

**STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR
UNTUK MENGETAHUI NILAI CBR PADA
PERKERASAN JALAN**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu Teknik
Universitas Medan Area**

Disusun Oleh :

MIRZA GUNTARA

14-811-0007



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 21/12/21

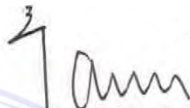
14-811-0007

Diketahui Oleh :

Dosen Pembimbing I,


Dosen Pembimbing II,


(Ir. Edy Hermanto, MT)


(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

Dekan Fakultas Teknik,

Ka. Prodi Sipil,


18/12/21
(Dr. Ir. Dina Maizana, MT)


(Ir. Nurmaidah, MT)

SURAT PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan narasumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 23 Februari 2020



(Mirza Guntara)

NPM: 148110007

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMISI

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mirza Guntara
NPM : 148110007
Program Studi : Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Stabilisasi tanah lempung dengan kapur untuk mengetahui nilai CBR pada perkerasan jalan.

Beserta perangkat yang ada (jika di perlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Ekklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi Saya selama tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di:

Medan

Pada tanggal

23 Februari 2021

Yang menyatakan



(MIRZA GUNTARA)

ABSTRAK

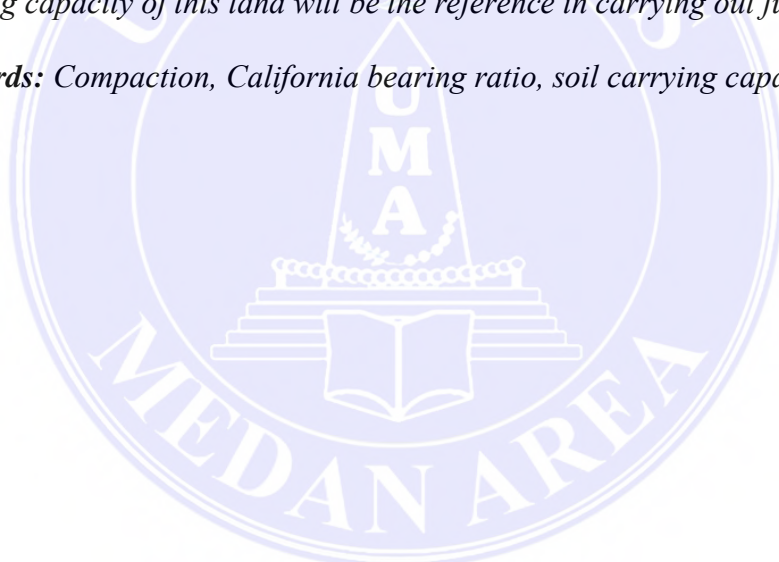
Kondisi tanah mempunyai peranan penting dalam sebuah konstruksi jalan, namun kenyataan di lapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung tanah rendah, sehingga perlu untuk melakukan stabilisasi tanah dengan kapur. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh sifat-sifat fisis tanah lempung dan menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur dan pengaruh waktu pemeraman terhadap peningkatan nilai CBR. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Sumatera Utara, dengan melakukan pengujian sifat-sifat fisis tanah lempung dan kuat dukung tanah (CBR). Adapun parameter-parameter tersebut adalah klasifikasi tanah, kadar air tanah, kepadatan tanah, dan daya dukung tanah. Maksud dari penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah untuk menganalisa daya dukung tanah dasar pada Perkerasan jalan tanah lempung Perkampungan pulau tiga, Tamiang Hulu, KAB.Aceh Tamiang, Aceh. dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui nilai daya dukung tanah dasar dengan menggunakan alat California Bearing Ratio LAB. Sesuai dengan tujuan dari penulisan tugas akhir ini, maka didapatlah nilai pengujian California Bearing Ratio. Adapun hasil dari pengujian California Bearing Ratio ini berturut-turut adalah 12.54%,13.02%, dan 12,84%. Nilai-nilai California Bearing Ratio yang didapat telah memenuhi nilai standart untuk suatu jalan yaitu 6%. Dari seluruh data-data yang didapat pada percobaan-percobaan yang dilakukan pada skripsi ini didapatlah suatu nilai daya dukung tanah sebesar 6.910. Nilai daya dukung tanah ini lah yang akan menjadi acuan dialam melaksanakan pekerjaan selanjutnya.

Kata kunci : Pemadatan, california bearing ratio, daya dukung tanah.

ABSTRACT

Soil conditions have an important role in road construction, but the reality on the ground is that many soils have low soil carrying capacity, so it is necessary to stabilize soil with lime. The study aims to determine the effect of physical properties of clay and determine the effective percentage of lime addition and the effect of curing time on increasing CBR values. This research was conducted at the Laboratory of the University of North Sumatra, by testing the physical properties of clay and soil bearing strength (CBR). The parameters are soil classification, soil water content, soil density, and soil carrying capacity. The purpose of the research carried out in this thesis is to analyze the carrying capacity of the subgrade in the Pinjai City clay road Pavement project in District, and the purpose of writing this thesis is to determine the carrying capacity of the subgrade using California Bearing Ratio in the field. In accordance with the objectives of this thesis, the California Bearing Ratio test value is obtained. The results of the California Bearing Ratio testing were 12.54%, 13.02%, and 12.84%, respectively. California Bearing Ratio values obtained have met the standard value for a road that is 6%. From all data obtained in experiments conducted in this thesis, a soil carrying capacity value of 6,910 is obtained. The carrying capacity of this land will be the reference in carrying out further work.

Keywords: *Compaction, California bearing ratio, soil carrying capacity.*



KATA PENGANTAR

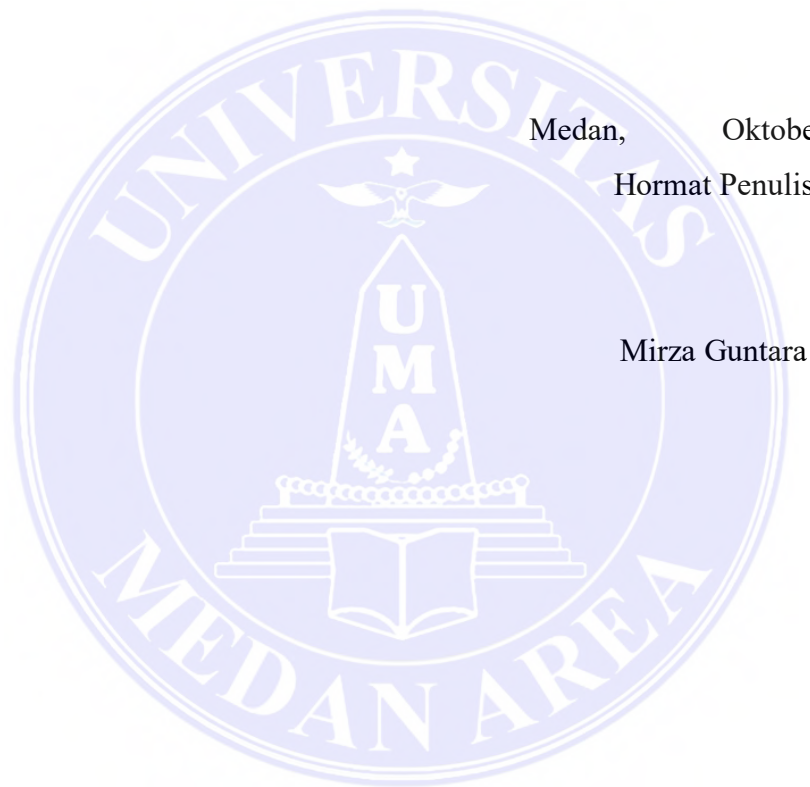
Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya, Yang Maha Menguasai dan Maha Menggerakkan Hati serta anggota tubuh setiap makhluknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini dan tidak lupa shalawat serta salam penulis panjatkan kepada junjunan Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan untuk segenap umatnya dan kita harapkan syafa'atnya di akhirat kelak.

Tulisan ini dibuat sebagai Skripsi untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area. Adapun judul Skripsi ini adalah "STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN KAPUR UNTUK MENGETAHUI NILAI CBR PADA PERKERASAN JALAN"

Selesainya penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. DR. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Nurmaidah, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT, selaku Pembimbing I pada penyusunan Skripsi ini.
5. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, selaku Pembimbing II pada penyusunan Skripsi ini.
6. Kedua orang tua penulis dan serta saudara/i kandung yang telah memberikan dukungan, bantuan moril maupun materil, semangat dan yang selalu mendo'akan penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam pembuatan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dalam penelitian selanjutnya. Penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan penulis pada khususnya. Saya akhiri dengan wabillahi taufiq walhidayah wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.



Medan, Oktober,2020

Hormat Penulis

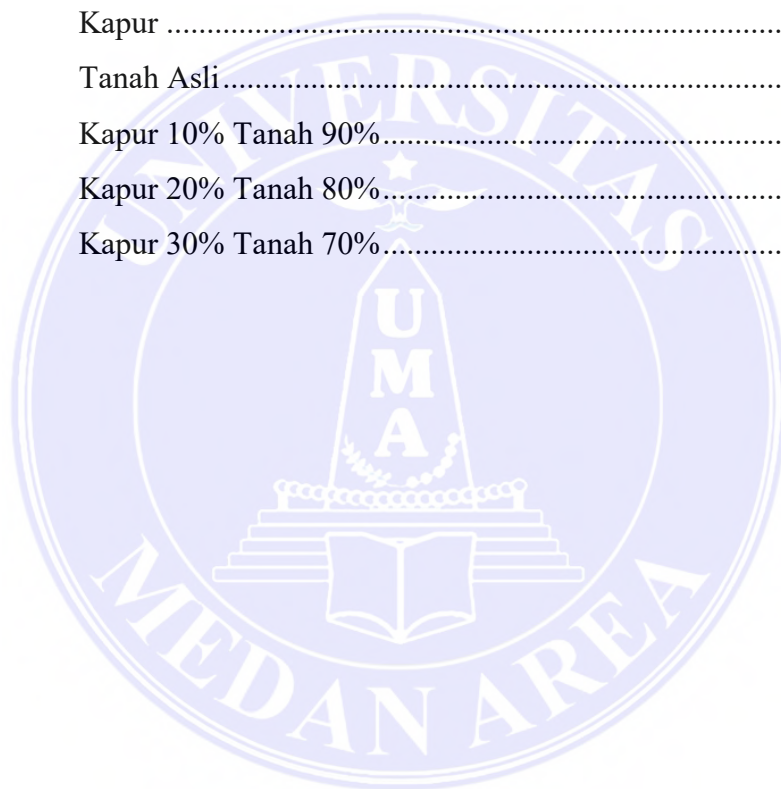
Mirza Guntara

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	3
1.3. Rumusan masalah	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Kerangka berfikir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum	5
2.2. Sistem klasifikasi tanah.....	5
2.2.1 Sistem Klasifikasi UNIFIED	6
2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	8
2.3. Sifat Fisik Tanah.....	11
2.3.1 Hubungan Antara Butiran, Air dan Udara dalam tanah.....	11
2.3.2 Aktivitas Tanah.....	14
2.3.3 Berat Spesifik (specific gravity, GS)	15
2.3.4 Konsistensi Tanah.....	16
2.4 Tanah Dasar	18
2.5 Pemadatan Tanah	18
2.5.1 Uji Proctor Standar	20
2.5.2 Stabilisasi Tanah	20
2.5.3 Partikel Tanah	21
2.6. Analisis Mekanis Dari Tanah	21
2.6.1 Komposisi Tanah	22
2.6.2 Batas Susut	22

2.7. Analisis Ayakan	23
2.8. Bagan Plastisitas	24
2.9. Tanah Dan Batuan	26
2.9.1 Pengertian Tanah Dan Batuan	26
2.10. Pengujian California Bearing Ratio (CBR)	28
2.11. Kapur.....	29
2.11.1 Batuan Kapur	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Lokasi penelitian.....	31
3.2. Metode Penelitian	31
3.3. Teknik pengumpulan data.....	33
3.3.1 Data Primer	33
3.3.2 Data Skunder.....	33
3.4. Pekerjaan Persiapan	33
3.5. Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah.....	34
3.5.1 Pengujian Analisa Saringan	34
3.5.2 Pengujian Batas Konsistensi.....	35
3.5.3 Pengujian Berat Jenis Tanah.....	36
3.5.4 Pengujian Kadar Air	37
3.5.5 Pengujian Pematatan	38
3.6 uji cbr laboratorium	41
BAB IV PEMBAHASAN.....	42
4.1. Hasil Penelitian	42
4.1.1 Hasil Pengukuran Sifat-Sifat Fisis Tanah.....	42
4.1.2 Pematatan (Proctor Test).....	43
4.2. Pengujian Geoteknik.....	44
4.2.1 Analisa Saringan	44
4.2.2 Uji Batas-Batas Atterberg.....	54
4.2.3 Pengklasifikasian Tanah	57
4.2.4 Uji Pematatan.....	58
4.2.5 Pengujian Kekuatan Tanah	60
4.3. Percobaan CBR Laboratorium.....	61

4.4. Perencanaan Daya Dukung Tanah.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
Lampiran	69
Denah Lokasi	75
Kapur	76
Tanah Asli.....	80
Kapur 10% Tanah 90%.....	91
Kapur 20% Tanah 80%.....	98
Kapur 30% Tanah 70%.....	105



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	8
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi AASHTO	11
Tabel 2.3	Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting.....	15
Tabel 3.1	Faktor Koreksi Suhu	37
Tabel 4.1	Analisa Saringan Tanah Sample 1	45
Tabel 4.2	Analisa Saringan Tanah Sample 2	46
Tabel 4.3	Analisa Saringan Tanah Sample 3	47
Tabel 4.4	Analisa Saringan Tanah Sample 4	49
Tabel 4.5	Analisa Saringan Tanah Sample 5	51
Tabel 4.6.1	Atterbag Kapur 10%, Tanah 90%.....	54
Tabel 4.6.2	Atterbag Kapur 20%, Tanah 80%.....	55
Tabel 4.6.3	Atterbag Kapur 30%, Tanah 70%.....	56
Tabel 4.7	Uji Pematatan.....	58
Tabel 4.8.1	CBR Kapur 0%, Tanah 100%.....	83
Tabel 4.8.2	CBR Kapur 10%, Tanah 90%.....	92
Tabel 4.8.3	CBR Kapur 20%, Tanah 80%.....	99
Tabel 4.8.4	CBR Kapur 30%, Tanah 70%.....	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elemen tanah dalam keadaan asli	12
Gambar 2.2	Batas-batas atterbag	18
Gambar 2.3	Grafik berat satuan kering terhadap kadar air.....	19
Gambar 2.4	Pengujian California Bearing Ratio (CBR)	20
Gambar 3.1	Proses pekerjaan tanah dasar	32
Gambar 3.5.5	Pengujian pemadatan (<i>Compection test</i>) (<i>ASTM D-698</i>).....	38
Gambar 4.3	Uji analisa saringan.....	44
Gambar 4.4	Grafik lolos saringan sampel 1	46
Gambar 4.5	Grafik lolos saringan sampel 2	47
Gambar 4.6	Grafik lolos saringan sampel 3	48
Gambar 4.7	Grafik lolos saringan sampel 4	50
Gambar 4.8	Grafik lolos saringan sampel 5	52
Gambar 4.9	Grafik rata-rata ke-lima sampel	53
Gambar 4.11	Grafik kepadatan kering tanah.....	60

