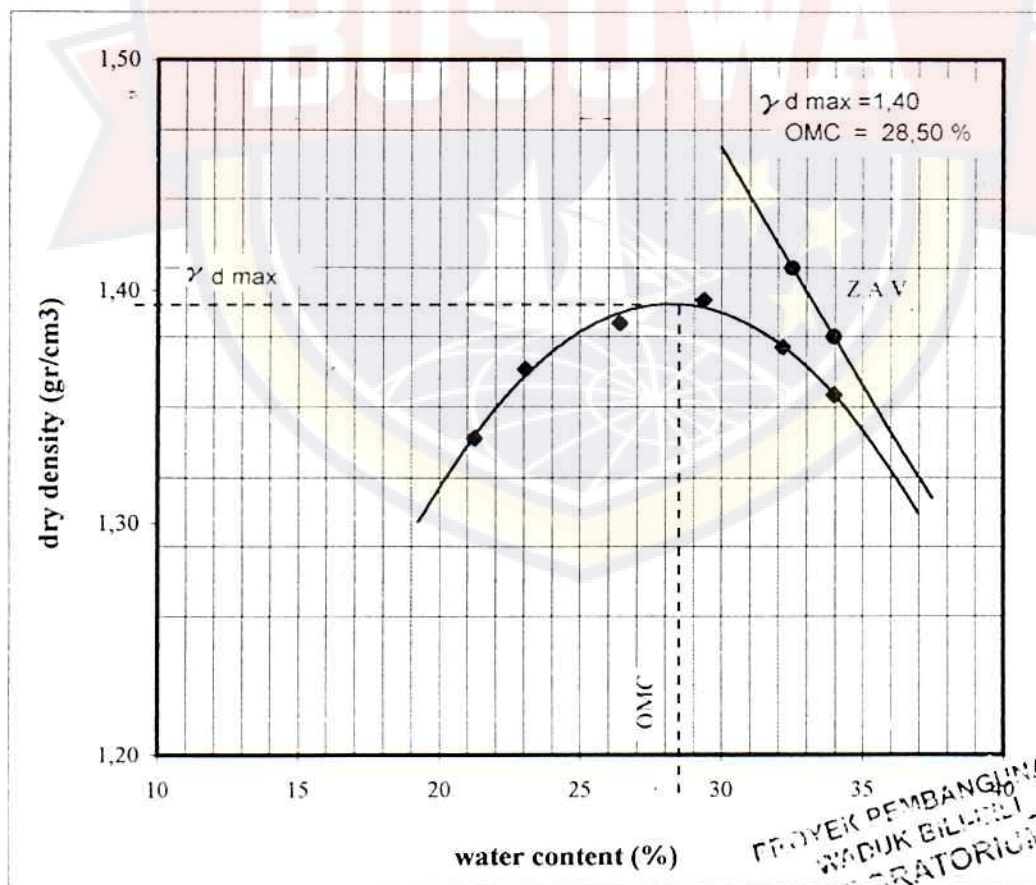
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Limbung Gowa
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1975,50 kg
 Condition of sample at beginning of the test : 35,46 % Prosentase Cement : 5 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,59

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3584,9	3644,7	3715,6	3769,2	3781,3	3778,9
Wt. of wet soil (gr)	1615,9	1675,7	1746,6	1800,2	1812,3	1809,9
Wet density (gr/cm ³)	1,62	1,68	1,75	1,81	1,82	1,82
No. container	T-1	T-12	T-18	T-15	T-11	T-19
Wet weight (gr)	413,21	386,42	451,22	410,02	374,11	346,11
Dry weight (gr)	350,36	324,37	374,84	329,47	296,91	272,68
Container weight (gr)	54,58	55,04	85,52	55,04	56,79	56,53
Water Content (%)	21,25	23,04	26,40	29,35	32,15	33,97
Dry density (gr/cm ³)	1,34	1,37	1,39	1,40	1,38	1,36

Remarks : Dry density = $100 \cdot \text{wet density} / (100 + \text{water content})$





DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
 PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

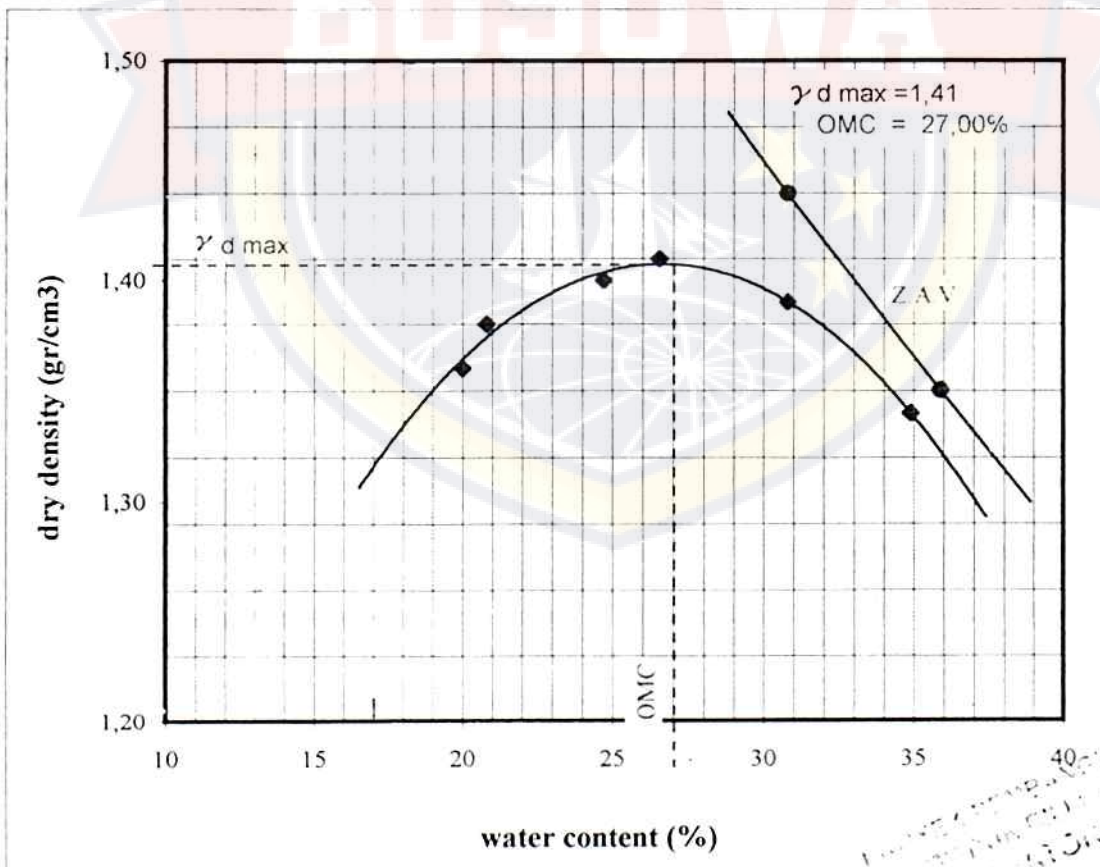
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX. (0411) 866781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Limbung Gowa
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1975,50 kg
 Condition of sample at beginning of the test : 35,46 % Prosentase Cement : 7,5 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,59

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3599,4	3634,4	3712,9	3751,3	3785,0	3774,5
Wt. of wet soil (gr)	1627,0	1662,0	1740,5	1778,9	1812,6	1802,1
Wet density (gr/cm ³)	1,63	1,67	1,75	1,78	1,82	1,81
No. container	T-8	T-10	T-7	T-13	T-17	T-5
Wet weight (gr)	373,14	439,70	287,17	414,56	402,24	397,73
Dry weight (gr)	320,27	373,84	247,75	339,59	321,43	308,89
Container weight (gr)	55,91	57,21	88,16	57,21	59,07	54,33
Water Content (%)	20,00	20,80	24,70	26,55	30,80	34,90
Dry density (gr/cm ³)	1,36	1,38	1,40	1,41	1,39	1,34

Remarks : Dry density = $100 \cdot \text{wet density} / (100 + \text{water content})$



Handwritten signature and stamp in the bottom right corner, including the name 'LAMPUNG GOWA' and a date '19 APRIL 2001'.

DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

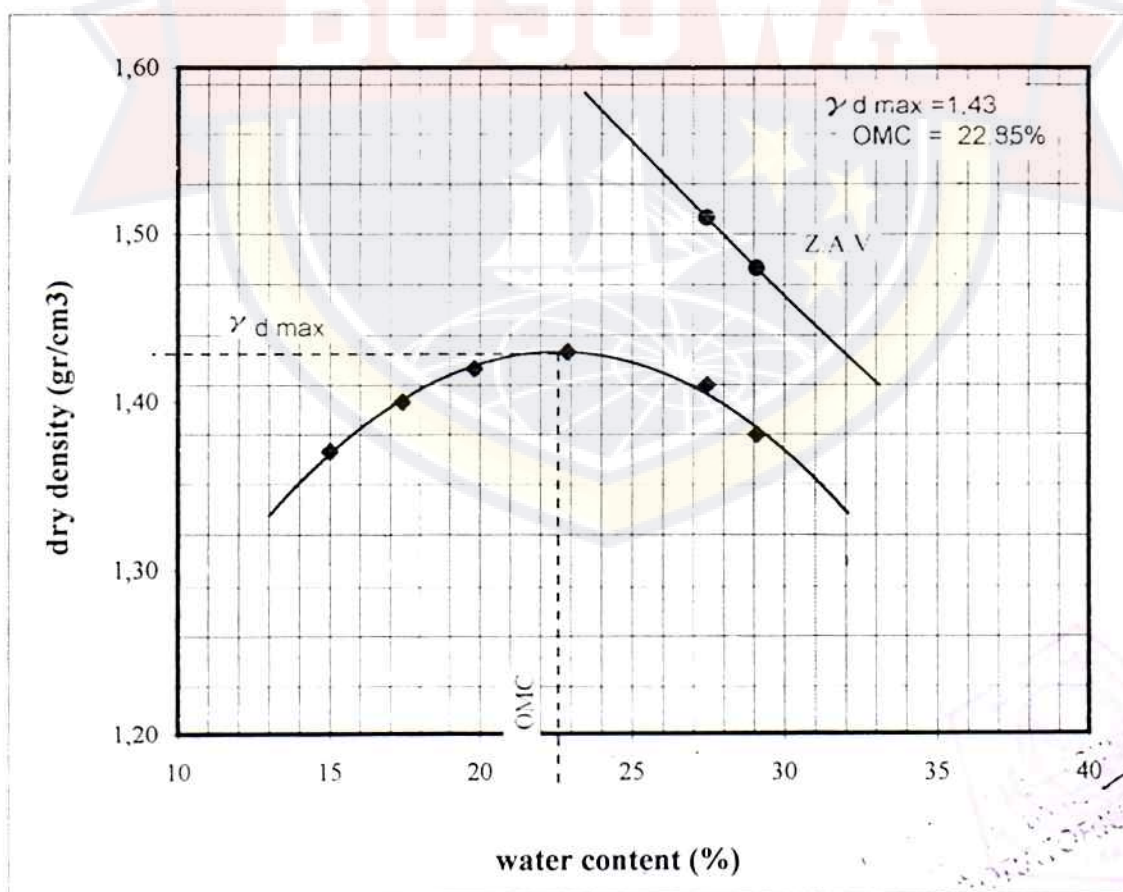
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Limbung Gowa
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1975,50
 Condition of sample at beginning of the test : 35,46 %
 Prosentase Cement : 15 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,59

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3543,1	3611,0	3668,4	3724,4	3764,0	3748,5
Wt. of wet soil (gr)	1570,7	1638,6	1696,0	1752,0	1791,6	1776,1
Wet density (gr/cm ³)	1,58	1,64	1,70	1,76	1,80	1,78
No. container	T-16	T-20	T-2	T-15	T-21	T-3
Wet weight (gr)	329,62	438,86	417,26	297,31	336,02	368,99
Dry weight (gr)	293,51	381,87	362,44	251,77	275,83	298,54
Container weight (gr)	52,8	54,33	85,59	52,8	56,55	56,45
Water Content (%)	15,00	17,40	19,80	22,89	27,45	29,10
Dry density (gr/cm ³)	1,37	1,40	1,42	1,43	1,41	1,38

Remarks : Dry density = $100 \cdot \text{wet density} / (100 + \text{water content})$



DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

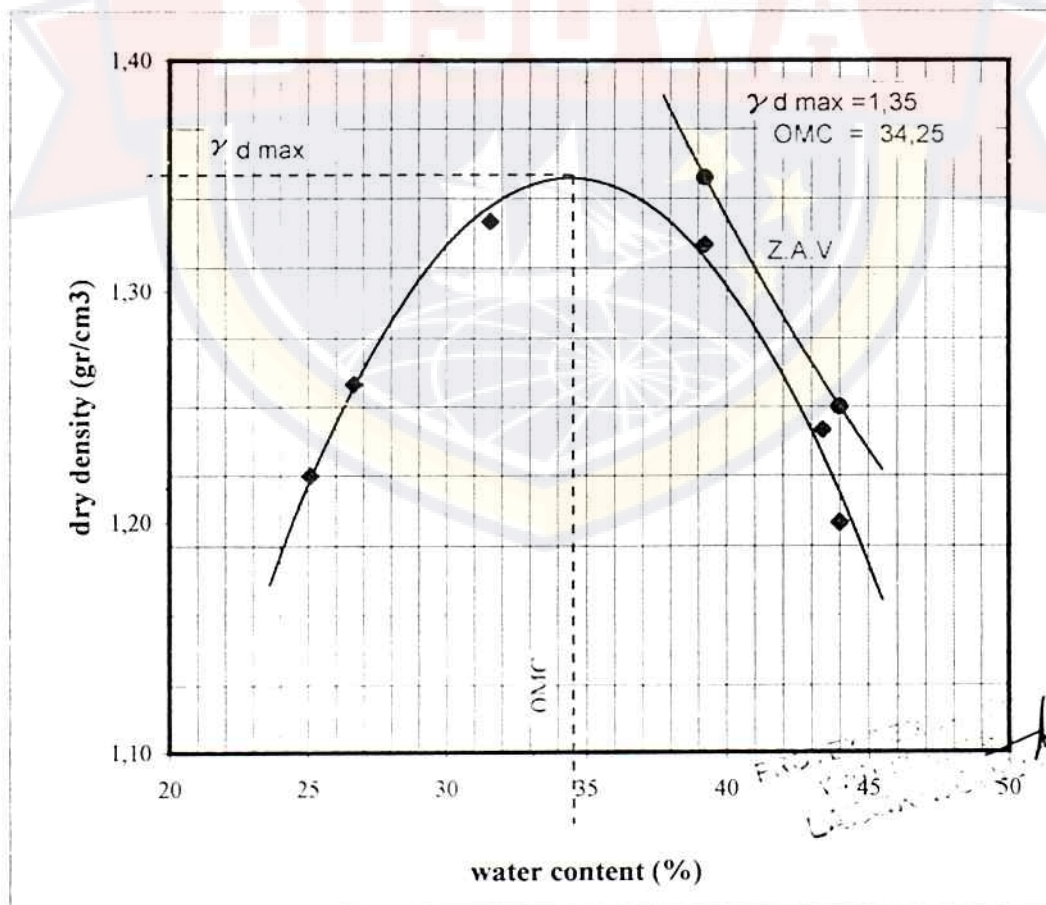
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX. (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Borong
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1969,0 kg
 Condition of sample at beginning of the test : 48,74 %
 Prosentase Cement : 0 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,70

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3496,9	3566,4	3720,3	3808,0	3748,1	3698,2
Wt. of wet soil (gr)	1521,4	1590,9	1744,8	1832,5	1772,6	1722,7
Wet density (gr/cm ³)	1,53	1,60	1,75	1,84	1,78	1,73
No. container	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6
Wet weight (gr)	1796,00	1918,41	2001,38	2104,01	1958,15	1884,96
Dry weight (gr)	1516,00	1603,50	1618,50	1623,50	1486,50	1437,00
Container weight (gr)	400	421,84	406,46	399,28	399,5	418,9
Water Content (%)	25,09	26,65	31,59	39,25	43,39	44,00
Dry density (gr/cm ³)	1,22	1,26	1,33	1,32	1,24	1,20

Remarks : Dry density = $100 * \text{wet density} / (100 + \text{water content})$



DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
 PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

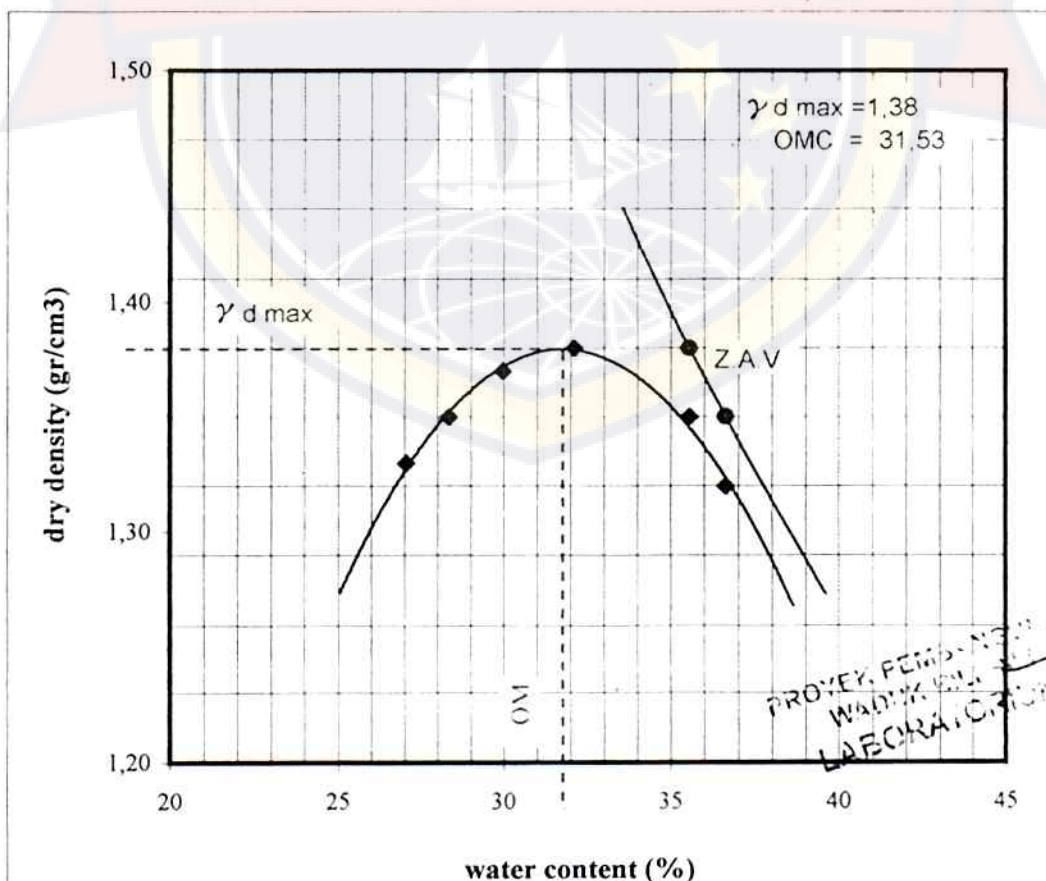
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868761 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Borong
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1969,0
 Condition of sample at beginning of the test : 48,74 %
 Prosentase Cement : 2,5 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,70

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3653,6	3696,4	3744,0	3786,4	3793,3	3766,9
Wt. of wet soil (gr)	1684,6	1727,4	1775,0	1817,4	1824,3	1797,9
Wet density (gr/cm ³)	1,69	1,73	1,78	1,82	1,83	1,80
No. container	J-7	J-8	J-9	J-10	J-11	J-12
Wet weight (gr)	69,55	80,09	73,83	94,68	94,32	96,30
Dry weight (gr)	56,41	64,14	58,64	73,61	71,54	72,62
Container weight (gr)	7,85	7,89	7,93	7,98	7,45	7,96
Water Content (%)	27,05	28,35	29,96	32,10	35,55	36,62
Dry density (gr/cm ³)	1,33	1,35	1,37	1,38	1,35	1,32

Remarks : Dry density = 100 * wet density / (100 + water content)



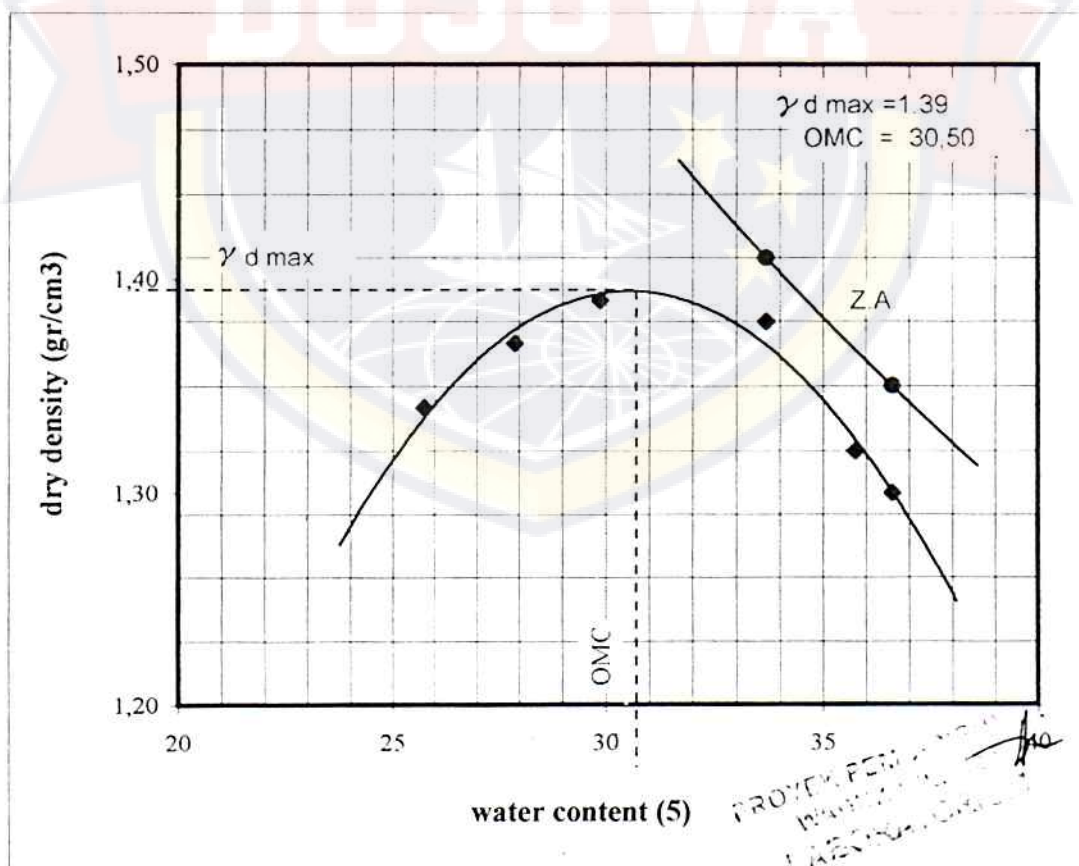
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
 PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Borong
 Tested by : Jumeidir / Suparyat
 Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
 Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1969,0
 Condition of sample at beginning of the test : 48,74 %
 Prosentase Cement : 5 %
 Date of sampling : 18 April 2001
 Date of testing : 19 April 2001
 Specific gravity = 2,70

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3648,9	3715,9	3768,5	3808,3	3755,4	3739,4
Wt. of wet soil (gr)	1679,9	1746,9	1799,5	1839,3	1786,4	1770,4
Wet density (gr/cm ³)	1,69	1,75	1,81	1,84	1,79	1,78
No. container	J-13	J-14	J-15	J-16	J-17	J-18
Wet weight (gr)	66,25	81,95	70,99	91,03	94,38	97,45
Dry weight (gr)	54,29	65,42	56,32	70,05	71,25	73,12
Container weight (gr)	7,84	6,17	7,2	7,77	6,54	6,65
Water Content (%)	25,75	27,90	29,86	33,69	35,75	36,60
Dry density (gr/cm ³)	1,34	1,37	1,39	1,38	1,32	1,30
Remarks :	Dry density = 100 * wet density / (100 + water content)					





DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

Lampiran 5-4

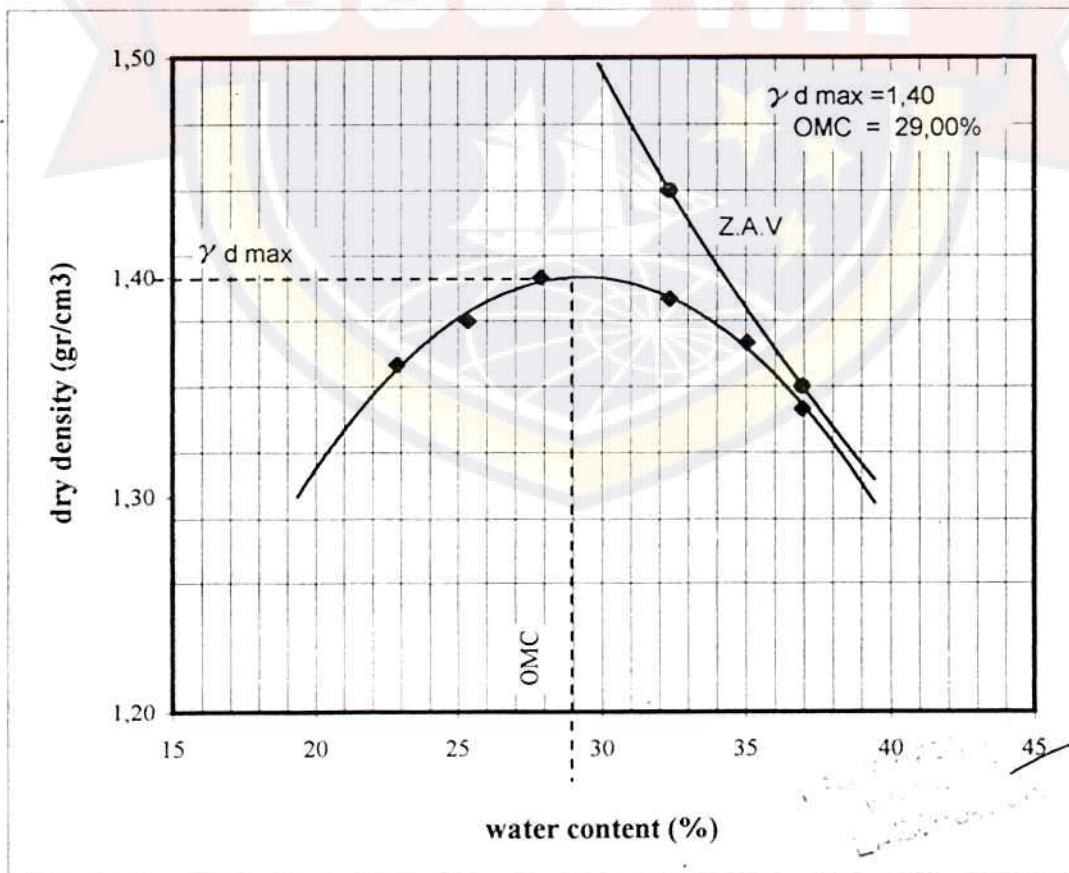
JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

Location : Borong
Tested by : Jumeidir / Suparyat
Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25 layers = 3 weight = 1969,0 kg
Condition of sample at beginning of the test : 48,74 %
Prosentase Cement : 7,5 %
Date of sampling : 18 April 2001
Date of testing : 19 April 2001
Specific gravity = 2,70