DAFTAR NOTASI

W	= Well Graded (tanah dengan gradasi baik)
P	= Poorly Graded (tanah dengan gradasi buruk)
L	= Low Plasticity (plastisitas rendah) ($LL < 50$)
H	= High Plasticity (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)
CU	= Koefisien Keseragaman
CC	= Koefisien Gradasi
LL	= Liquid Limit
PI	= Index Plasticity
GI	= Group Indeks
CH	= Tanah lempung dengan plastisitas tinggi
EC	= Tenaga Pemasatan
CaO	= Kapur
G	= Tanah berkerikil
S	= Tanah berpasir
C	= Lempung (Clay)
Silt	= Anorganik
M	= Lanau
Peat	= Tanah gambut
Gw	= Kerikil
GP	= Kerikil berlanau
GM	= kerikil berpasir
GC	= Kerikil berlempung
SW	= Pasir bergradasi baik
SP	= Pasir bergradasi buruk
SM	= Pasir berlanau
SC	= Pasir berlempung
ML	= Lanau anorganik
CL	= Lempung anorganik
OL	= Lanau anorganik plastisitas rendah

- MH = Lanau anorganik plastisitas tinggi
CH = Lempung anorganik plastisitas tinggi
OH = Lempung anorganik plastisitas tinggi
PT = Gambut dan tanah berkadar organik tinggi lainnya



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar pengambilan sampel tanah.....	69
Lampiran 2	Gambar mengelompokkan sampel tanah.....	70
Lampiran 3	Menimbang sampel tanah.....	70
Lampiran 4	Mengayak sampel tanah	71
Lampiran 5	Ayakan sampel tanah.....	71
Lampiran 6	Pemadatan tanah dengan proktormol	72
Lampiran 7	Mengeringkan sampel tanah dengan oven.....	72
Lampiran 8	Menguji sampel tanah dengan CBR	73
Lampiran 9	Tes Sancond.....	73
Lampiran 10	Menguji sampel tanah dengan CBR	74
Lampiran 11	Denah lokasi	75
Lampiran 12	Kapur	76
Lampiran 13	Analisa Saringan.....	77
Lampiran 14	Berat Jenis.....	78
Lampiran 15	Pemeriksaan Konsistensi Atterberg.....	79
Lampiran 16	Tanah asli.....	80
Lampiran 17	Kadar air	81
Lampiran 18	Analisa saringan	82
Lampiran 19	Pemeriksaan konsistensi atterberg.....	83
Lampiran 20	Berat jenis	84
Lampiran 21	Berat isi.....	85
Lampiran 22	Percobaan pemadatan	86
Lampiran 23	Percobaan CBR Lab	87
Lampiran 24	Kapur 10% tanah 90%.....	91
Lampiran 25	Pemeriksaan konsistensi Atterberg.....	92
Lampiran 26	Percobaan pemadatan	93
Lampiran 27	Percobaan CBR Lab	94
Lampiran 29	Kapur 20% tanah 80%.....	98
Lampiran 30	Pemeriksaan konsistensi Atterberg.....	99
Lampiran 31	Percobaan pemadatan	100

Lampiran 32	Percobaan CBR Lab	101
Lampiran 33	Kapur 30% tanah 70%.....	105
Lampiran 34	Pemeriksaan konsistensi Atterberg.....	106
Lampiran 35	Percobaan pepadatan	107
Lampiran 36	Percobaan CBR Lab	108



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah lunak yang memiliki karakteristik tanah berbutir halus dan memiliki luas permukaan spesifik butiran-butiran yang lebih besar, angka pori yang lebih besar dan permeabilitas yang lebih kecil dibandingkan tanah berbutir kasar terlebih lagi tanah lempung sangat mudah mengembang dan menyusut (expansif) karena perubahan kadar air. Faktor kembang susut inilah yang dapat mengganggu kekuatan dari suatu bangunan konstruksi sehingga konstruksi tersebut dapat mengalami kerusakan fisik yang tidak dapat diprediksi salah satu contohnya adalah menyebabkan lapis perkerasan jalan diatas tanah dasar (subgrade) menjadi retak-retak dan mengakibatkan konstruksi jalan menjadi bergelombang. (Hajar., 2016), Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Kapur, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Kekuatan tanah memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi seperti; jalan, bangunan gedung, jembatan dan sebagainya. Khusus untuk perencanaan jalan raya kekuatan tanah ditandai dengan meningkatnya nilai California Bearing Ratio (CBR) dari tanah tersebut. Tanah lempung adalah pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran kaloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm. Karakteristik umum lempung mencakup komposisi kimia, struktur lapisan kristal dan ukurannya. Pengurangan kadar air menyebabkan lempung menyusut, dan bila

kadar air bertambah lempung mengembang. akibat dari ketidak stabilan tanah menyebabkan konstruksi jalan di atasnya rusak : retak, gelombang, patah dll.

Alternatif pemecahan masalah di atas yaitu dengan menstabilisasi tanah dasar dengan memberikan bahan tambahan berupa kapur. Kapur mengandung kation-kation Ca^{++} dan Mg^{++} yang mampu menetralkan sifat kembang susut tanah lempung atau lanau. Selain itu kapur juga berfungsi untuk merangsang terjadinya proses sementasi antara butiran tanah sehingga membentuk gumpalan partikel yang lebih besar sehingga plastisitas tanah akan berkurang, yang pada akhirnya juga berpengaruh terhadap peningkatan daya dukung, kekuatan dan stabilitas tanah. Untuk pengujian peningkatan stabilisasi atau kepadatan tanah yaitu ditandai dengan meningkatnya nilai CBR. Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di laboratorium atau di lapangan dengan rencana empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan.

Prinsip dari uji CBR adalah suatu perbandingan antara beban percobaan dengan beban standard dan dinyatakan dalam persen. Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standard berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas. Maka dengan meningkatnya nilai CBR dapat diketahui peningkatan daya dukung, kekuatan tanah dan stabilisasi sesuai dengan perencanaan lapisan perkerasan jalan yang telah ditentukan. Maka setelah melihat permasalahan di atas peneliti tertarik untuk mengkaji lebih dalam tentang stabilisasi tanah dengan bahan tambah kapur gamping. Sehingga menarik kiranya untuk dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Kapur Gamping Madura Pada Tanah Lempung di Daerah Martajasah Bangkalan Terhadap Nilai

California Bearing Ratio (CBR) Test, (Hary Christady Hardiyatmo). (2010).
Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan. Yogyakarta : Gadjah Mada University
Press.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai CBR, Tanah
di campur kapur pada perkerasan jalan.

Tujuan penelitian ini adalah apakah tanah campur kapur (CaO) dapat
meningkatkan nilai CBR pada Perkerasan Jalan.

1.3 Rumusan masalah

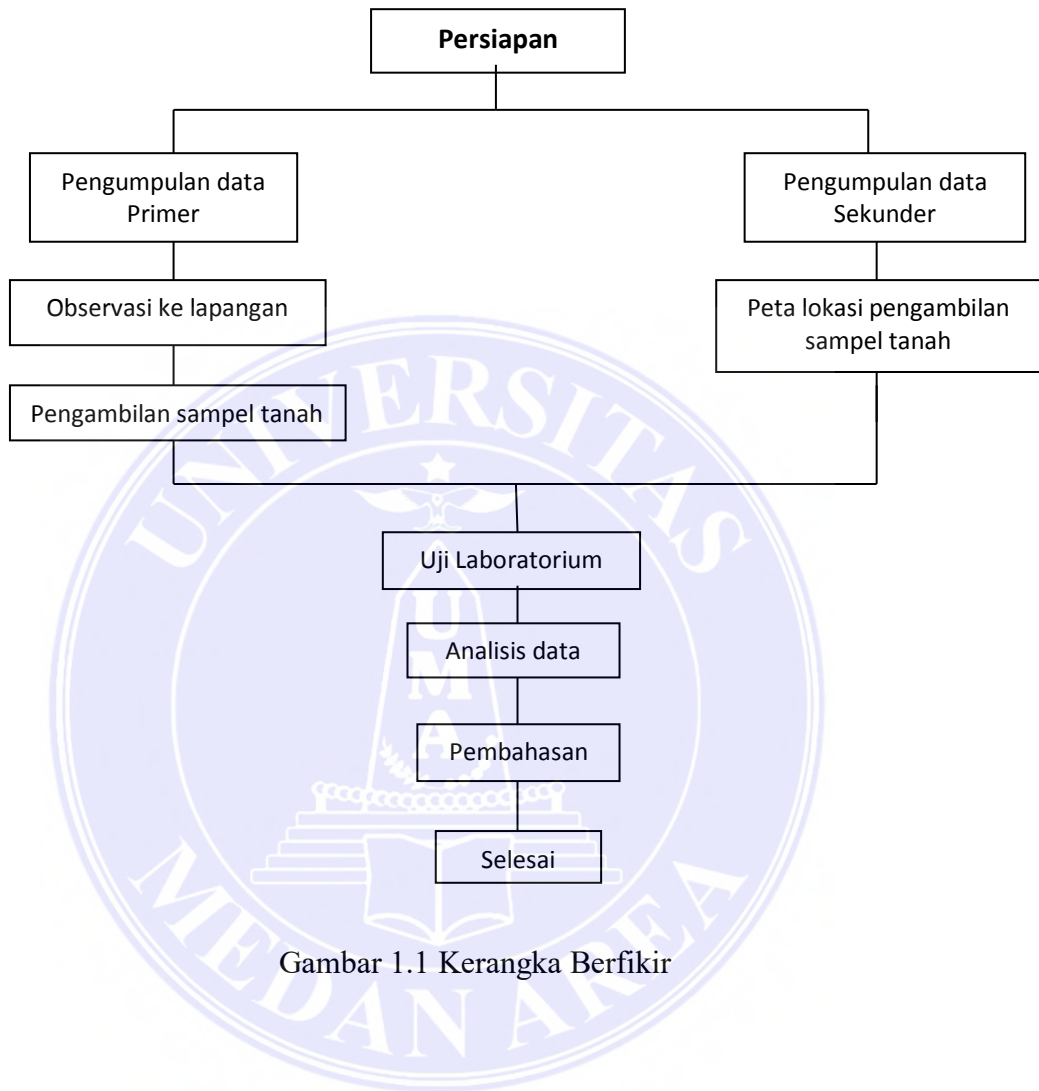
Dalam pelaksanaan perkerasan jalan, terdapat cukup banyak hal yang
dapat diangkat menjadi topic permasalahan pada tugas akhir ini, yaitu antara
lain :

1. Daya dukung tanah dasar
2. Metode CBR
3. Kandungan air pada tanah dasar (*subgrade*)

1.4 Batasan masalah

Karena banyaknya masalah yang terjadi pada perkerasan jalan terutama
pada tanah dasar (*subgrade*), untuk ini penulis mengambil sampel tanah lempung
dari Perkampungan Pulau Tiga, Tamiang Hulu Kabupaten Aceh Tamiang, Aceh.
dengan mencampur kapur dalam beberapa presentase campuran untuk mengetahui
nilai CBR Laboratorium.

1.5. Kerangka Berpikir



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Jadi seorang ahli teknik sipil harus juga mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain. Ilmu mekanika tanah (*soil mechanics*) adalah cabang dari ilmu pengetahuan yang mempelajari sifat-sifat fisik dari tanah dan kerja massa tanah tersebut bila menerima bermacam-macam gaya. Ilmu rekayasa tanah (*soil engineering*) merupakan aplikasi dari prinsip-prinsip mekanika tanah dalam problema-problema praktisnya (M. Das Brajas, “Mekanika Tanah Jilid 1”)

2.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara mudah sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang

terinci. Sebagian besar system klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastisitas.

2.2.1 Sistem Klasifikasi Unified

Sistem klasifikasi *unified* pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineer* selama perang dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, system ini disempurnakan. Pada masa kini, system klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik.

Sistem klasifikasi unified mengelompokkan tanah kedalam 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 No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S.
G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil
S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine - grained - soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200 Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau (*Silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau – organic dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*),

muck dan tanah – tanah lain dengan kadar organik tinggi. Simbol – simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

1. *Poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)
2. L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$)
3. H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor – faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (*uniformy coefisien, Cu*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, Cc*) untuk tanah dimana 0 – 12 % lolos ayakan No.200
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5 % atau lebih lolos ayakan No.200). Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No.200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plasisitas tanah yang

bersangkutan pada bagian plastisitas (Casagrande, 1948) yang diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Deskripsi	Simbol kelompok	Kriteria Laboratorium						
		Butiran Halus (%)	Kualitas	Plastisitas	Catatan			
Berbutir kasar (lebih dari 50% lebih besar dari 63 µm BS atau ayakan US No.200)	Kerikil (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran kerikil)	Kerikil bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GW	0 – 5	$C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	Simbol rangkap dua jika butiran halus 5-12%. Simbol rangkap dua jika diatas garis A dan $PI < 7$		
		Kerikil berlanau, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat GW			
		Kerikil berlanau, kerikil berpasir berlanau	GM	> 12			Dibawah garis A atau $PI < 4$	
		Kerikil berlempung, kerikil berlempung berpasir	GC	> 12			Diatas garis A dan $PI > 7$	
	Pasir (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran pasir)	Pasir bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SW	0-5	$C_u > 6$ $1 < C_c < 3$			
		Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat SW			
		Pasir berlanau	SM	> 12			Dibawah garis A atau $PI < 4$	
		Pasir berlempung	SC	> 12			Diatas garis A dan $PI > 7$	
		Lanau dan lempung (batas cair kurang dari 50)	Lanau anorganik, pasir halus berlanau atau berlempung plastisitas tinggi	ML	Gunakan grafik plastisitas			
			Lempung anorganik, lempung berlanau, lempung berpasir plastisitas rendah	CL	Gunakan grafik plastisitas			
Lanau dan lempung (batas cair lebih besar dari 50)	Lanau organik dan lempung berlanau organik plastisitas rendah	OL	Gunakan grafik plastisitas					
	Lanau anorganik plastisitas tinggi	MH	Gunakan grafik plastisitas					
	Lempung anorganik plastisitas tinggi	CH	Gunakan grafik plastisitas					
	Lempung organik plastisitas tinggi	OH	Gunakan grafik plastisitas					
Tanah organik tinggi		Gambut dan tanah berkadar organik tinggi lainnya	Pt					

Sumber: Braja M.Das, “Mekanika Tanah Jilid 1”

2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi tanah ini dikembangkan dalam tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan: versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standart no D-3282, AASHTO metode M145)

Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar. yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini :

a. Ukuran Butiran

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2 mm), Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan no.10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticity index*, PI] sebesar 10 atau kurang.

Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Untuk mengevaluasi mutu (*quality*) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan, suatu angka yang dinamakan indeks grup (*group indeks, GI*) juga diperlukan selain kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \dots \text{(pers.2.1)}$$

dimana : F = Persentase butiran yang lolos ayakan No.200

LL = Batas cair (liquid limit)

PI = Indeks plastisitas

Suku pertama persamaan 2.1 yaitu $(F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)]$. adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Suku yang kedua, yaitu $0,01 (F - 15) (PI - 10)$, adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup :

- a. Apabila Persamaan 2.1 menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol.
- b. Indeks grup yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dibulatkan ke angka yang paling dekat
- c. Tidak ada batas untuk indeks grup
- d. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 selalu sama dengan nol.
- e. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200)							Bahan-bahan lanau lempung (lebih dari 35% lolos No.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa saringan Persen lolos:											
No.10	Maks.50		Maks.51								
No.40	Maks.30	Maks.50									
No.200	Maks.15	Maks.15	Maks.10	Maks.35	Maks.35	Maks.35	Maks.35	Min.36	Min.36	Min.36	Min.36
Karakteristik											
Fraksi yang lolos No.40											
Batas cair :				Maks.40	Maks.41	Maks.40	Maks.41	Maks.40	Maks.40	Maks.40	Maks.41
Indeks plastisitas	Maks.6		N.P	Maks.10	Maks.10	Maks.11	Maks.10	Min.10	Min.10	Min.10	Min.10
Jenis umum	Fragmen batuan Kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lempungan				Tanah lanauan		Tanah lempungan	
Tingkat umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik					Cukup sampai buruk					

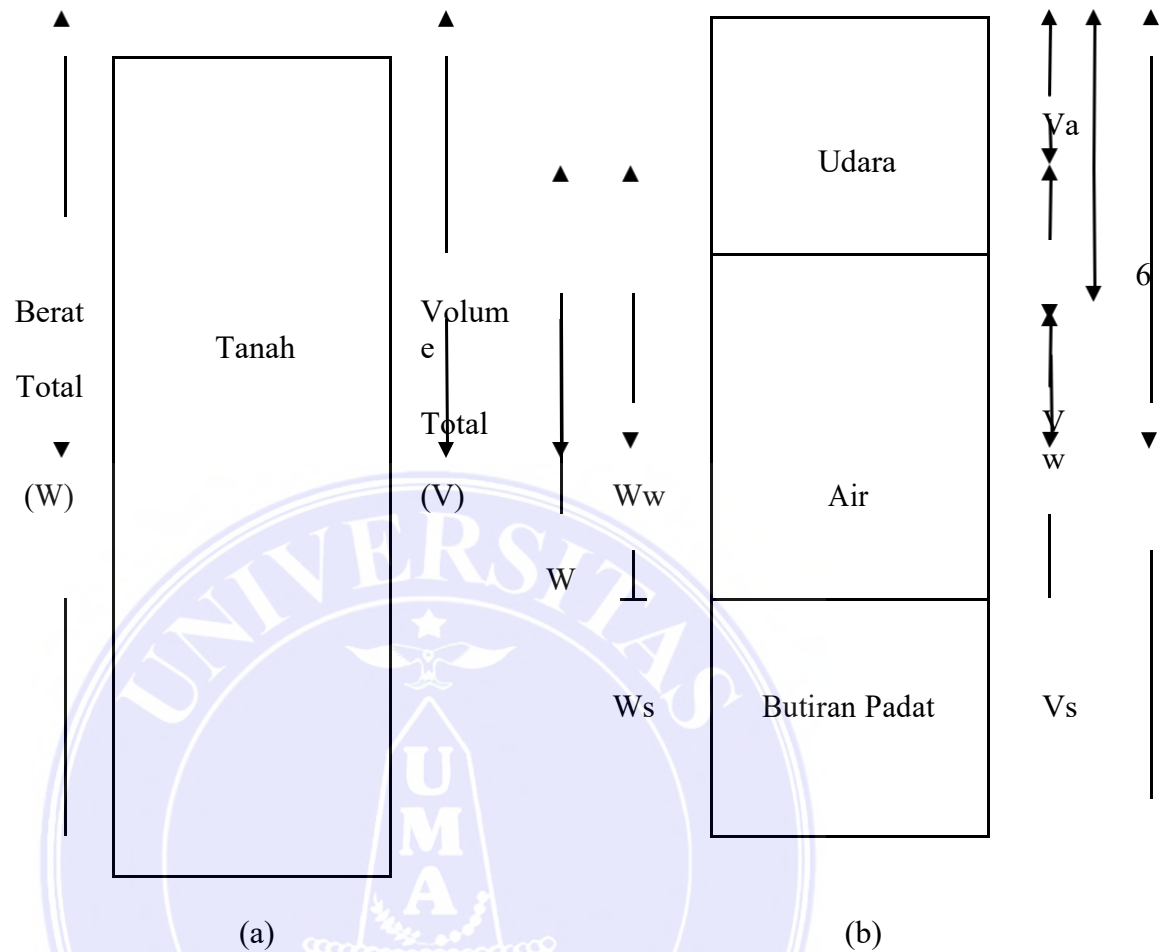
Catatan : Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5- < LL – 30, sedang
Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A-7-5-> LL – 30 .

Sumber : Braja M. Das, “Mekanika Tanah Jilid 1

2.3 Sifat Fisik Tanah

2.3.1 Hubungan Antara Butiran, Air dan Udara dalam Tanah

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda. Tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori. Tanah yang jenuh sempurna (*fully saturated*) juga terdiri dari dua fase, yaitu partikel padat dan air pori. Sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase, yaitu partikel padat, udara pori dan air pori. Komponen-komponen tanah dapat digambarkan dalam suatu diagram fase seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. (a) Elemen tanah dalam keadaan asli; (b) Tiga fase elemen tanah

Sumber: Braja M. Das, “Mekanika Tanah jilid 1”.

Gambar 2.1.a menunjukkan suatu elemen tanah dengan volume V dan berat W . Untuk membuat hubungan volume-berat agregat tanah, tiga fase (yaitu : butiran padat, air, dan udara) dipisahkan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1.b. Jadi, volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai :

$$V = V_s + V_u = V_s + V_w + V_a \quad \text{..... (persamaan 2. 3)}$$

dimana :

V_s = Volume butiran padat

V_u = Volume pori

V_w = Volume air dalam pori

V_a = Volume udara dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai :

$$W = W_s + W_w \quad \text{..... (persamaan 2.4)}$$

dimana :

W_s = Berat butiran padat

W_w = Berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. Jadi :

$$e = \frac{n}{1-n} \quad \text{..... (persamaan 2.5)}$$

dimana :

$$e = \frac{e}{1+e} \quad \text{..... (persamaan 2.6)}$$

e = Angka pori (*void ratio*)

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total , atau :

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad \text{..... (persamaan 2.7)}$$

dimana :

n = Porositas

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

Dimana :

S = Derajat kejenuhan. Umumnya, derajat kejenuhan dinyatakan dalam persen. Istilah yang umum dipakai untuk hubungan berat

adalah kadar air (*moisture content*) dan berat volume (*unit weight*).

Defenisi dari istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

- Kadar air (w) yang juga disebut sebagai *water content* didefenisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

$$W = \frac{W_N}{W_s} \quad \dots\dots \text{(persamaan 2.8)}$$

- Berat volume tanag (γ) adalah berat tanah per satuan volume.

$$= \frac{W}{V} \quad \dots\dots \text{(persamaan 2.9)}$$

- Berat Volume Tanah Kering

$$d = \frac{W_s}{V} \quad \dots\dots \text{(persamaan 2.10)}$$

2.3.2 Aktivitas Tanah

Karena sifat plastis dari suatu tanah adalah disebabkan oleh air yang terserap di sekeliling permukaan partikel lempung (*adsorbed water*), maka dapat diharapkan bahwa tipe dan jumlah mineral lempung yang dikandung di dalam suatu tanah akan mempengaruhi batas plastis dan batas cair tanah yang bersangkutan. Skempton {1953) menyelidiki bahwa indeks plastis (PI) suatu tanah bertambah menurut garis lurus sesuai dengan bertambahnya persentase dari fraksi berukuran lempung (% Berat butiran yang lebih kecil dari 2 μ) yang dikandung oleh tanah. Hubungan ini dapat dilihat dalam Gambar 2.15 di mana garis rata-rata untuk semua tanah adalah melalui titik pusat sumbu. Hubungan antara PI dengan fraksi berukuran lempung untuk tiap-tiap tanah mempunyai garis

yang berbeda-beda. Keadaan ini disebabkan karena tipe dari mineral lempung yang dikandung oleh tiap-tiap tanah berbeda-beda. Atas dasar hasil studi tersebut, Skempton mendefinisikan suatu besaran yang dinamakan aktivitas (activity) yang merupakan kemiringan dari garis yang menyatakan hubungan antara P_i dan persen butiran yang lolos ayakan 2,0, atau dapat pula dituliskan sebagai: $A = P_i$ (% berat fraksi berukuran lempung)

2.3.3 Berat Spesifik (*Specific Gravity, G_s*)

Harga berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Tabel 2.3 menunjukkan harga-harga berat spesifik beberapa mineral yang umum terdapat dalam tanah. Sebagian besar dari mineral-mineral tersebut mempunyai berat spesifik berkisar 2.6 sampai dengan 2.9. Berat jenis dari bagian padat tanah pasir yang berwarna terang, umumnya sebagian besar terdiri dari *quartz*, dapat diperkirakan sebesar 2.65 untuk tanah berlempung atau lanau harga tersebut berkisar antara 2.6 sampai 2.9.

Tabel 2.3 Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Berat Jenis (G _s)
Quartz	2.65
Kaolinite	2.6
Illite	2.8
Montmorillonite	2.65 -2.80
Halloysite	2.0 – 2.55

Potassium Feldspar	2.57
Sodium and Calcium	
Feldspar	2.62– 2.76
Chlorite	2.6 - 2.9
Biotite	2.8 – 3.2
Muscovite	2.76 – 3.1
Hornblende	3.0 – 3.47
Limonite	3.6 – 4.0
Olivine	3.27 – 3.37

Sumber: Braja M. Das, “Mekanika Tanah jilid 1”.

2.3.4 Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*absorbed water*) di sekeliling permukaan dari partikel lempung. Pada awal tahun 1900, seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan kedalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis dan cair. Kadar air, dinyatakan dalam persen, dimana terjadi transisi dari keadaan

padat ke keadaan semi padat didefenisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air dimana transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*), batas – batas ini dikenal juga sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*).

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

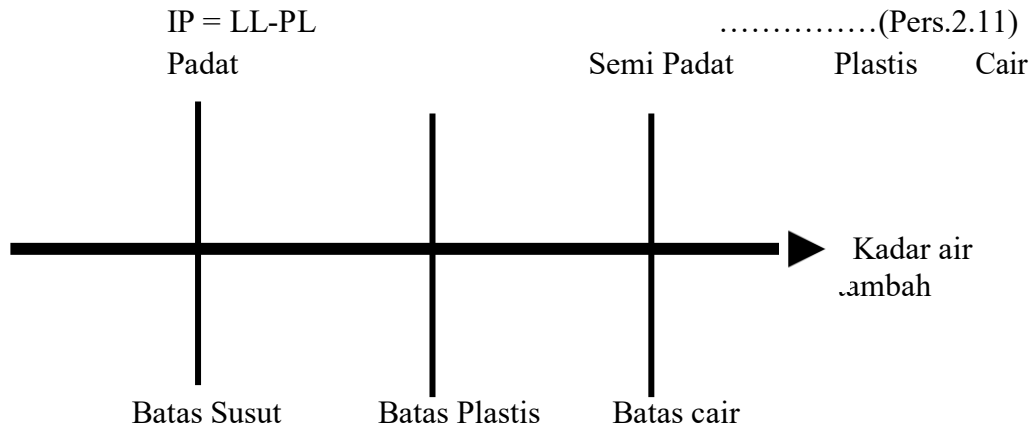
Batas cair (*liquid limit*) didefenisikan sebagai kadar air (*water content*) yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis didefenisikan sebagai kadar air di dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Apabila kadar air didalam tanah berkurang, maka tanah akan menjadi lebih keras dan memiliki kemampuan untuk menahan perubahan bentuk.

3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Tanah berbutir halus secara alamiah berada dalam kondisi plastis. Batas atas dan batas bawah dari rentang kadar air dimana tanah masih bersifat plastis berturut-turut disebut batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). Memang kadar air itulah didefenisikan sebagai indeks plastisitas (*plasticity index*), dimana :



Gambar 2.2 Batas-batas Atterberg
 Sumber: Braja M. Das, “Mekanika Tanah jilid 1”.

2.4 Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar merupakan pondasi bagi perkerasan, baik perkerasan yang terdapat pada lalu-lintas maupun bahu. Dengan demikian, tanah dasar merupakan konstruksi terakhir yang menerima beban kendaraan yang disalurkan oleh perkerasan. Tanah dasar dapat terdiri atas tanah asli tanpa perlakuan, dan dapat juga terdiri atas tanah asli pada galian atau bagian atas timbunan yang dipadatkan.

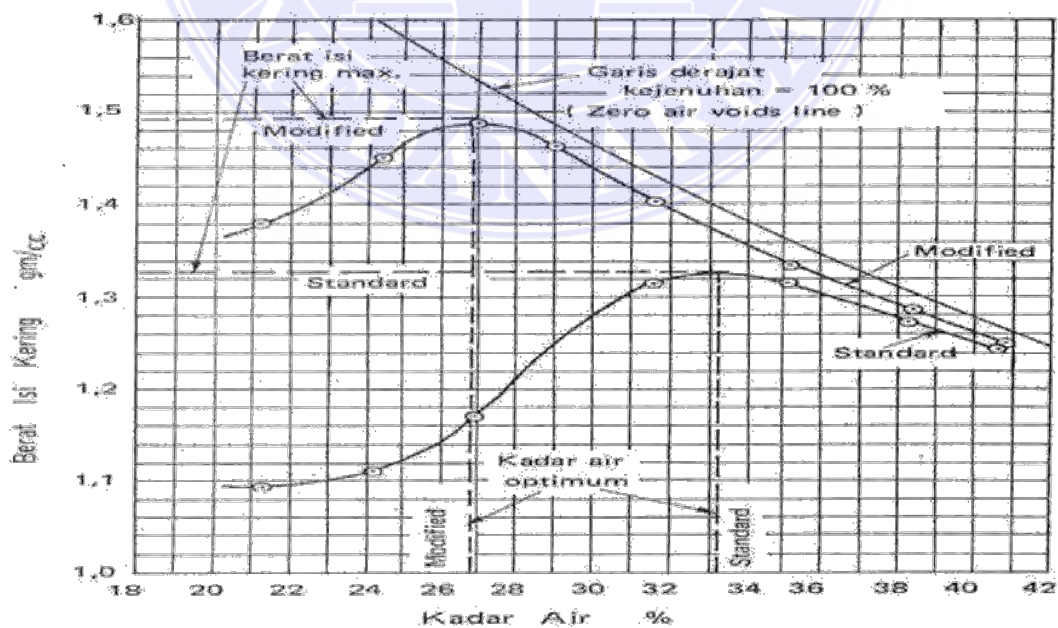
Sebagai pondasi perkerasan, disamping harus mempunyai kekuatan atau daya dukung terhadap beban kendaraan, tanah dasar juga harus mempunyai stabilitas volume akibat pengaruh lingkungan, terutama air. Tanah dasar yang mempunyai kekuatan dan stabilitas volume yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi (misalkan gelombang atau alur) dan retak.