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3641,2	3700,1	3760,4	3809,7	3819,9	3805,0
Wt. of wet soil (gr)	1665,7	1724,6	1784,9	1834,2	1844,4	1829,5
Wet density (gr/cm ³)	1,67	1,73	1,79	1,84	1,85	1,84
No. container	J-20	J-21	J-22	J-23	J-24	J-25
Wet weight (gr)	77,88	85,48	87,83	94,17	94,17	94,09
Dry weight (gr)	64,53	69,65	70,23	72,94	71,57	70,68
Container weight (gr)	6,12	7,21	7,1	7,32	7,07	7,33
Water Content (%)	22,85	25,35	27,88	32,36	35,04	36,95
Dry density (gr/cm ³)	1,36	1,38	1,40	1,39	1,37	1,34

Remarks : Dry density = $100 * \text{wet density} / (100 + \text{water content})$





DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

COMPACTION TEST

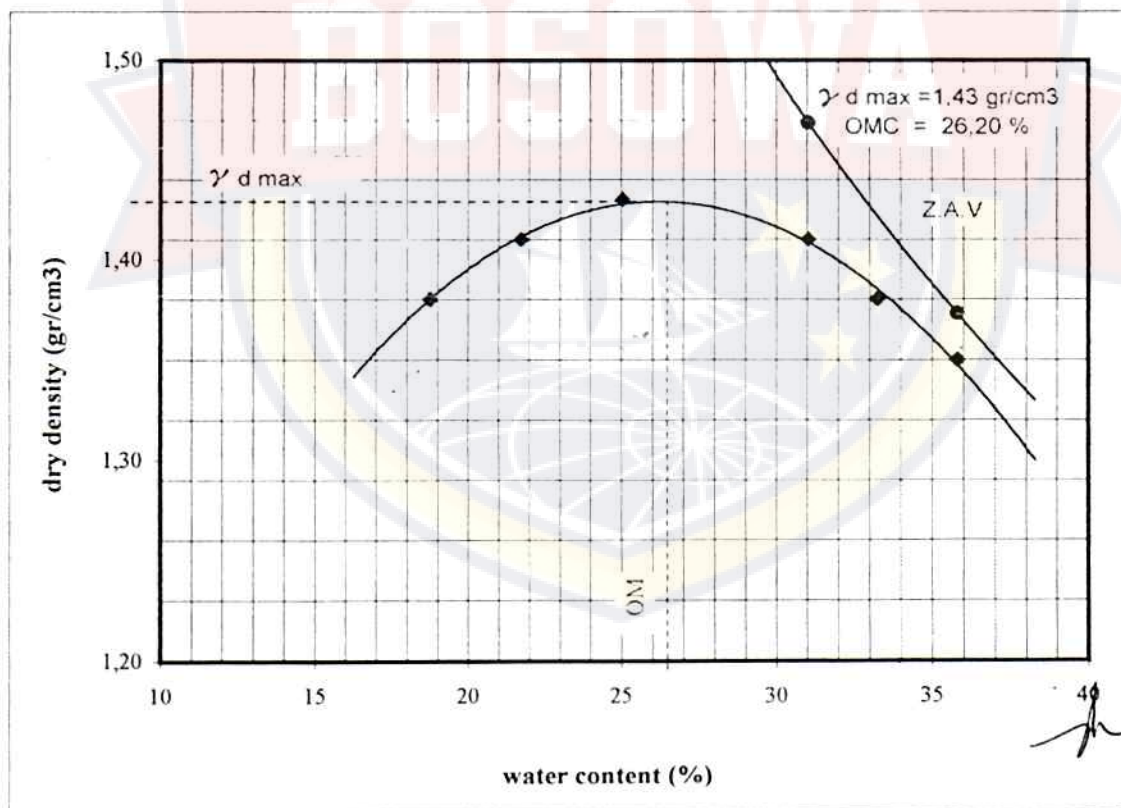
Location : Borong
Tested by : Jumeidir / Suparyat
Rammer : weight = 2,5 kg height of drop = 30 cm
Muold : inside dia = 10 cm capacity : 996,95 cm³ no. of blows = 25
Condition of sample at beginning of the test : 48,74 %

Prosentase Cement : 15 %
Date of sampling : 18 April 2001
Date of testing : 19 April 2001
layers = 3 weight = 1969,0 kg
Specific gravity = 2,70

Determination no.	1	2	3	4	5	6
Wt. soil mold (gr)	3602,9	3680,4	3751,8	3811,2	3802,2	3796,8
Wt. of wet soil (gr)	1633,9	1711,4	1782,8	1842,2	1833,2	1827,8
Wet density (gr/cm ³)	1,64	1,72	1,79	1,85	1,84	1,83
No. container	J-32	J-33	J-34	J-35	J-36	J-37
Wet weight (gr)	85,93	85,91	88,94	91,79	98,87	104,36
Dry weight (gr)	73,51	71,87	72,44	71,77	75,83	78,54
Container weight (gr)	7,28	7,33	6,59	7,28	6,55	6,45
Water Content (%)	18,76	21,75	25,05	31,05	33,25	35,81
Dry density (gr/cm ³)	1,38	1,41	1,43	1,41	1,38	1,35

Remarks :

Dry density = $100 \cdot \text{wet density} / (100 + \text{water content})$

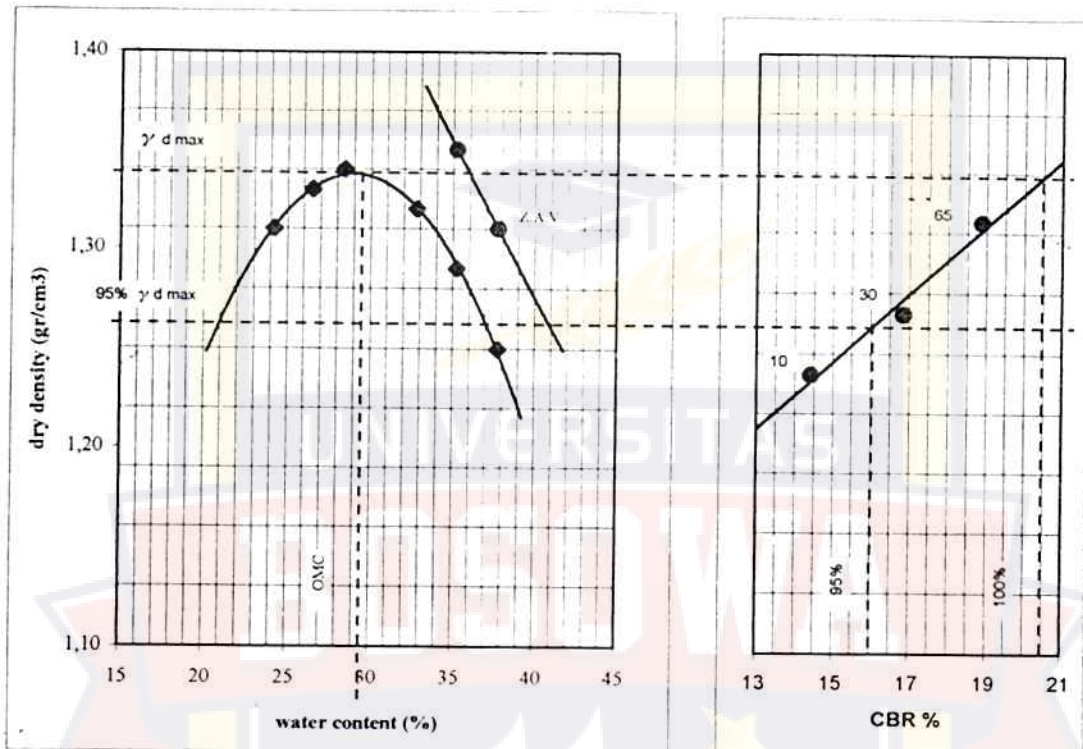




Determining Density And CBR Value

Location : Limbung Gowa
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 0 %
Age Sample : 0 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,59 t/m³
Optimum Water Content = 29,25 %
 γ_d max = 1,34 t/m³
95 % γ_d max = 1,27 t/m³
CBR = 16,00 %

PEMERINTAH KABUPATEN GOWA
WILAYAH PERENCANAAN DAN
LABORATORIUM

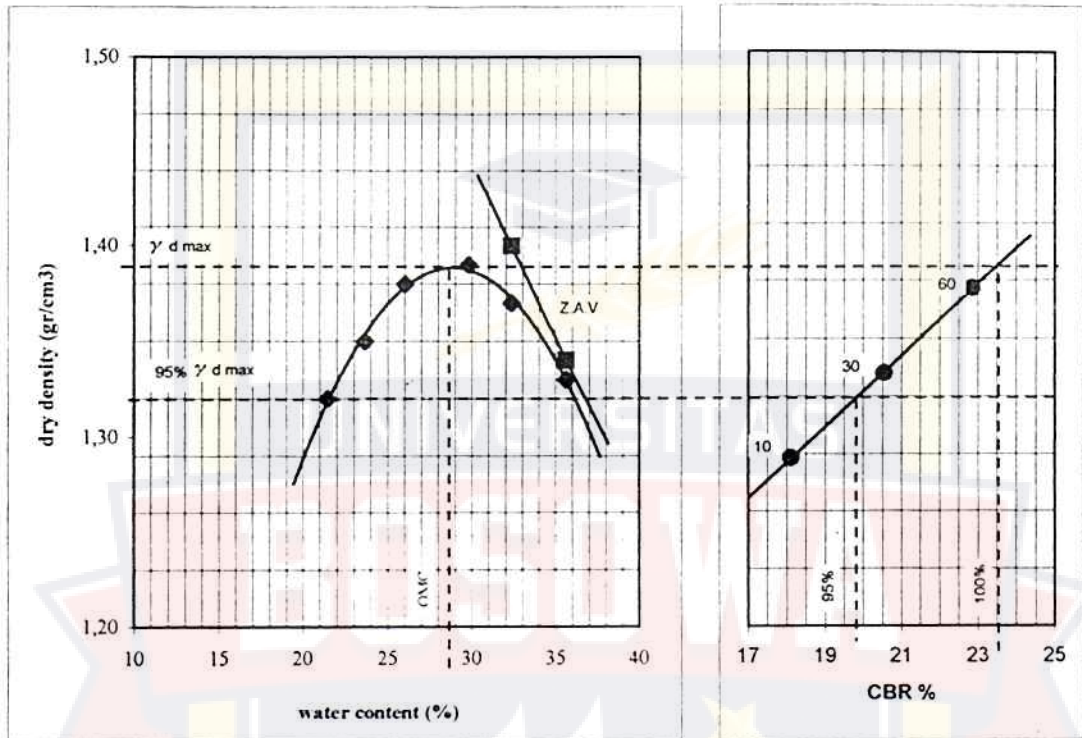
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX. (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