2.5 Pemadatan Tanah

Pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara.

Pemadatan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga dengan demikian meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Pemadatan juga mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemantapan lereng timbunan (*embarkments*). Pada proyek konstruksi jalan, pemadatan untuk tanah dasar selalu dilakukan sebelum dihamparnya item-item perkerasan lainnya, guna untuk menaikkan daya dukung tanah dasarnya. .

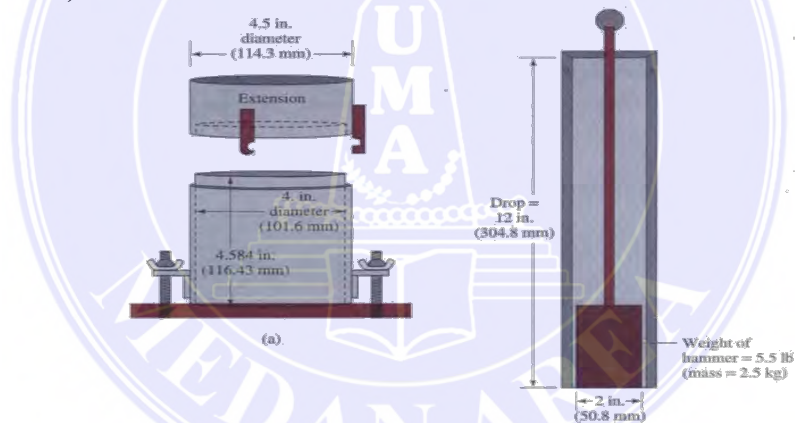
Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan kepadatan kering (*dry density*), yaitu massa partikel padat persatuan volume tanah. Kepadatan kering setelah pemadatan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan oleh alat pemadat (dinyatakan usaha pemadatan). Karakteristik pemadatan dari suatu tanah dapat diketahui dari uji standart di laboratorium. Percobaan-percobaan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah *Proctor Compaction Test* (uji pemadatan proctor).



Gambar 2.3 Grafik berat satuan kering terhadap kadar air

2.5.1 Uji Proctor Standar

Pada uji proctor, tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder bervolume $1/30 \text{ ft}^3$ ($=943,3 \text{ cm}^3$). Diameter cetakan tersebut adalah 4 inch ($=101,6 \text{ mm}$). Selama percobaan dilaboratorium, cetakan itu diklim pada sebuah plat dasar dan di atasnya diberi juga perpanjangan (juga berbentuk silinder). Tanah dicampur dengan kadar yang berbeda-beda dan kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 3 lapisan dan jumlah tumbukan adalah 25 tumbukan setiap lapisan. Berat penumbuk adalah 5,5 lb (= massa 2,5 kg) dan tinggi jatuh sebesar 12 inch ($=304,8 \text{ mm}$)



Gambar 2.4 Peralatan yang dipakai pada pengujian proctor.
Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah Jilid 1"

2.5.2 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, sehingga didapatkan sifat-sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis untuk lokasi konstruksi bangunan. Tujuan lain dari stabilisasi tanah ini yaitu untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut, kemudian mengambil tindakan yang tepat terhadap masalah-masalah yang dihadapi.

Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen, kapur atau pozzolan (Harneini, 2010).

2.5.3 Partikel Tanah

Sebagaimana telah dibahas di bagian depan, ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), atau lempung (clay), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (soil-separate-size limits).

Ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT), U.S. Department of Agriculture (USDA), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) dan oleh U. S. Army Corps of Engineers dan U. S. Bureau of Reclamation yang kemudian menghasilkan apa yang disebut sebagai Unified Soil Classification System (USCS). sistem MIT diberikan hanya untuk keterangan tambahan saja. Sistem MIT ini penting artinya dalam sejarah perkembangan sistem batasan ukuran golongan jenis tanah. Pada saat sekarang, sistem Unified (USCS) telah diterima di seluruh dunia. Sistem ini sekarang telah dipakai pula oleh American.

2.6 Analisis Mekanis Dari Tanah

Analisis mekanis dari tanah adalah perientuan variasi u kuran partikel-partikel yang ada pacta tanah. Variasi tersebut dinyatakan dalam persentase dari berat kering total. Ada dua cara yang umum digunakan untuk mendapatkan distribusi ukuran-ukuran partikel tanah, yaitu: (1) analisis ayakan* - untuk ukuran partikel-partikel berdiameter lebih besar dari 0,075 mm, dan (2) analisis hidrometer - untuk ukuran partikel-partikel berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm. Prinsip dari analisis ayakan dan hidrometer akan diterangkan secara singkat pada uraian- aian berikut ini.

2.6.1 Komposisi Tanah

Dalam keadaan asli, suatu tanah basah mempunyai volume= 0,33 ft³ dan berat = 39,93 lb. Setelah dikeringkan dalam oven, berat tanah kering adalah 34,54 lb. Apabila $G_s = 2,71$, hitung kadar air, berat volume basah, berat volume kering, angka pori, porositas, dan derajat kejenuhan. Kadar Air

2.6.2 Batas Susut

Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang dalam tanah. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan di mana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume Kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana perubahan volume suatu massa tanah berhenti didefinisikan sebagai batas susut (shrinkage limit). Uji batas susut (ASTM Test Designation D-427) dilakukan di laboratorium dengan menggunakan suatu mangkok porselin yang mempunyai diameter kira-kira 1,75 in (44,4 mm) dan tinggi kira-kira 0,5 in (12,7 mm). Bagian dalam dari mangkok dilapisi dengan vaselin (petroleum jelly), kemudian diisi dengan tanah basah sampai penuh.

Permukaan tanah di dalam mangkok kemudian diratakan dengan menggunakan penggaris yang bersisi lurus sehingga permukaan tanah tersebut menjadi sama tinggi dengan sisi mangkok. Berat tanah basah di dalam mangkok ditentukan. Tanah di dalam mangkok kemudian dikeringkan di dalam oven. Volume dari contoh tanah yang telah dikeringkan ditentukan dengan cara menggunakan air.

2.7 Analisis Ayakan

Analisis ayakan adalah mengayak dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan di mana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan. Untuk standar ayakan di Amerika Serikat, nomor ayakan dan ukuran lubang diberikan dalam Tabel 1. 5.

	Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	U,-125
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
1-10	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

Tabel 1.5 Ukuran-ukuran Ayakan Standard.

Mula-mula contoh tanah dikeringkan lebih dahulu, kemudian semua gumpalan-gumpalan dipecah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil lalu baru diayak dalam percobaan di laboratorium. Setelah cukup waktu untuk mengayak dengan cara getaran, massa tanah yang tertahan pada setiap ayakan ditimbang. Untuk menganalisis tanah-tanah kohesif, barangkali agak sukar untuk memecah gumpalan-gumpalan tanahnya menjadi partikel-partikel lepas yang berdiri sendiri. Untuk itu, tanah tersebut perlu dicampur dengan air sampai menjadi lumpur encer dan kemudian dibasuh seluruhnya melewati ayakan-ayakan tersebut. Bagian padat yang tertahan pada setiap ayakan dikumpulkan sendiri-sendiri. Kemudian masing-masing ayakan beserta tanahnya dikeringkan dalam oven, dan kemudian berat tanah kering tersebut ditimbang. Hasil-hasil dari analisis ayakan biasanya dinyatakan dalam persentase dari berat total.

2.8 Bagan Plastisitas

Walaupun cara untuk menentukan batas cair dan batas plastis di laboratorium adalah sangat sederhana, batas-batas tersebut dapat memberikan informasi tentang sifat dari tanah kohesif. Maka dari itu, batas cair dan batas plastis telah digunakan secara ekstensif oleh para ahli teknik sipil untuk menentukan korelasi dari beberapa parameter tanah fisis dan juga untuk mengidentifikasi tanah. Casagrande (1932) telah mempelajari hubungan antara indeks plastis dan batas cair dari bermacam-macam tanah asli. Berdasarkan hasil-hasil pengujian tersebut, Casagrande mengusulkan suatu bagan plastisitas seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2. 1 9. Hal yang paling penting dalam bagan tersebut adalah garis empiris A yang diberikan dengan Persamaan $PI = 0,73 (LL - 20)$. Garis empiris A memisahkan tanah lempung anorganik (inorganic clay) dari tanah lanau anorganik (inorganic silt). Tanah lempung anorganik terletak di atas garis A, dan lanau anorganik terletak di bawah garis A. Tanah lanau anorganik dengan kemampuan memampat sedang (di bawah garis A dengan LL berkisar

antara 30 sampai dengan 50). Tanah lempung organik (organic clay) berada di dalam daerah yang sama seperti tanah lanau anorganik dengan kemampuan memampat tinggi (di bawah garis A dengan LL lebih besar dari 50). Keterangan yang diberikan dalam bagan plastisitas adalah sangat berguna karena bagan tersebut merupakan dasar dalam pengelompokan tanah berbutir halus dengan sistem unified (USCS).

Persamaan (2.8)]:

$$W = W_w = \frac{W - W_s}{W_s} = \frac{39,93 - 34,54}{34,54} = 0,156 = 15,6\%$$

Berat Volume Basah

[Persamaan (2.9)]:

$$w = 39,93 = \frac{W - W_s}{V_s} = \frac{39,93 - 34,54}{0,33} = 16,33 \text{ lb/ft}^3$$

Berat Volume Kering [Persamaan (2.11)]:

$$w = 34,54 \text{ lb/ft}^3 = 104,67 \text{ lb/ft}^3 = 104,67 \text{ lb/ft}^3 \cdot 0,33 = 34,54 \text{ lb/ft}^3$$

Angka pori [Persamaan (2.3)]:

Jadi

$$w = 34,54 \text{ lb/ft}^3 = 104,67 \text{ lb/ft}^3 = 104,67 \text{ lb/ft}^3 \cdot 0,33 = 34,54 \text{ lb/ft}^3$$

$$V_v = V - V_s = 0,33 - 0,204 = 0,126 \text{ ft}^3$$

$$0,126 \text{ ft}^3 = 0,204 \text{ ft}^3 = 0,62$$

Porositas [Persamaan (2.7)]: $n = \frac{V_v}{V} = \frac{0,126}{0,33} = 0,381 = 38,1\%$

Derajat Kejenuhan [Persamaan (2.5)]: $S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{W_w}{w} = \frac{39,93}{34,54} = 1,156 = 115,6\%$

Jadi $S = 1,156 \times 100 = 115,6\%$

2.9 Tanah dan Batuan

Ialah mempunyai tekstur berlapis-lapis dan dapat dilihat pula pada teksturnya ada bentuk-bentuk kepingan atau lempengan-lempengan dari mineral mika. Batu pualam (marmer) terbentuk dari batuan cal2ite dan dolomite yang mengalami proses kristalisasi ulang. Butiran mineral pada marmer Ullll.l,l(llllYa lebih besar daripada yang terdapat pada batuan induknya.

Quartzite adalah sejenis batuan metamorf yang terbentuk dari sandstone yang kaya akan mineral quartz. Bahan silika kemudian memasuki pori-pori batuan dan ruang-ruang di antara butiran pasir dan quartz, dan menjadi unsur-unsur sementasi antar bu tiran. Quartzite adalah salah satu dari batuan yang sangat keras. Pacta tekanan dan panas yang besar sekali, batuan metamorf mungkin mencair menjadi magma dan siklus batuan berulang kembali.

2.9.1 Pengertian Tanah dan Batuan

Society of Testing and Materials (ASTM). Gambar 1.3 menunjukkan batasan-batasan ukuran dalam bentuk grafik. Kerikil (gravels) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar, dan mineral-mineral lain. Pasir (sand) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

Lanau (silts) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika. Lempung (clays) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih

dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (clay minerals), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Pada Tabel 1.3, lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron). namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (lihat ASTM D-653). Di sini tanah diklasifikasi kan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (clay minerals).

Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang "menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air" (Grim, 1953). Jadi dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (non-clay soils) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil (partikel-partikel quartz, feldspar, dan maka dapat berukuran submikroskopis, tetapi umumnya mereka tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah). Dari segi ukuran, partikel-partikel tersebut memang dapat digolongkan sebagai partikel lempung. Untuk itu, akan lebih tepat bila partikel-partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 mikron (= 2 :1), atau < 5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut sebagai lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid (< 1!1) dan ukuran 2,u merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

2.10 Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Metode pengujian California Bearing Ratio dikembangkan pada tahun 1930 oleh California Division of Highways dan kemudian diikuti dan disesuaikan oleh berbagai institusi negara di dunia. *The Corps of Engginer* menganut dan menyesuaikan metode tersebut sejak tahun 1940-an. Pada tahun 1961, *The American Society for Testing and Material* mengangkat metoda pengujian *California Bearing Ratio* dengan kode ASTM D 1883, *Bearing Ratio of Laboratory-Compacted Soils*. Dalam beberapa aspek, metoda pengujian menurut ASTM berbeda dengan metoda menurut *The Corps of Engginer* dan dengan metoda menurut *the American Association of State Haighway and Transportation Official* (AASHTO), yang mengangkat metoda pengujian *California Bearing Ratio* pada tahun 1972 dengan kode AASHTO T 1993.

Pengujian CBR pada dasarnya dilakukan dengan mengukur beban yang diperlukan oleh batang penekan berukuran standart untuk menembus tanah pada kecepatan tertentu. Dengan demikian, California Bearing Ratio adalah perbandingan antara beban yang diperlukan untuk mendorong batang masuk kedalam tanah dengan beban yang diperlukan untuk mendorong batang masuk ke dalam batu pecah sampai kedalaman tertentu, yang dinyatakan dalam persen. Dalam hal tersebut, beban dinyatakan dalam satuan mega pascal (*psi*) dimana untuk batu pecah telah dibuat standartnya. Kedalaman yang biasa dijadikan acuan adalah 2,5 atau 5mm (0,1 atau 0,2 in), meskipun kedalaman 7, 5, 10, dan 12,5 mm (0,3 , 0,4 , dan 0,5 in) juga dapat digunakan bila diperlukan.

2.11 Kapur

Kapur dihasilkan dari pembakaran Kalsium karbonat (CaCO_3) atau batu kapur alam (natural limestone) dengan pemanasan 980° Karbondioksida dilepaskan sehingga tinggal kapurnya saja (CaO). Kalsium oksida yang diperoleh dari proses pembakaran tersebut dikenal dengan quicklime. Kapur dari hasil pembakaran ini bila ditambah air akan mengembang dan retak. Banyaknya panas yang keluar selama proses ini akan menghasilkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Proses ini disebut slaking adapun hasilnya disebut slakedlime atau hydrated.

Kalsium hidroksida (slakedlime) paling banyak digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah dan disarankan berupa bubuk. Ini sangat penting untuk mengurangi masalah yang timbul yaitu menghindari iritasi kulit bagi pekerja konstruksi (Ariyani dan Yuni,2010).

2.11.1 Batuan Kapur

Deposit-deposit dari tanah kerikil, pasir, lanau, dan lempung hasil pelapukan dapat menjadi lebih padat karena adanya tekanan lapisan tanah di atasnya dan adanya proses sementasi antar butiran oleh unsur-unsur sementasi seperti oksida besi, kalsit, dolomite, dan quartz. Unsur-unsur sementasi tersebut biasanya terbawa dalam larutan air tanah. Unsur-unsur tersebut mengisi ruang-ruang di antara butiran dan kemudian membentuk batuan sedimen.

Batuan yang terbentuk dengan cara ini disebut batuan sedimen detrital. Conglomerate, breccia, sandstone, mudstone, dan shale adalah beberapa contoh dari tipe batuan sedimen detrital tersebut. Batuan sedimen dapat juga terbentuk melalui proses kimia, dan batuan yang terjadi karena cara ini diklasifikasikan sebagai batuan sedimen kimia.

Batu kapur (limestone), gamping, dolomite, gipsum, anhydrite, dan lain-lainnya termasuk dalam golongan ini. Batu kapur (limestone) terbentuk terutama oleh kalsium karbonat yang berasal dari senyawa kalsit (calcite) yang mengendap karena kegiatan organisme (di laut) dan juga karena proses anorganik.

Dolomite adalah kalsium-magnesium karbonat [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Batuan dolomite ini dapat terbentuk dari deposisi kimia bahan campuran karbonat atau dapat juga dari reaksi antara magnesium di dalam air dengan batu kapur. Gipsum dan anhydrite adalah hasil dari penguapan air laut yang menghasilkan bahan endapan (terlarut) CaSO_4 . Kedua jenis batuan terakumulir ini termasuk dalam jenis batuan yang dinamakan evaporites (hasil evaporasi = penguapan). Batuan garam (NaCl) adalah contoh lain dari sebuah evaporites yang berasal dari sedimentasi garam di laut yang menguap (mengering). Batuan sedimen mungkin juga mengalami pelapukan dan membentuk tanah-tanah sedimen (endapan), atau terkena proses peristiwa metamorf dan berubah menjadi batuan metamorf. Peristiwa metamorf adalah proses perubahan komposisi dan tekstur dari batuan akibat panas dan tekanan tanpa pernah menjadi cair. Dalam peristiwa metamorf, mineral-mineral baru terbentuk; kristal butir-butir mineralnya terkena geseran yang kemudian membentuk tekstur batu metamorf yang berlapis-lapis. Granit, diorite, dan gabbro berubah menjadi gneiss pasca peristiwa metamorf tingkat tinggi. Shales dan mudstone berubah menjadi slates dan phyllites pada peristiwa metamorf tingkat rendah.

BAB III

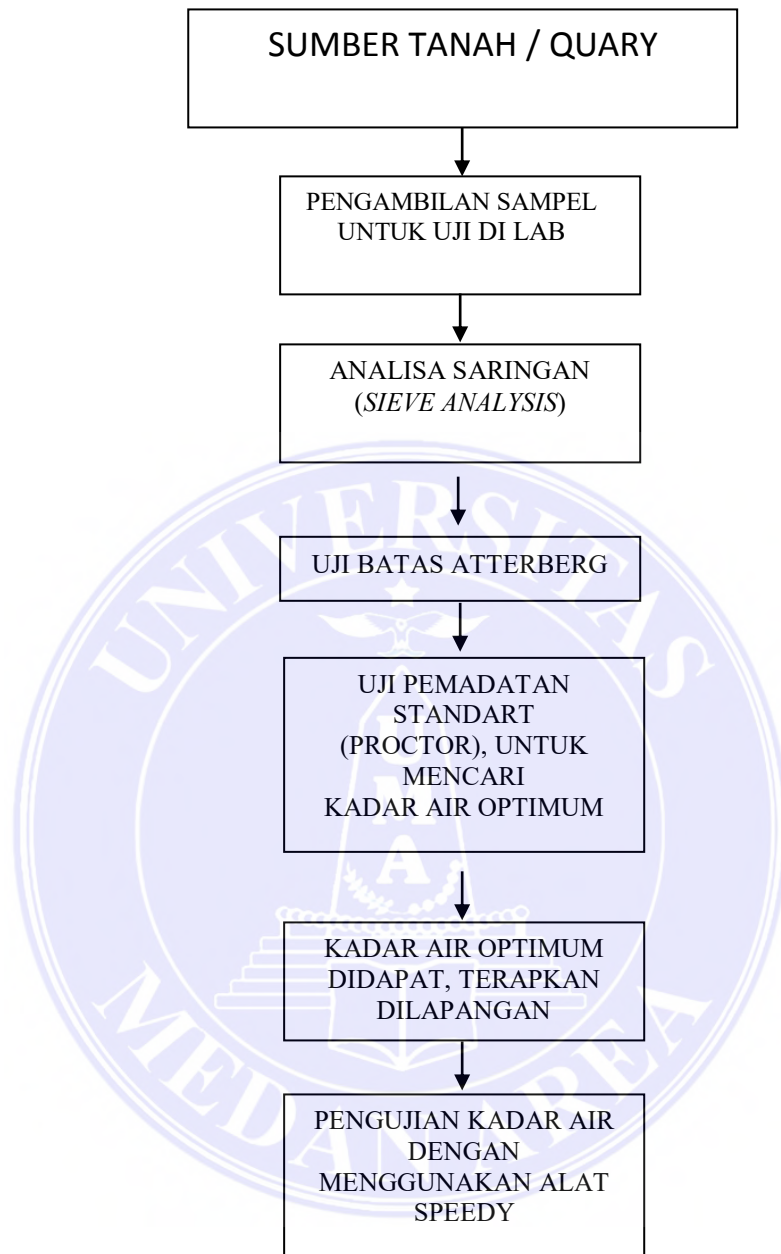
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Tanah lempung yang dipakai berasal dari Perkampungan Pulo Tiga Taming Hulu, Kabupaten Aceh Tamiang. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Sumatera Utara (USU) Jln. Dr. Mansyur Medan.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan didalam study ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu nilai dari hal yang ingin ditinjau dan dibandingkan dengan syarat-syarat / peraturan mengenai pekerjaan yang sedang di uji coba. Penelitian eksperimen dapat dilaksanakan didalam laboratorium, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai stabilisasi dengan menggunakan kapur pada lokasi penelitian di ambil dari tanah lempung Kuala Simpang/Aceh Tamiang, Daerah Pulo Tigo, Aceh.



Gambar 3.1 Proses Pekerjaan tanah dasar.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji/sample dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada pengujian bahan, digunakan data sekunder yang dikarenakan penggunaan bahan dan sumber yang sama. Adapun jenis data pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada, misalnya dengan mengadakan penelitian atau pengujian secara langsung.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung (didapat dari penelitian lain), untuk bahan dan jenis yang sama dan masih berhubungan dengan penelitian. Adapun data sekunder didalam study kasus ini terdiri dari pemeriksaan bahan, pengujian analisa saringan, pengujian batas atterberg, pengujian kadar air, pengujian *spesifik gravity*, uji *compaction*, *density test*, dan pemadatan di lapangan.

3.4 Pekerjaan Persiapan

Adapun pekerjaan persiapan didalam study kasus ini terdiri dari pengambilan sample dan pengumpulan data. Contoh / sampel tanah yang dipakai dalam pengujian ini diambil dari lokasi Perkampungan Pulo Tiga, Tamiang Hulu Kabupaten Aceh Tamiang. Sampel yang diambil sekitar 250 Kg untuk dilakukan pengujian di laboratorium.

Sampel yang sudah diambil terlebih dahulu dikeringkan dengan pengeringan alami (Kering akibat udara/panas alam) sampai kering permukaan dan dilakukan pengujian di laboratorium.

3.5 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

Penyelidikan tanah yang memadai merupakan suatu pekerjaan pendahuluan yang sangat penting pada pelaksanaan sebuah pekerjaan teknik sipil. Informasi ini harus diperoleh untuk membuat suatu desain yang aman dan ekonomis serta untuk menghindari kesulitan pada saat pelaksanaan konstruksi jalan.

Pengujian di laboratorium diperlukan untuk mendapatkan data tentang jenis dan sifat tanah yang lebih akurat dalam pemeriksaan tanah timbunan. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. mengacu pada ASTM Standart (*American Standart Test and Material*) yang sesuai dengan alat yang tersedia dilaboratorium.

3.5.1 Pengujian Analisa Saringan (Sieve Analysis Test) (AASHTO)

Untuk mengetahui gradasi/klasifikasi perbutiran tanah agregat halus dan agregat kasar dengan melakukan penyaringan.

1. Prosedur Percobaan

- a. Sample tanah serta alat-alat dipersiapkan terlebih dahulu.
- b. Alat-alat di bersihkan dan disusun saringan dengan susunan saringan no.4,8,20,40,100,200.
- c. Ambillah sampel sebanyak 500 gram dan dimasukkan kedalam saringan yang telah disusun serta diletakkan diatas mesin pengguncang
- d. Susunan saringan tadi diguncang selama 15 menit.

- e. Setelah pengguncangan selesai, saringan yang tersusun dipisahkan, kemudian sampel pada masing-masing saringan ditimbang dan dicatat beratnya berdasarkan ukuran saringannya.

3.5.2 Pengujian Batas Konsistensi Atterberg (*Atterberg Limit Test*)

Percobaan Batas Cair untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair.

- a. Sewaktu akan melakukan percobaan perlu diperhatikan dalam keadaan bersih, kering dan bebas dari minyak.
- b. Lakukan Penyetelan alat.
- c. Sample diletakkan di atas plat kaca dan campurkan dengan air suling sedikit demi sedikit dan aduk dengan serap hingga campuran homogen.
- d. Sample dimasukkan ke dalam cawan setelah ± 1 cm dan ratakan permukaan sample sejajar dengan alat.
- e. Setelah alur dibuat, maka lakukan penggetaran cawan, dengan jalan memutar stang pemutar pada alat pengujian hingga alur dasar sample bersentuhan dengan panjang maksimal 1,25 cm. Hitung banyaknya tumbukan yang dikerjakan.
- f. Lakukan percobaan untuk beberapa kali dengan batas ketentuan antara, 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 kali ketukan.
- g. Setelah ketukan terakhir selesai, sample yang ada didalam cawan pengujian diambil dan dimasukkan dalam cawan. Pemeriksaan kadar air lalu ditimbang berat cawan dan sample.
- h. Cawan dimasukkan dalam oven selama ± 24 jam, sample yang telah di oven ditimbang untuk mendapatkan kadar air (W).

3.5.3 Pengujian Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity Test*) (ASTM D854-91)

Berat Jenis (*Specific Gravity Test*) adalah perbandingan berat satuan bahan dengan berat satuan air. Prosedur pelaksanaan berat jenis tanah dilaboratorium dilaksanakan sebagai berikut:

1. Persiapan Benda Uji

Benda uji dari lapangan masih dalam keadaan lembab, dikeringkan dengan menjemur tanah tersebut dipanas matahari dan gumpalan-gumpalan tanah ditumbuk dengan menggunakan martil karet, yang bertujuan untuk mempercepat proses pengeringan. Kemudian tanah tersebut dapat disaring dengan menggunakan saringan no.100.

2. Penentuan Berat Jenis

- a. Píknometer dalam keadaan bersih ditimbang, = W1 gram
- b. Picnometer yang bersih diisi dengan air suling sampai batas yang ditentukan dan ditimbang pada suhu 25°C. Apabila penyesuaian suhu buka 25°C, berat yang ditimbang harus dikalikan faktor koreksi pada suhu tertentu untuk mendapatkan W25 = W4 gram
- c. Picnometer yang bersih lalu diisi benda uji tanah, =W2 gram
- d. Picnometer yang berisi benda uji tanah diisi dengan air suling sampai proses pori tanah terisi air suling sampai batas leher picnometer = W3 gram.

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_3 - W_1) - (W_2 - W_1)} \dots \dots \dots (Pers 3.1)$$

$$W_4 = W_{25} * k$$

Dimana : W25 = Berat picnometer + air suling pada suhu 25°C(gr)

k = Faktor Koreksi pada T°C.

Tabel 3.1. Faktor Koreksi Suhu.

T°C	18	19	20	21	22	23	24
K	1.0004	1.0002	1.0000	0.9998	0.9996	0.9993	0.9991

25	26	27	28	29	30
0.9989	0.9986	0.9983	0.9980	0.9977	0.9974

3.5.4 Pengujian Kadar Air (*Water Content Test*)(*ASTM D854-71*)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat tanah. Cara kerja pengujian kadar air yaitu cawan ditimbang dan dicatat beratnya, kemudian benda uji ditempatkan didalam cawan, lalu timbang beratnya. Untuk seterusnya cawan dan benda uji ditempatkan dalam oven yang bersuhu 110°C selama 24 jam, setelah itu sampel didinginkan dan timbang dan dicatat beratnya.

3.5.5 Pengujian Pemadatan (*Compection Test*) (*ASTM D-698*)

Pengujian pemadatan di laboratoriumm bertujuan untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum dari suatu contoh tanah yang dipadatkan agar dapat dicapai pemadatan maksimum.



Prosedur pelaksanaan pengujian pemadatan di laboratorium dilaksanakan sebagai berikut:

1. Persiapan Benda Uji, persiapan benda uji dilakukan 1 hari sebelum percobaan dilakukan yaitu dengan mengambil sampel yang lolos saringan no.4 sebanyak 15 kg, kemudian sampel tersebut dibagi dengan rata-rata 2.5 kg sebanyak 6 sampel. Sebelum penambahan air dilakukan sebaiknya dilakukan penentuan kadar air tanah mula-mula agar dapat diketahui kadar air yang harus ditambahkan dalam sampel tanah tersebut.
2. Penentuan Kadar Air Optimum
 - a. Mould yang terbuat dari bahan logam dibersihkan terlebih dahulu. Lalu timbang beratnya serta diukur diameternya.
 - b. Ambil tanah yang telah dipersiapkan satu bagian, yaitu satu kantong plastik yang beratnya 2,5 kg.
 - c. Tanah tersebut dicampur dengan air dengan interval 2 % (dua persen) dari berat tanah campuran antara air dengan tanah yang diusahakan sehomogen mungkin.