Determining Density And CBR Value

Location : Limbung Gowa
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 0 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,59 t/m³
Optimum Water Content = 29,00 %
 γd_{max} = 1,39 t/m³
95 % γd_{max} = 1,32 t/m³
CBR = 19,58 %

PROYEK PEMBANGUNAN
WADUK BILI-BILI
LABORATORIUM



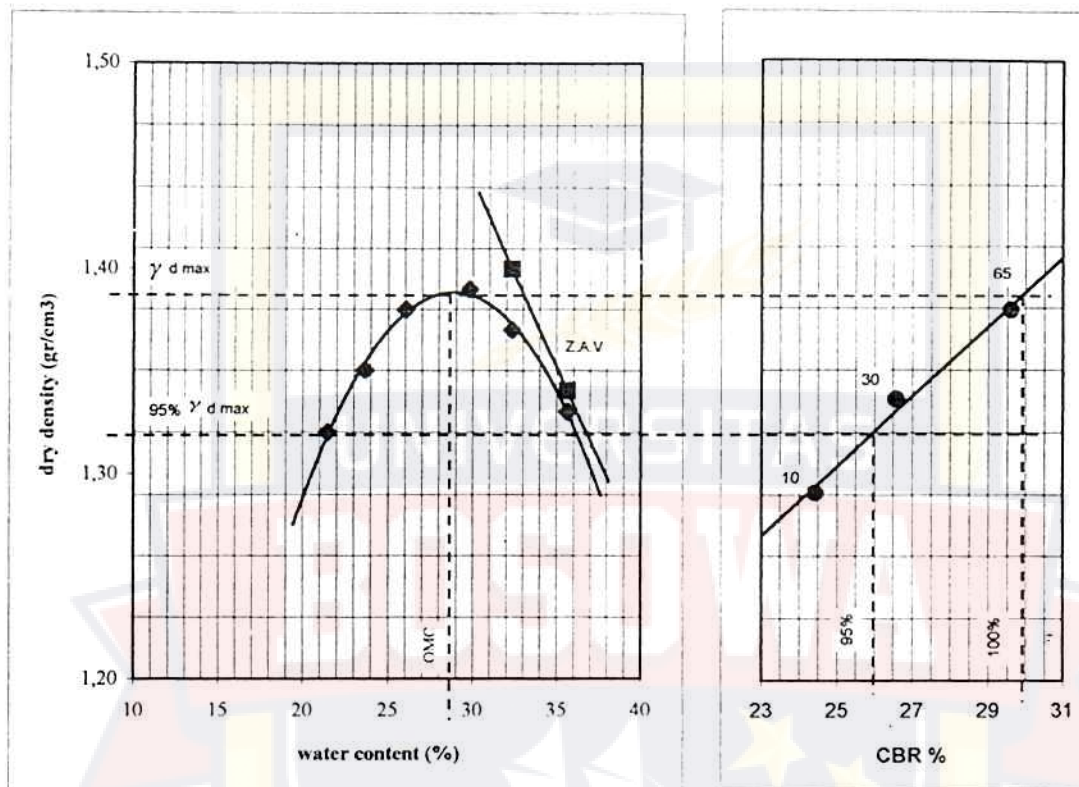
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX. (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

Determining Density And CBR Value

Location : Limbung Gowa
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 7 day



Test Mothod = AASHTO . T . 193

Specific Gravity = 2,59 t/m³

Optimum Water Content = 29,00 %

$\gamma_d \text{ max}$ = 1,39 t/m³

95 % $\gamma_d \text{ max}$ = 1,32 t/m³

CBR = 26,00 %



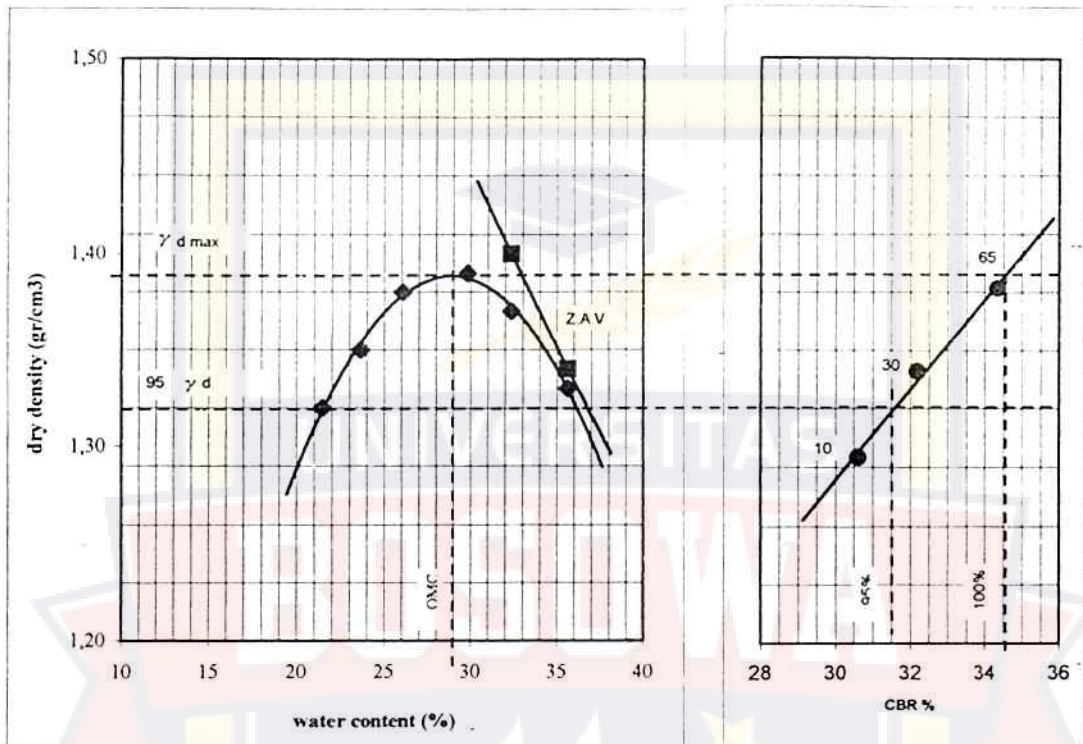
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 858792 - 866781 FAX (0411) 866781 MAKASSAR (90222)

Determining Density And CBR Value

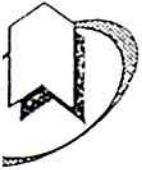
Location : Limbung Gowa
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 14 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,59 t/m³
Optimum Water Content = 29,00 %
 γ_d max = 1,39 t/m³
95 % γ_d max = 1,32 t/m³
CBR = 31,50 %

LABORATORIUM



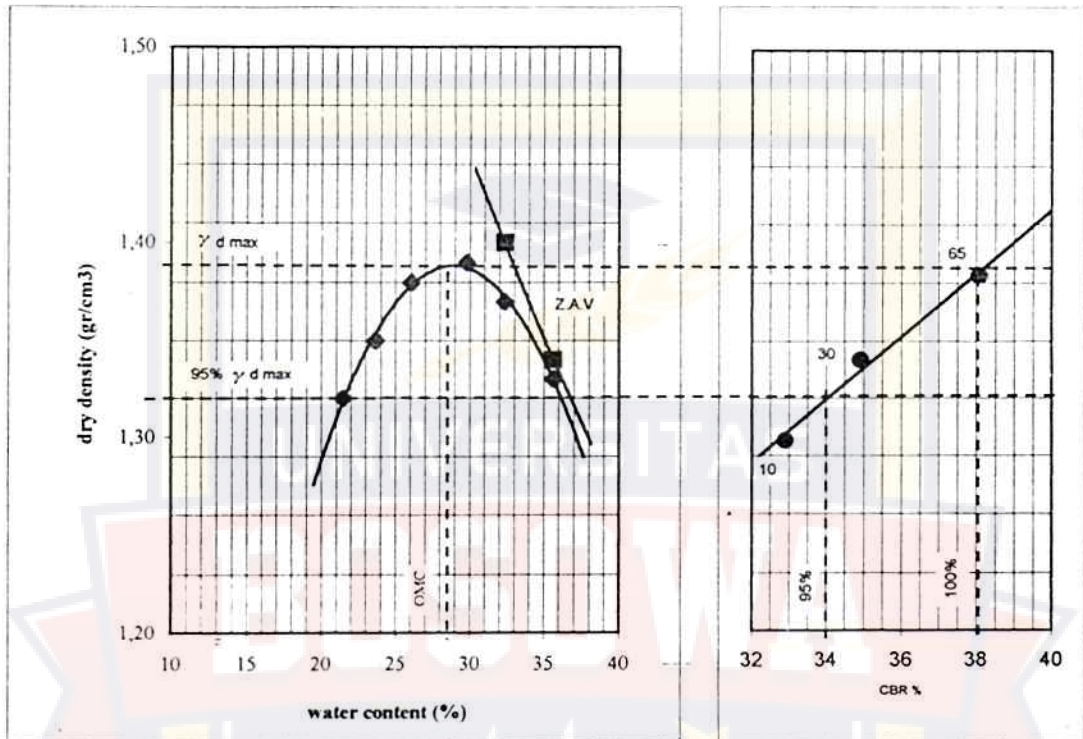
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