- d. Leher mould dibuka, lalu kedalam mould tersebut dimasukkan kira-kira sepertiga bagian yang merupakan lapisan pertama, kemudian dipadatkan dengan alat penumbuk dengan cara standart.
- e. Selanjutnya dimasukkan lapisan yang kedua, juga kira-kira sepertiga bagian lalu dipadatkan.
- f. Sebelum memasukkan lapisan ketiga kedalam mould, terlebih dahulu leher mould dipasang agar tanah tidak tumpah sewaktu dipadatkan, dan volume tanah didapat sesuai yang diinginkan, lalu dipadatkan.
- g. Leher mould dibuka kembali lalu tanah diratakan dengan mistar perata, selanjutnya mould diberi tanah didalamnya ditimbang sehingga diperoleh berat tanah tambah tabung.
- h. Alas mould dibuka, lalu dari sisi atas dan bawah tabung diambil sampel tanah sebanyak yang diperlukan, yang mana tanah tersebut diambil kedalam kurang lebih 2,5 cm dari permukaan.
- i. Sampel dimasukkan kedalam cawan kecil atau kaleng yang telah diukur beratnya.
- j. Semua sampel tanah yang telah diambil dan ditimbang dimasukkan kedalam oven untuk dipanaskan atau dikeringkan selama 24 jam. Sampel tanah yang telah dikeringkan selama 24 jam di oven tersebut diambil untuk kemudian ditimbang beratnya agar dapat ditentukan kadar airnya.
- k. Alas mould dibuka, lalu dari sisi atas dan bawah tabung diambil sampel tanah sebanyak yang diperlukan, yang mana tanah tersebut diambil kedalam kurang lebih 2,5 cm dari permukaan.
- l. Sampel dimasukkan kedalam cawan kecil atau kaleng yang telah diukur beratnya.

- m. Semua sampel tanah yang telah diambil dan ditimbang dimasukkan kedalam oven untuk dipanaskan atau dikeringkan selama 24 jam.
- n. Sampel tanah yang telah dikeringkan selama 24 jam di oven tersebut diambil untuk kemudian ditimbang beratnya agar dapat ditentukan kadar airnya. Pada percobaan proktor sering dijumpai *ZAVL (Zero Air Void Line)* antara berat isi dengan kadar air. Bila derajat kejenuhan 100% maka pori tanah sama sekali tidak mengandung udara.
- o. Garis derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan memakai rumus:

$$\frac{\gamma}{1 + G_s} \dots\dots\dots(Pers 3.2)$$

Dimana :

G_s : Berat jenis tanah
 W : Kadar air tanah
 λ_w : Berat isi air

Dari garis ini kita dapat menggambarkan hasil percobaan pemadatan tanah tersebut. Dimana pemadatan tidak boleh memotong garis *Zero Air Void Line (ZAVL)*.

3.6 Uji CBR Laboratorium

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai kepadatan tanah dengan menggunakan kapur pada kadar air tertentu. CBR Laboratorium ialah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Dalam penelitian ini memakai penetrasi CBR (0,1”) dan (0,2”).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari seluruh percobaan metode stabilisasi perbaikan tanah dengan menggunakan kapur 0%, 10%, 20% dan 30% adalah berdasarkan nilai CBR yang didapat, semakin tinggi persentase nilai kapur dalam penelitian ini nilai CBR Laboratorium semakin menurun, karena persentase kapur sangat mempengaruhi pengembangan tanah lempung.

5.2 Saran

Pada proses pengerjaan sampel di lab sebaiknya tidak menggunakan stabilisasi tanah lempung dengan kapur, karena semakin besar persentase kapur di dalam penelitian, ternyata nilai CBR semakin menurun, karena sifat kapur cenderung mempunyai sifat pengembangan tanah lempung atau mencoba penelitian stabilisasi tanah lempung dengan kapur dengan menambahkan abu sekam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Herry Widhiarto, November,2015, Stabilisasi tanah lempung menggunakan campuran abu sekam dan kapur, LPPM, Surabaya.
2. Terzaghi Karl, B Peck Ralph,"Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid-1",Erlangga, Jakarta.
3. Craig.F.R, Susilo Budi S, Mekanika Tanah Edisi 4"Erlangga, Jakarta.
4. Braja M.Das, Mekanika Tanah jilid 1",Erlangga, Jakarta.
5. Braja M.Das, Mekanika Tanah Jilid 1",Erlangga, Jakarta.
6. Hardy Christadi Hardiyatmo,"Mekanika Tanah 1", Gajah Mada University Press,Yogyakarta.
7. Hardy Christadi Hardiyatmo,"Mekanika Tanah 2", Gajah Mada University Press,Yogyakarta.
8. 8. Roesyanto,2016 Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Gysun,Kapur (Cao) Di Tinjau Dari Nilai CBR,Lhokseumawe.

LAMPIRAN



Gambar 1. Pengambilan sampel tanah dengan mendinginkan pada suhu ruang



Gambar 2. Mengelompokkan / membungkus sampel tanah



Gambar 3. Menimbang sampel tanah



Gambar 4. Mengayak sampel tanah



Gambar 5. Mengayak sampel tanah



Gambar 6. Pemadatan tanah dengan menggunakan proctor mold



Gambar 7. Mengeringkan sampel tanah dengan menggunakan Oven tanah



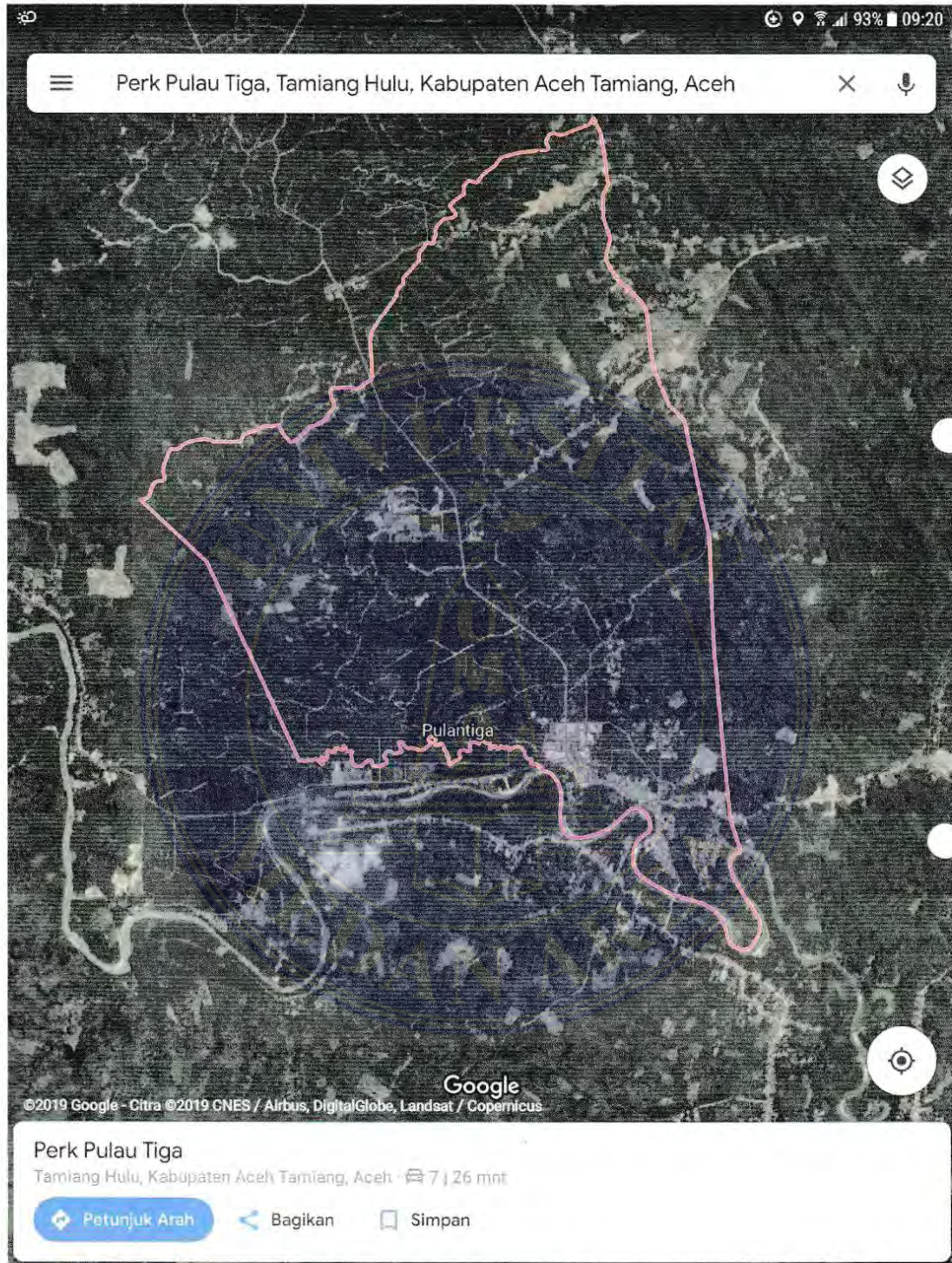
Gambar 8. Menguji sampel tanah dengan menggunakan alat (California Bearing Ratio)

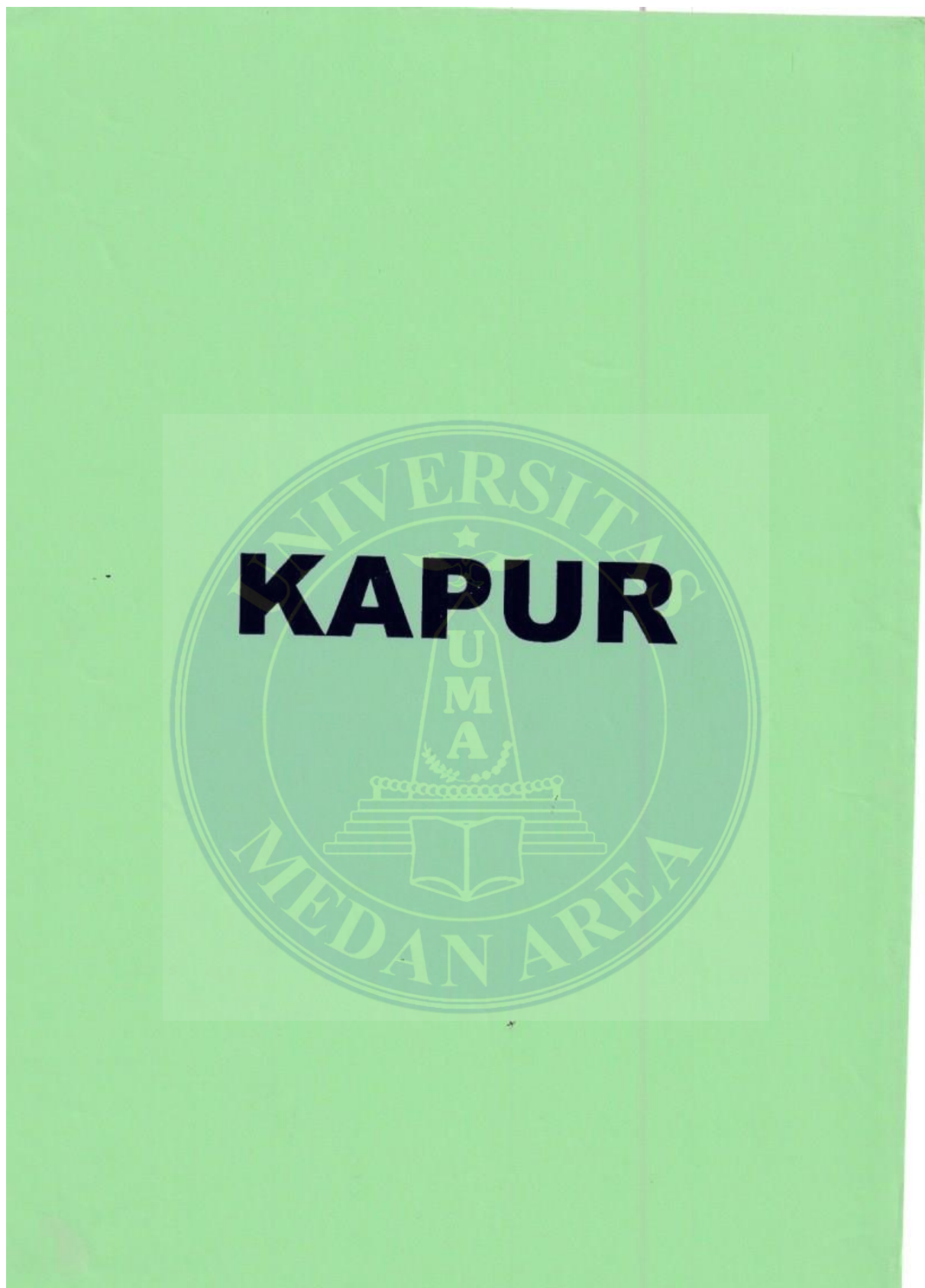


Gambar 9. Tes Sandcone tanah lapangan



Gambar 10. Menguji sampel tanah dengan menggunakan alat (California Bearing Ratio)







ANALISA SARINGAN
(Sieve Analysis Test)

A. Fraksi Kasar Berat Tanah Kering = 200.00 gr


Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jlh Biri diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melaki (%)	Persen seluruh Contoh melaki (%)
2 inch	0	0.00	0	100.00	100.00
1 1/2 inch	0	0.00	0	100.00	100.00
1 inch	0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4 inch	0	0.00	0.00	100.00	100.00

B. Fraksi Sedang Berat Tanah Kering = 200.00 gr

Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jlh Biri diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melaki (%)	Persen seluruh Contoh melaki (%)
3/8 inch	0.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 4	0.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 8	0.00	0	0.00	100.00	100.00

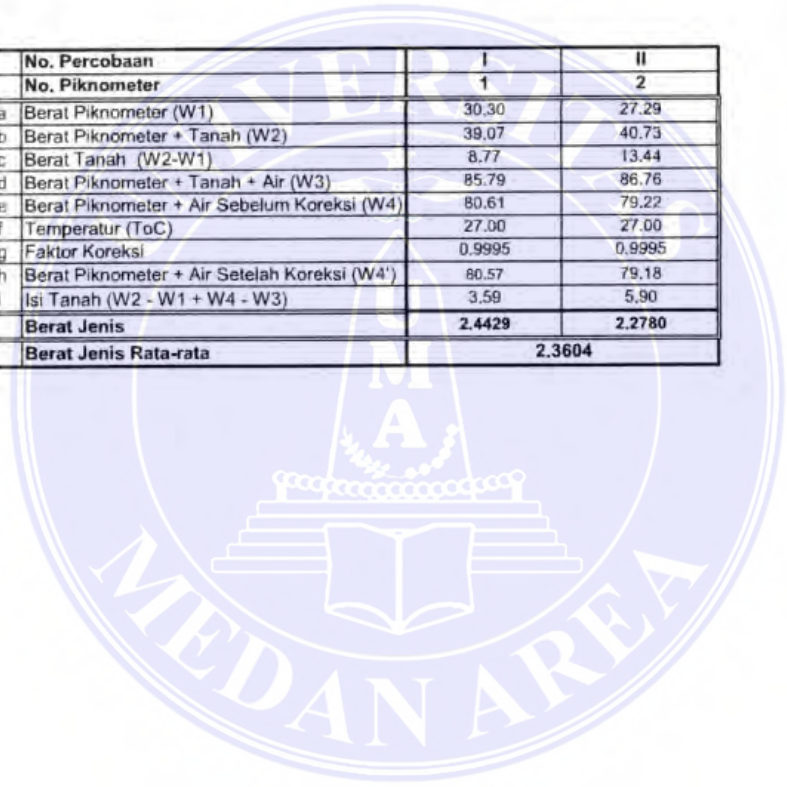
C. Fraksi Halus Berat Tanah Kering = 200.00 gr