Determining Density And CBR Value

Location : Limbung Gowa
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 28 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,59 t/m³
Optimum Water Content = 29,00 %
 $\gamma_d \text{ max}$ = 1,39 t/m³
95 % $\gamma_d \text{ max}$ = 1,32 t/m³
CBR = 34,00 %

Handwritten signature and date: 15/01/2017



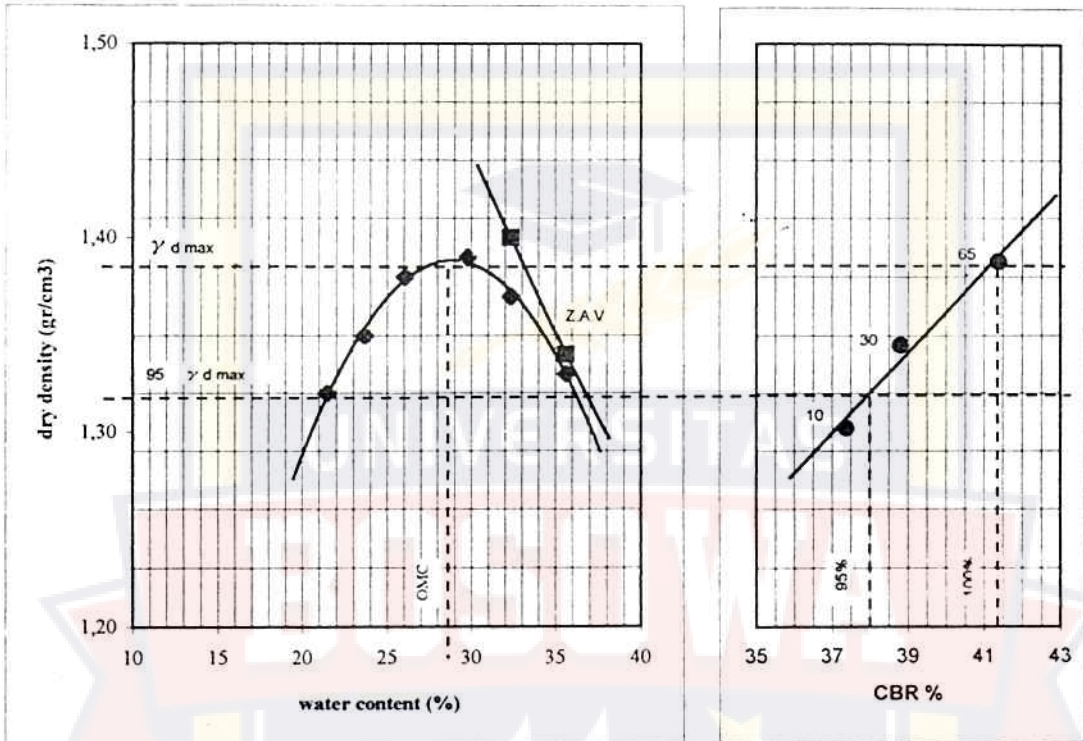
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

Determining Density And CBR Value

Location : Limbung Gowa
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 42 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,59 t/m³
Optimum Water Content = 29,00 %
 γ_d max = 1,39 t/m³
95 % γ_d max = 1,32 t/m³
CBR = 38,00 %

Handwritten signature and date:
Jumeidir / Suparyat
15/10/2018



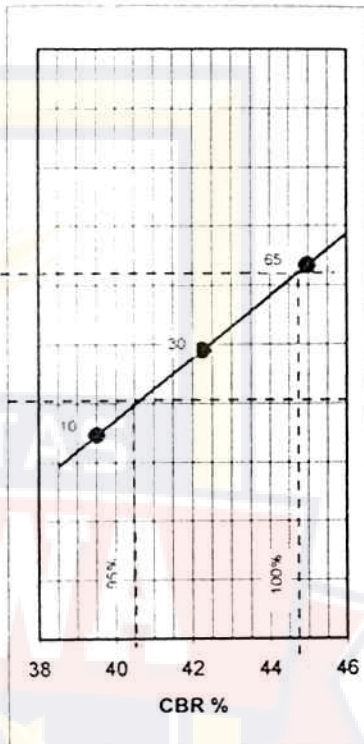
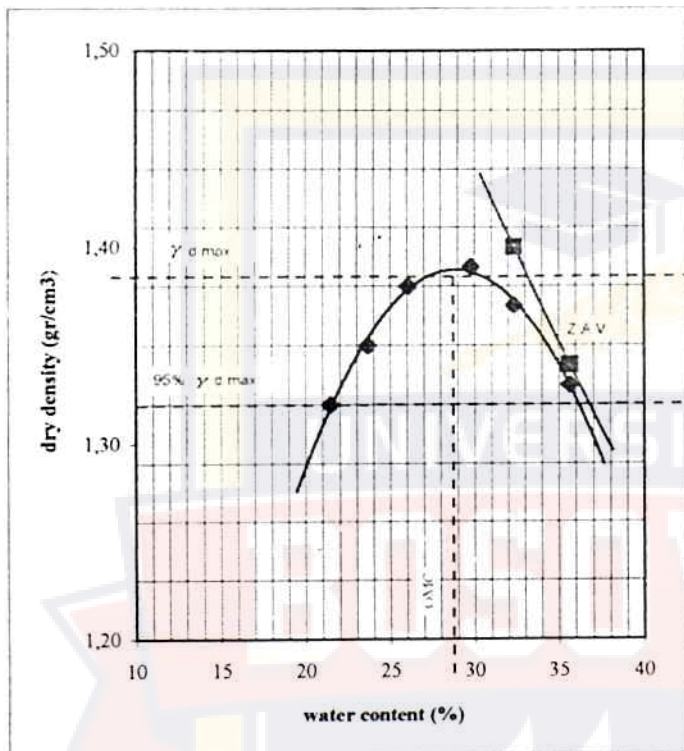
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

Determining Density And CBR Value

Location : Limbung Gowa
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 56 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,59 t/m³
Optimum Water Content = 29,00 %
 γ d max = 1,39 t/m³
95 % γ d max = 1,32 t/m³
CBR = 40,5 %

PROYEK PEMBANGUNAN
WADUK BANGKALU
LABORATORIUM



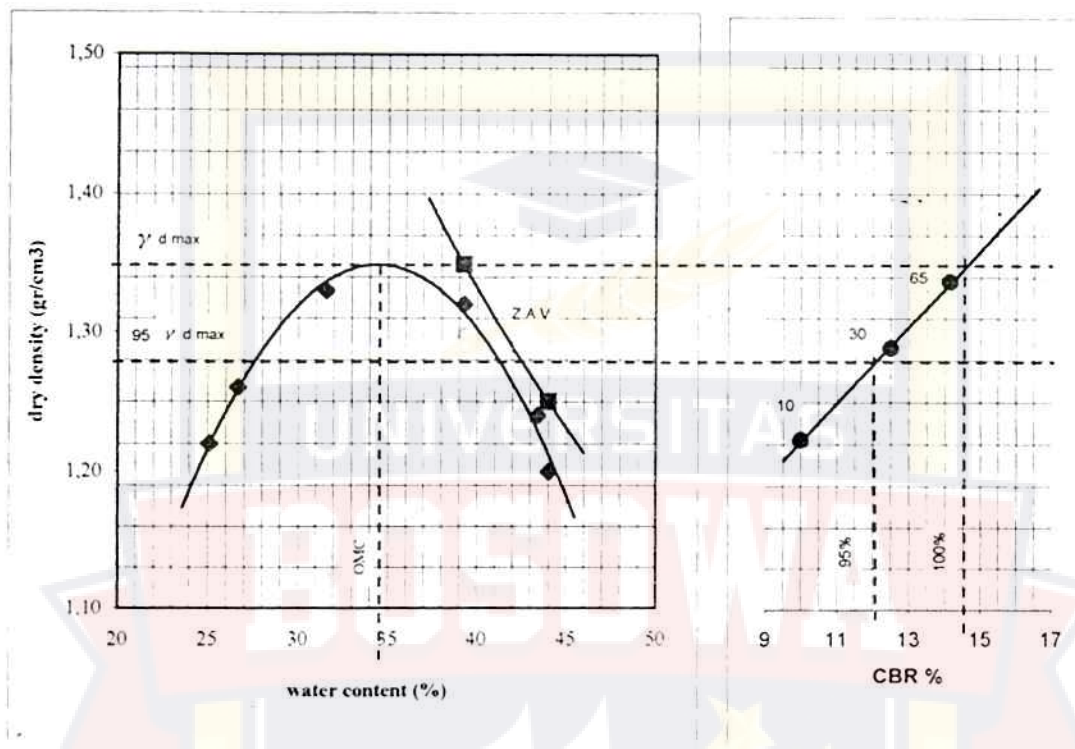
DEPARTEMEN PEMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI JENEBERANG