Saringan Nama	Berat diatas (gr)	Jlh Biri diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melaki (%)	Persen seluruh Contoh melaki (%)
No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 20	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 40	152.94	152.94	76.47	23.53	23.53
No. 80	25.86	178.60	89.40	10.60	10.60
No. 100	5.78	194.58	97.29	2.71	2.71
No. 200	0.91	195.49	97.75	2.25	2.25



BERAT JENIS
(Specific Gravity)

No. Percobaan	I	II
No. Pikhnometer	1	2
a Berat Pikhnometer (W1)	30,30	27,29
b Berat Pikhnometer + Tanah (W2)	39,07	40,73
c Berat Tanah (W2-W1)	8,77	13,44
d Berat Pikhnometer + Tanah + Air (W3)	85,79	86,76
e Berat Pikhnometer + Air Sebelum Koreksi (W4)	80,61	79,22
f Temperatur (ToC)	27,00	27,00
g Faktor Koreksi	0,9995	0,9995
h Berat Pikhnometer + Air Setelah Koreksi (W4')	80,57	79,18
i Isi Tanah (W2 - W1 + W4 - W3)	3,59	5,90
Berat Jenis	2,4429	2,2780
Berat Jenis Rata-rata	2,3604	



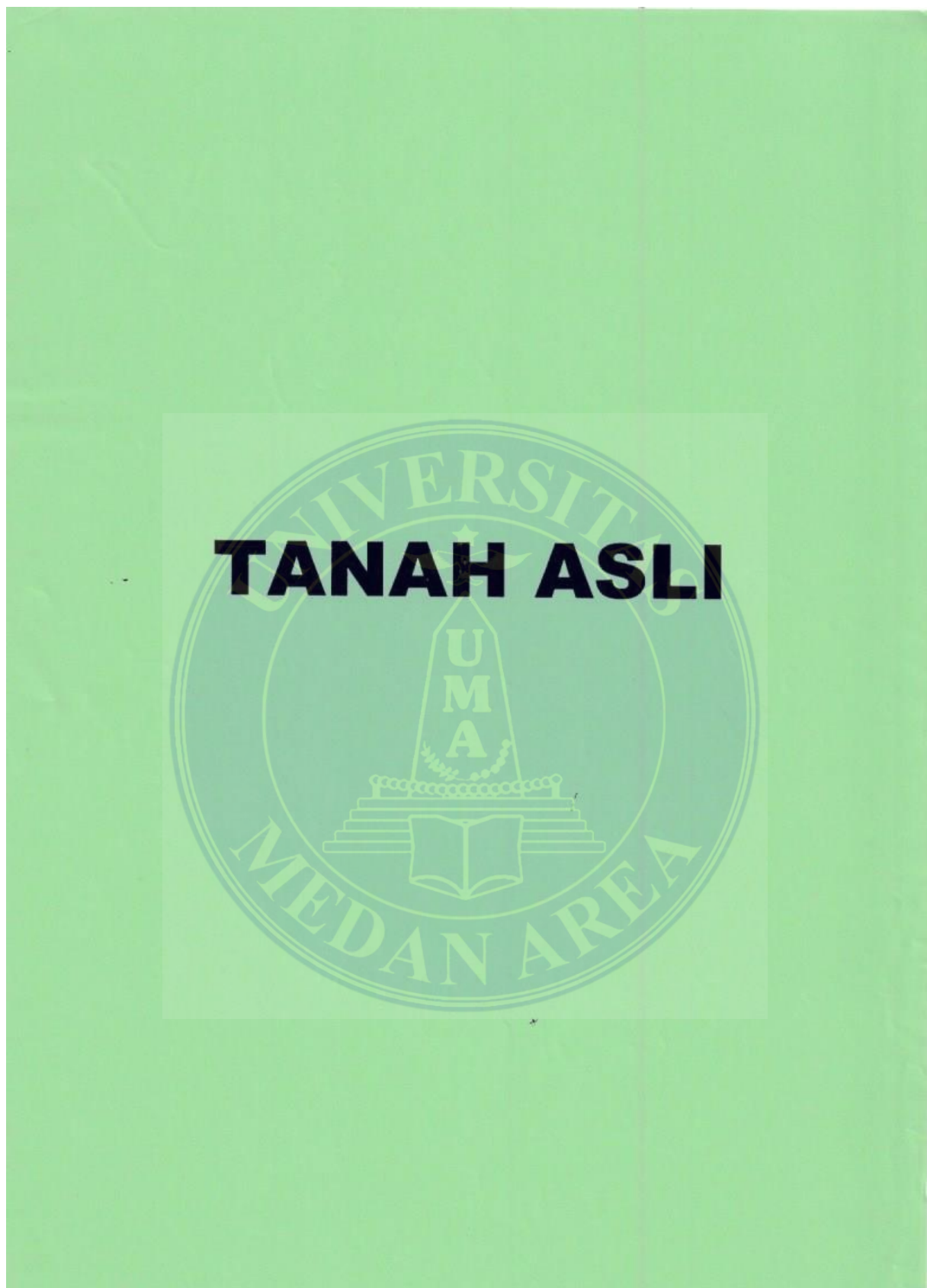
PEMERIKSAAN KONSISTENSI ATTERBERG (ATTERBERG LIMIT TEST)

Batas Cair (LL)		Kali		Kali		Kali		Kali		Batas Plastis
No. Kruis										
Berat kruis + contoh basah	gr									
Berat kruis + contoh kering	gr									
Berat air	gr									
Berat kruis	gr									
Berat contoh kering	gr									
Kadar air	%									

NON PLASTIS

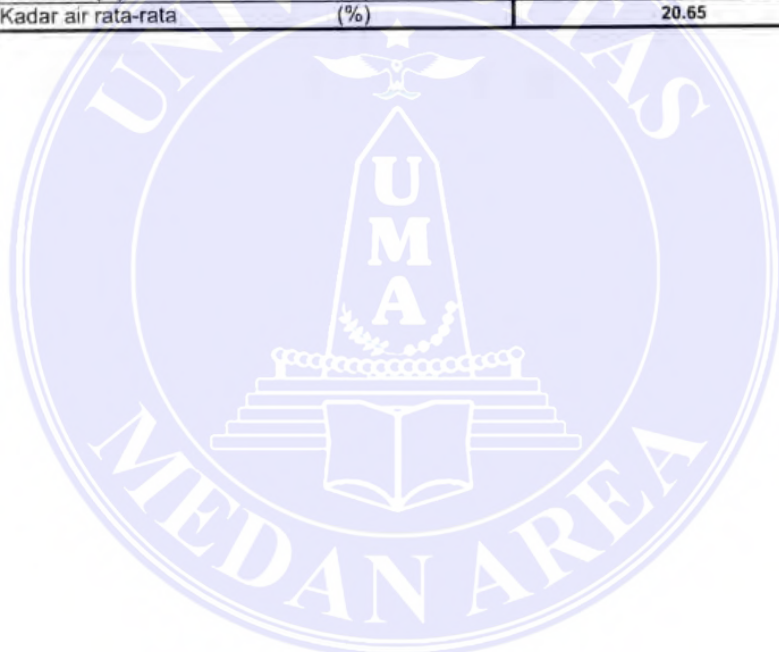
40										
38										
36										
34										
32										
30										
28										
26										
24										
22										
20										

LL	PL	PI	Catatan contoh dalam keadaan : - Asli - Disering/ tidak
----	----	----	--



**KADAR AIR
(NATURAL MOISTURE CONTENT)**

No Sampel		1	2
a	Berat krus + tanah basah (gr)	41.13	42.79
b	Berat krus + tanah kering (gr)	35.31	37.17
c	Berat Air (gr)	5.82	5.62
d	Berat krus (gr)	8.63	8.32
e	Berat tanah kering (gr)	26.68	28.85
f	Kadar air (w) (%)	21.81	19.48
g	Kadar air rata-rata (%)	20.65	





ANALISA SARINGAN
(Sieve Analysis Test)

A. Fraksi Kasar Berat Tanah Kering = 200,00 gr

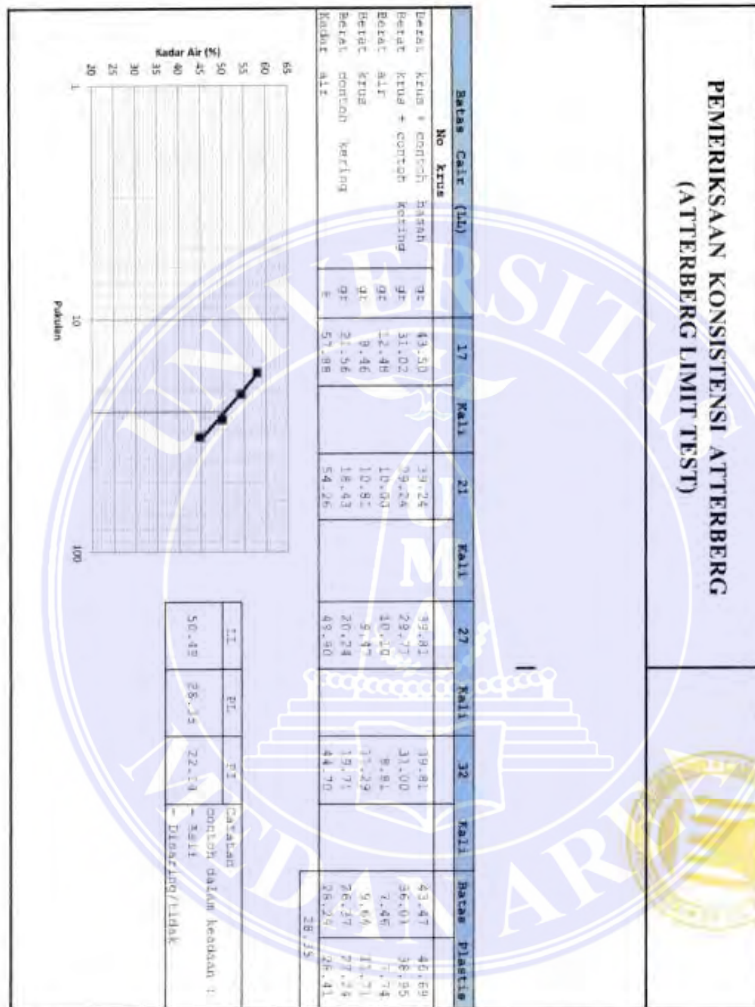
Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jh Bt diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melaki (%)	Persen seluruh Contoh melaki (%)
2 inch	0	0,00	0	100,00	100,00
1 1/2 inch	0	0,00	0	100,00	100,00
1 inch	0	0,00	0,00	100,00	100,00
3/4 inch	0	0,00	0,00	100,00	100,00

B. Fraksi Sedang Berat Tanah Kering = 200,00 gr

Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jh Bt diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melaki (%)	Persen seluruh Contoh melaki (%)
3/8 inch	0,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 4	0,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 8	0,00	0	0,00	100,00	100,00

C. Fraksi Halus Berat Tanah Kering = 200,00 gr

Saringan Nomor	Berat diatas (gr)	Jh Bt diatas (gr)	Persen diatas (%)	Persen melaki (%)	Persen seluruh Contoh melaki (%)
No. 10	3,07	3,07	1,54	98,47	98,47
No. 20	54,37	57,44	28,72	71,28	71,28
No. 40	59,13	116,57	58,29	41,72	41,72
No. 80	34,68	151,25	75,63	24,36	24,36
No. 100	6,62	157,90	78,95	21,05	21,05
No. 200	16,99	174,79	87,40	12,61	12,61