JL. SEKOLAH GURU PERAWAT KOTAK POS. 1343 TELP. (0411) 868792 - 868781 FAX (0411) 868781 MAKASSAR (90222)

Determining Density And CBR Value

Location : Borong
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 0 %
Age Sample : 0 day



Test Method = AASHTO . T . 193

Specific Gravity = 2,70 t/m³

Optimum Water Content = 34,25 %

$\gamma' d \max$ = 1,35 t/m³

95% $\gamma' d \max$ = 1,28 t/m³

CBR = 12,00 %

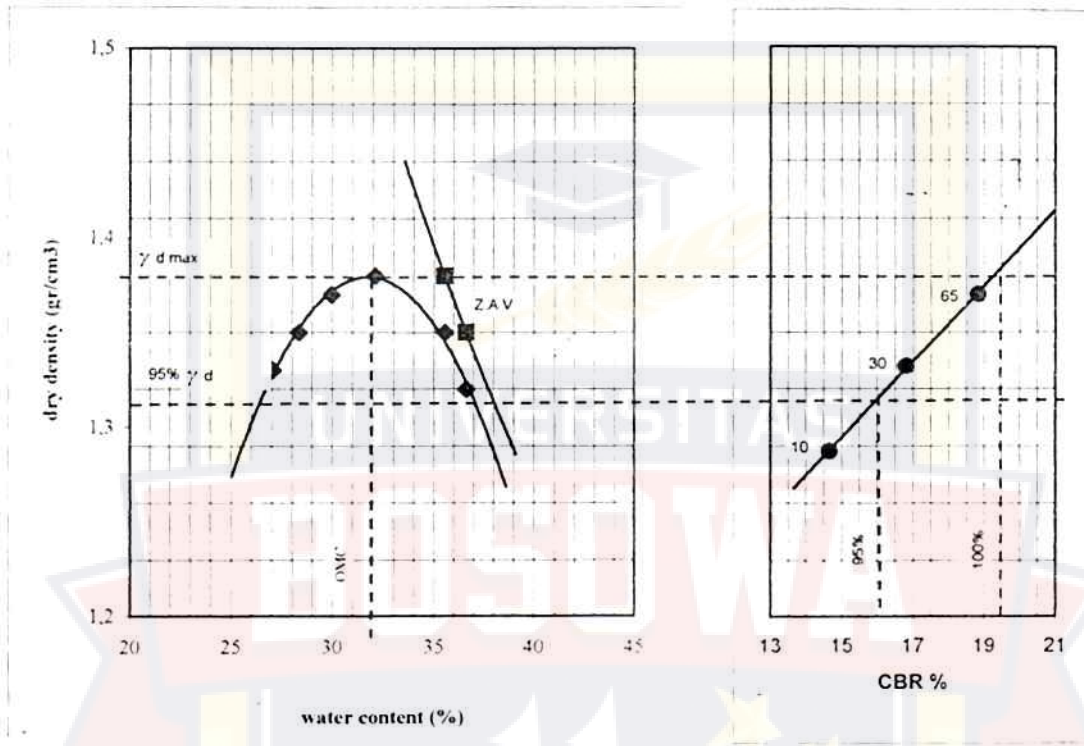
[Handwritten signature and stamp]



Determining Density And CBR Value

Location : Borong
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 0 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,70 t/m³
Optimum Water Content = 31,53 %
 γd_{max} = 1,38 t/m³
95% γd_{max} = 1,31 t/m³
CBR = 16,00 %



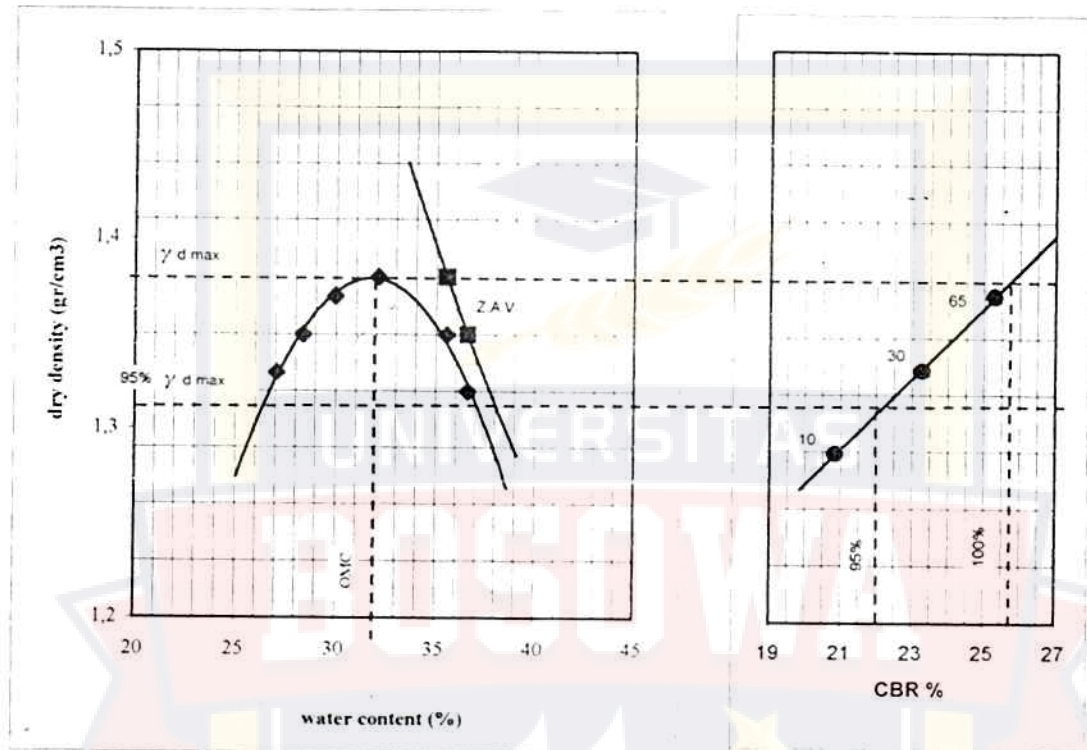
Determining Density And CBR Value

Location : Borong

Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %

Age Sample : 7 day



Test Method = AASHTO . T . 193

Specific Gravity = 2,70 t/m³

Optimum Water Content = 31,53 %

$\gamma_d \text{ max}$ = 1,38 t/m³

95% $\gamma_d \text{ max}$ = 1,31 t/m³

CBR = 22,00 %



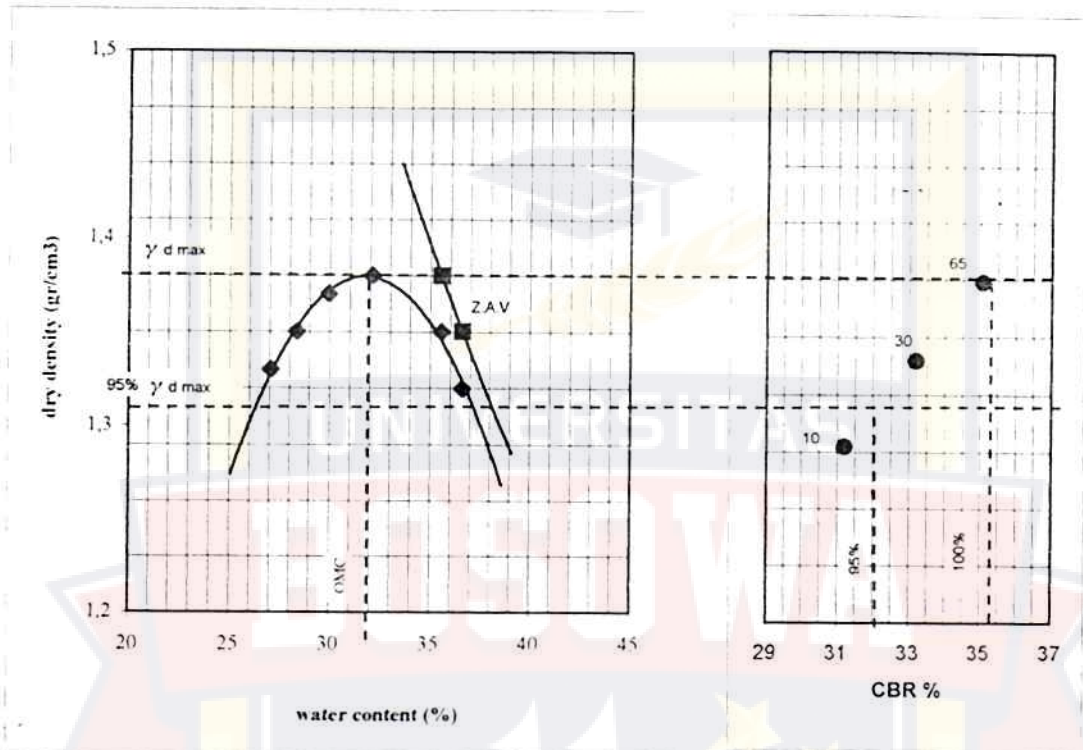
Determining Density And CBR Value

Location : Borong

Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %

Age Sample : 28 day



Test Mothod = AASHTO . T . 193

Specific Gravity = 2,70 t/m³

Optimum Water Content = 31,53 %

$\gamma_d \text{ max}$ = 1,38 t/m³

95% $\gamma_d \text{ max}$ = 1,31 t/m³

CBR = 32.00 %

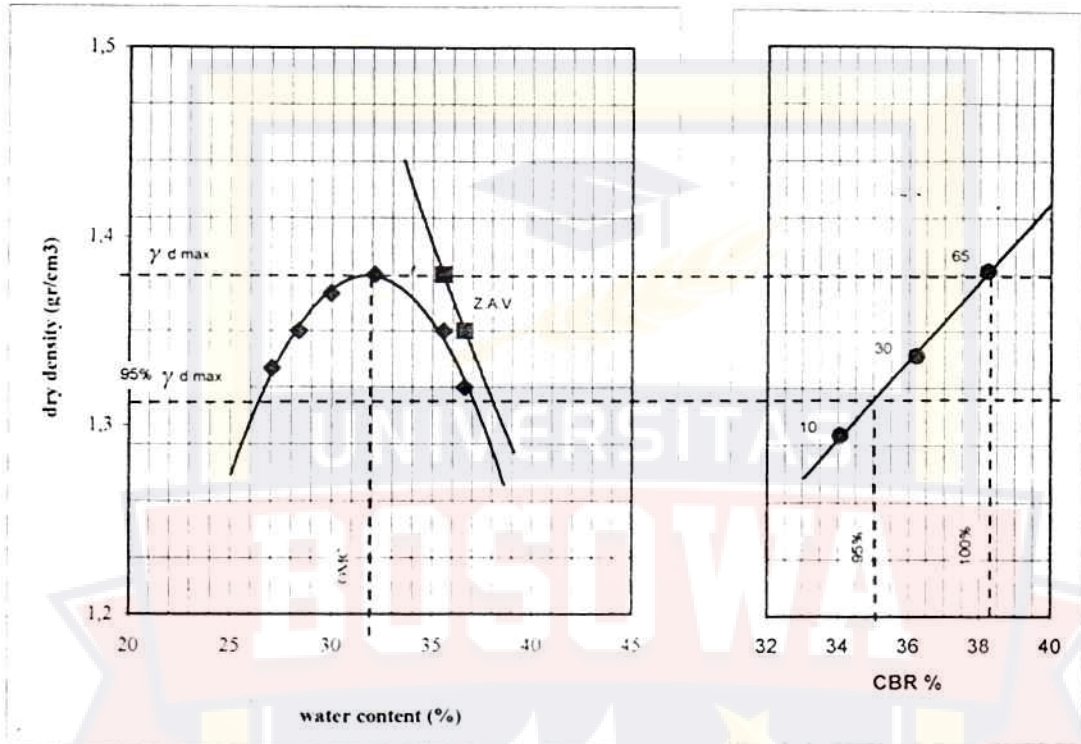
PEMERINTAH KABUPATEN BORA-BORA
DINAS PERENCANAAN DAN
LABORATORIUM



Determining Density And CBR Value

Location : Borong
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 42 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,70 t/m³
Optimum Water Content = 31,53 %
 γd_{max} = 1,38 t/m³
95% γd_{max} = 1,31 t/m³
CBR = 35,00 %

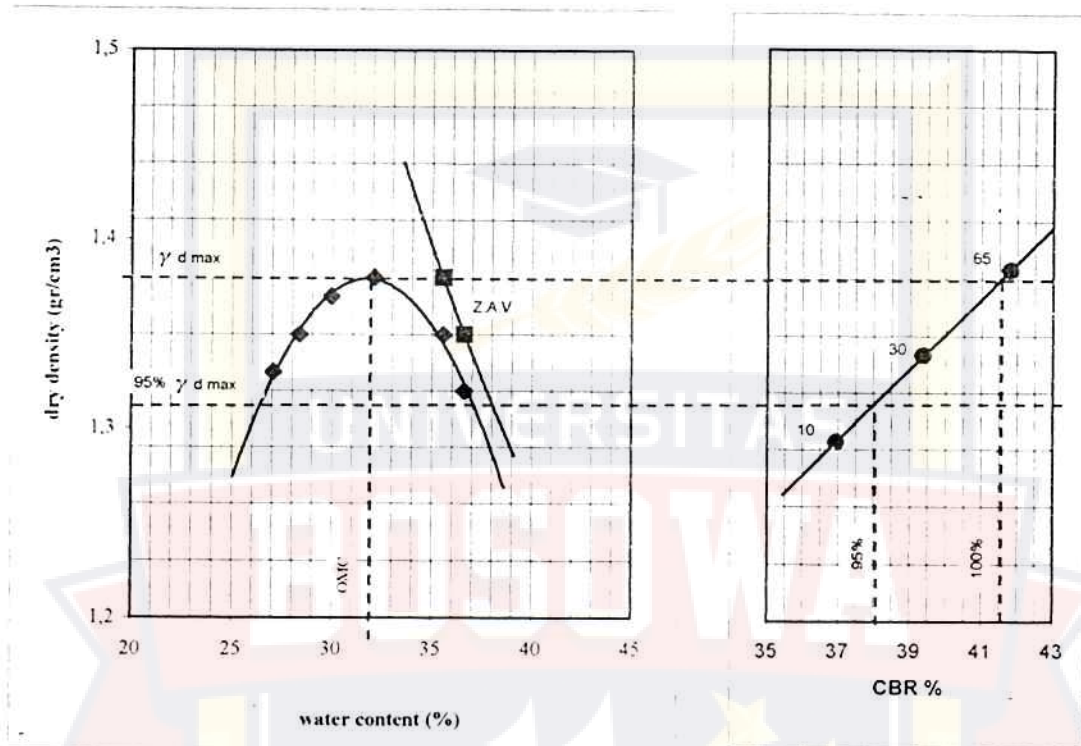
LABORATORIUM



Determining Density And CBR Value

Location : Borong
Tested by : Jumeidir / Suparyat

Procentase Cement : 2,5 %
Age Sample : 56 day



Test Method = AASHTO . T . 193
Specific Gravity = 2,70 t/m³
Optimum Water Content = 31,53 %
 γ_d max = 1,38 t/m³
95% γ_d max = 1,31 t/m³
CBR = 38,00 %

LABORATORIUM

DOKUMENTASI 1



Uter hasil y Tanah sebelum tanah tersebut di oven

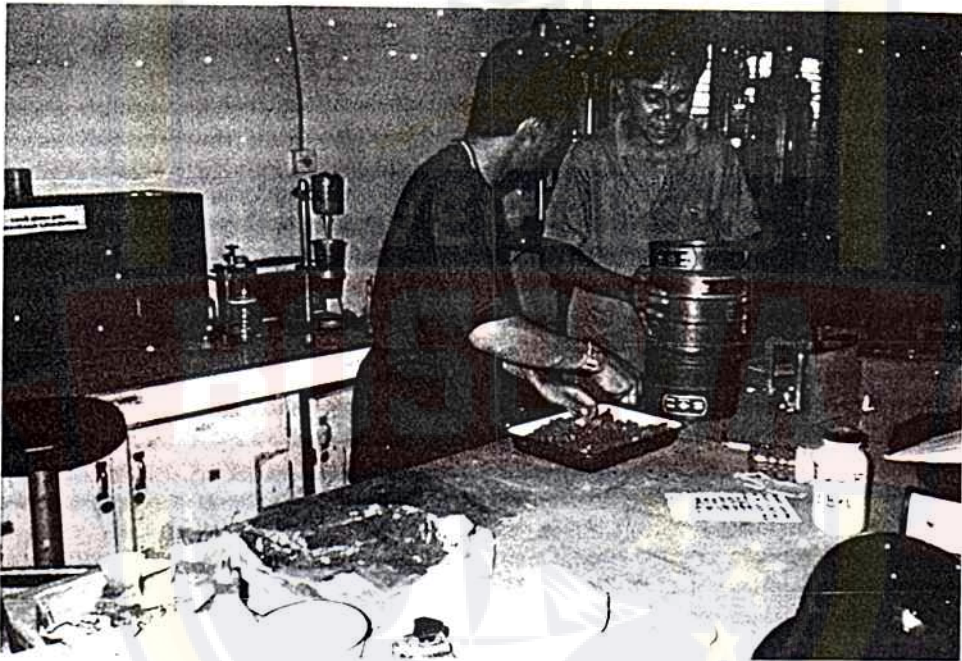


DOKUMENTASI 2



Takaran yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam oven untuk mengetahui kadar airnya

DOKUMENTASI 3



Mengayak tanah dengan menggunakan saringan no.4 dan no. 200

DOKUMENTASI 4



Percobaan "Liquid Limit & Plastic Limit"

DOKUMENTASI 5



Percobaan "Gran Ze Analysis"

DOKUMENTASI 6



Percobaan "Compaction"
(Kompaksi)

DOKUMENTASI 7



Mengeluarkan tanah dan moulda dengan alat penetrometer

DOKUMENTASI 8



Mencampurkan tanah Gamba 200 gram

DOKUMENTASI 9



Penyusunan Cara Kerja dan Diagram Uji

DOKUMENTASI 10



Setelah melakukan praktikum di CBS, dapat kita lihat bahwa