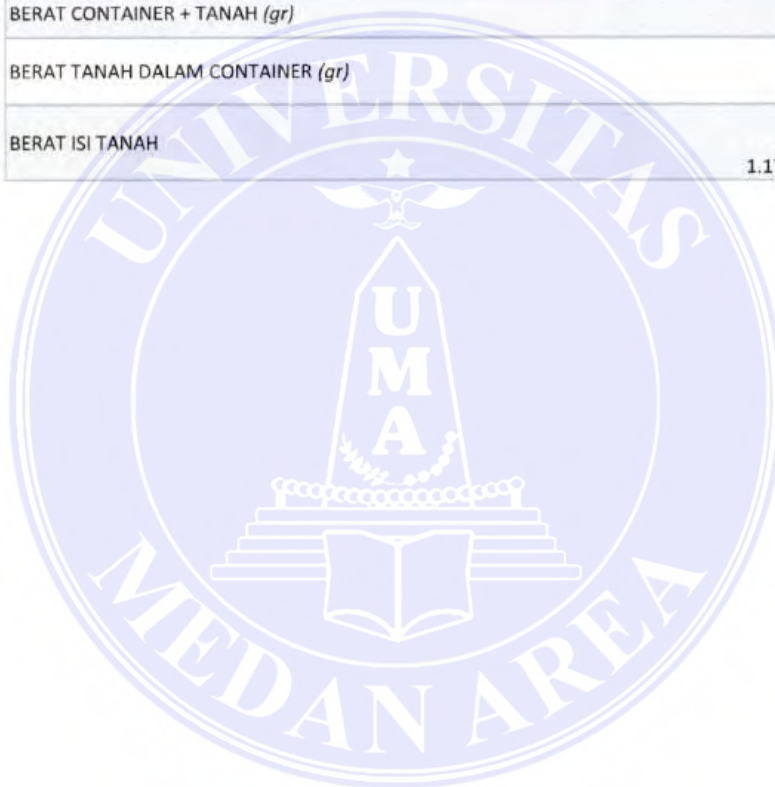
**BERAT JENIS
(Specific Gravity)**

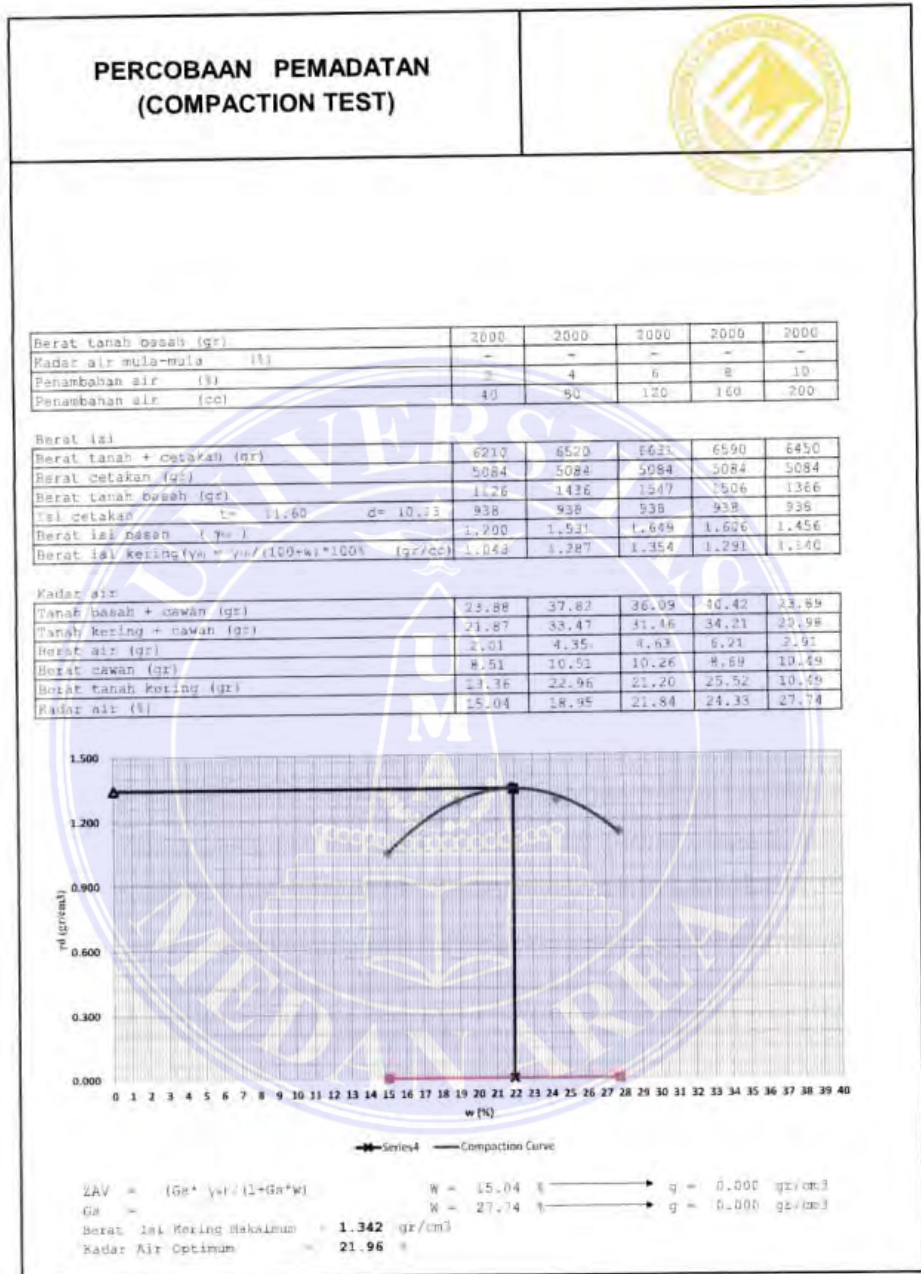
No. Percobaan	I	II
No. Piknometer	1	2
a Berat Piknometer (W1)	30.21	31.42
b Berat Piknometer + Tanah (W2)	56.77	57.63
c Berat Tanah (W2-W1)	26.56	26.21
d Berat Piknometer + Tanah + Air (W3)	95.64	96.49
e Berat Piknometer + Air Sebelum Koreksi (W4)	81.36	82.48
f Temperatur (ToC)	27.00	27.00
g Faktor Koreksi	0.9995	0.9995
h Berat Piknometer + Air Setelah Koreksi (W4')	81.32	82.44
i Isi Tanah (W2 - W1 + W4 - W3)	12.24	12.20
Berat Jenis	2.1701	2.1484
Berat Jenis Rata-rata	2.1592	

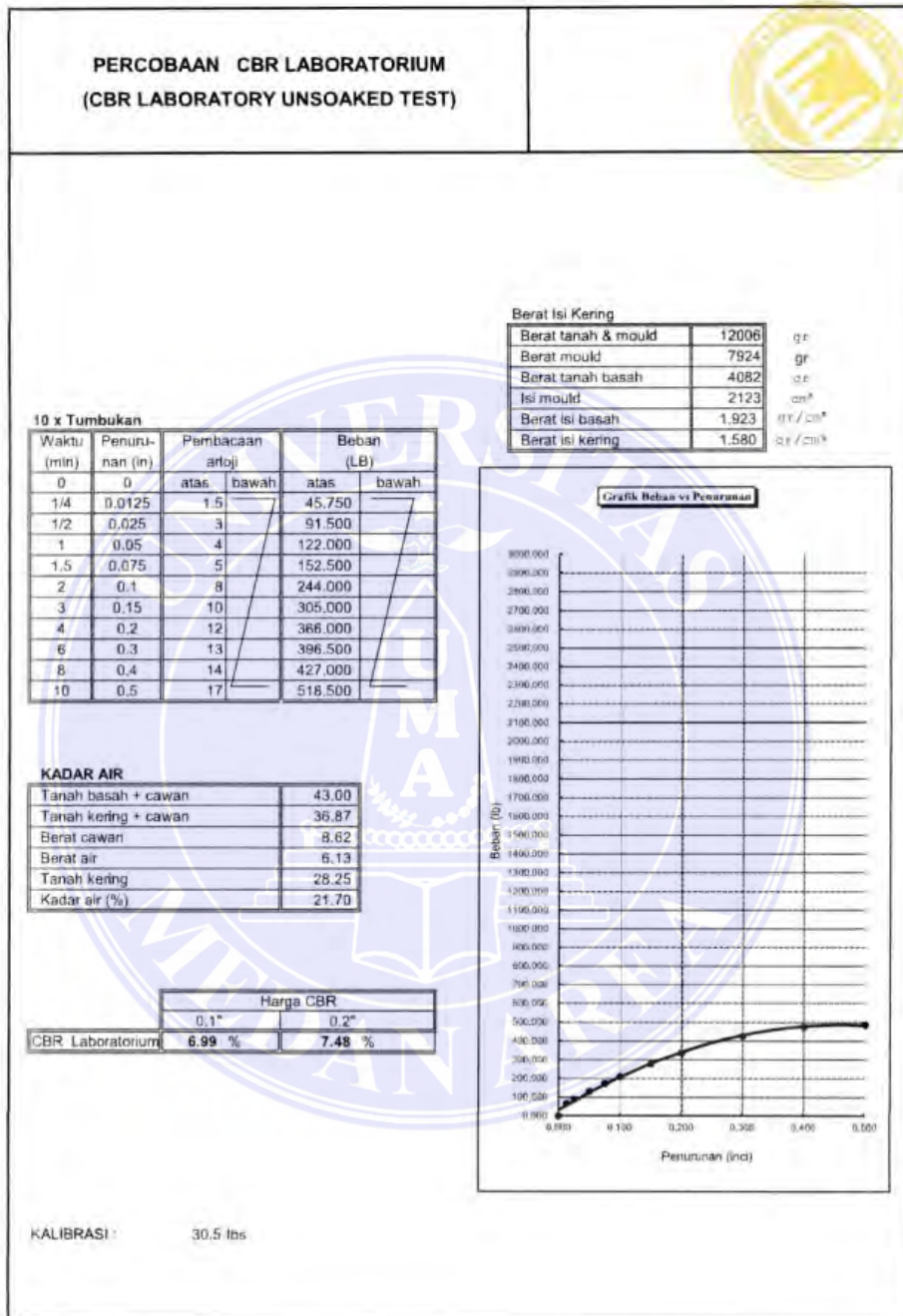
BERAT ISI

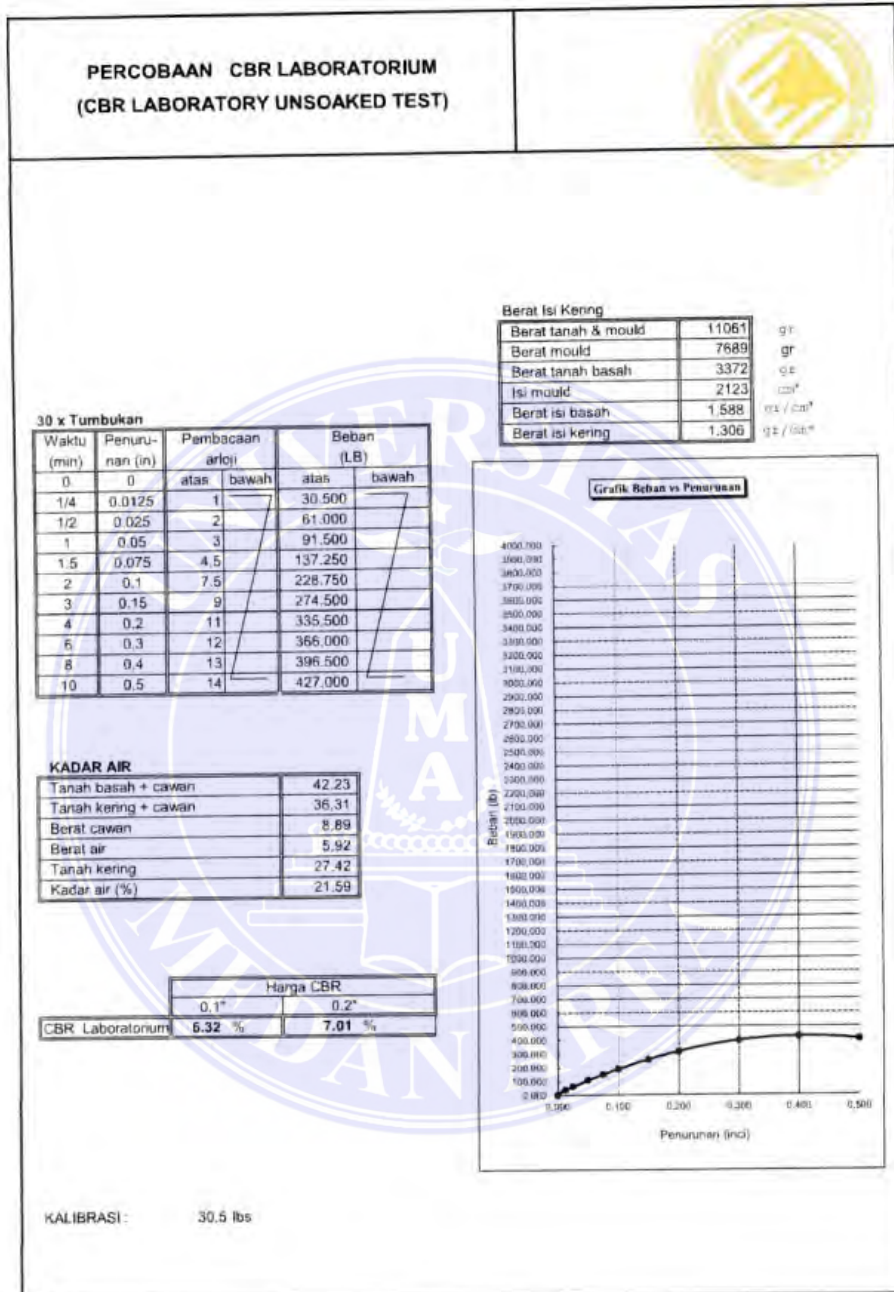


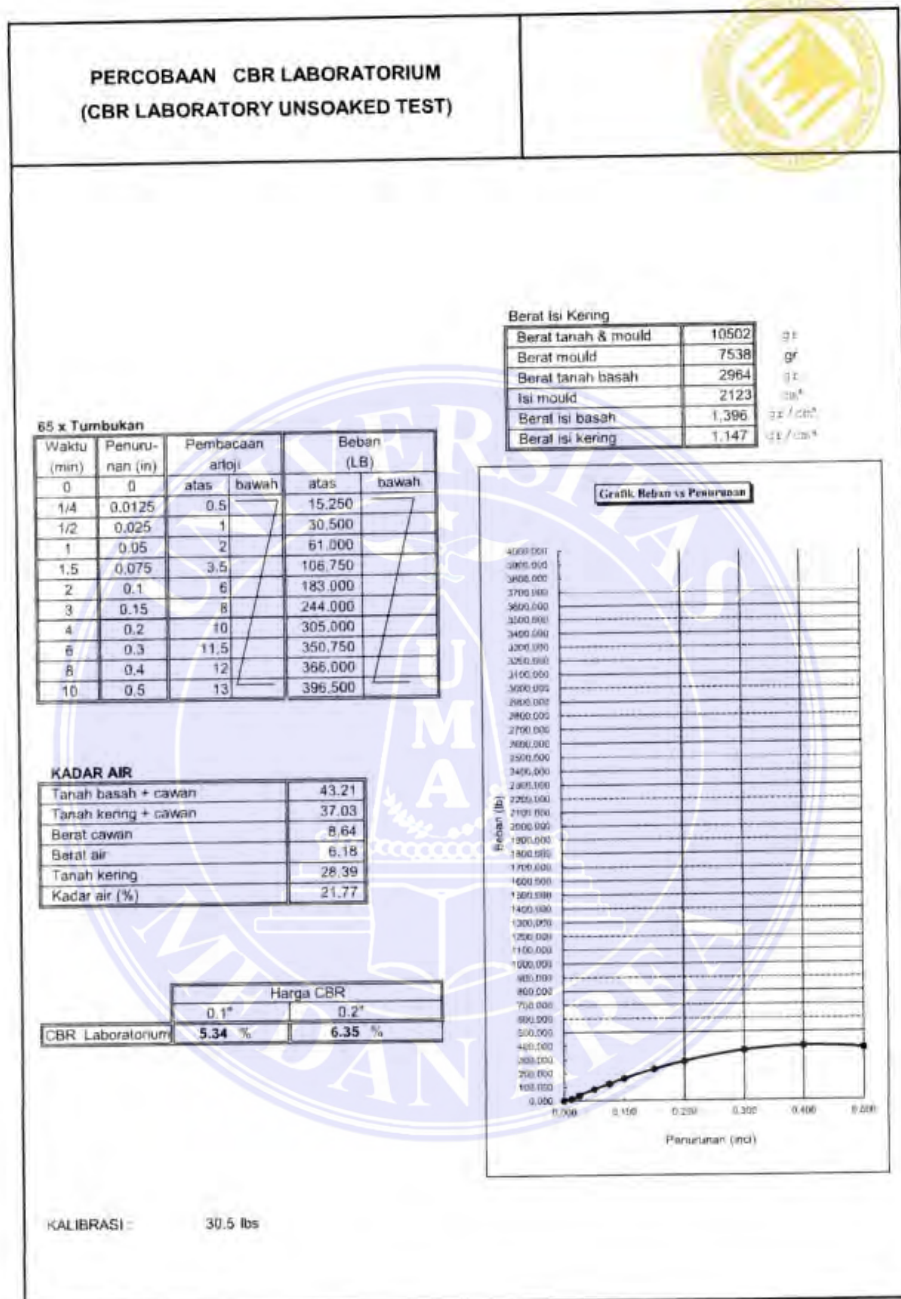
Column1	Column2	Column3
VOLUME CONTAINER (<i>cm2</i>)		4350
BERAT CONTAINER (<i>gr</i>)		1824
BERAT CONTAINER + TANAH (<i>gr</i>)		6954
BERAT TANAH DALAM CONTAINER (<i>gr</i>)		5130
BERAT ISI TANAH		1.179310345

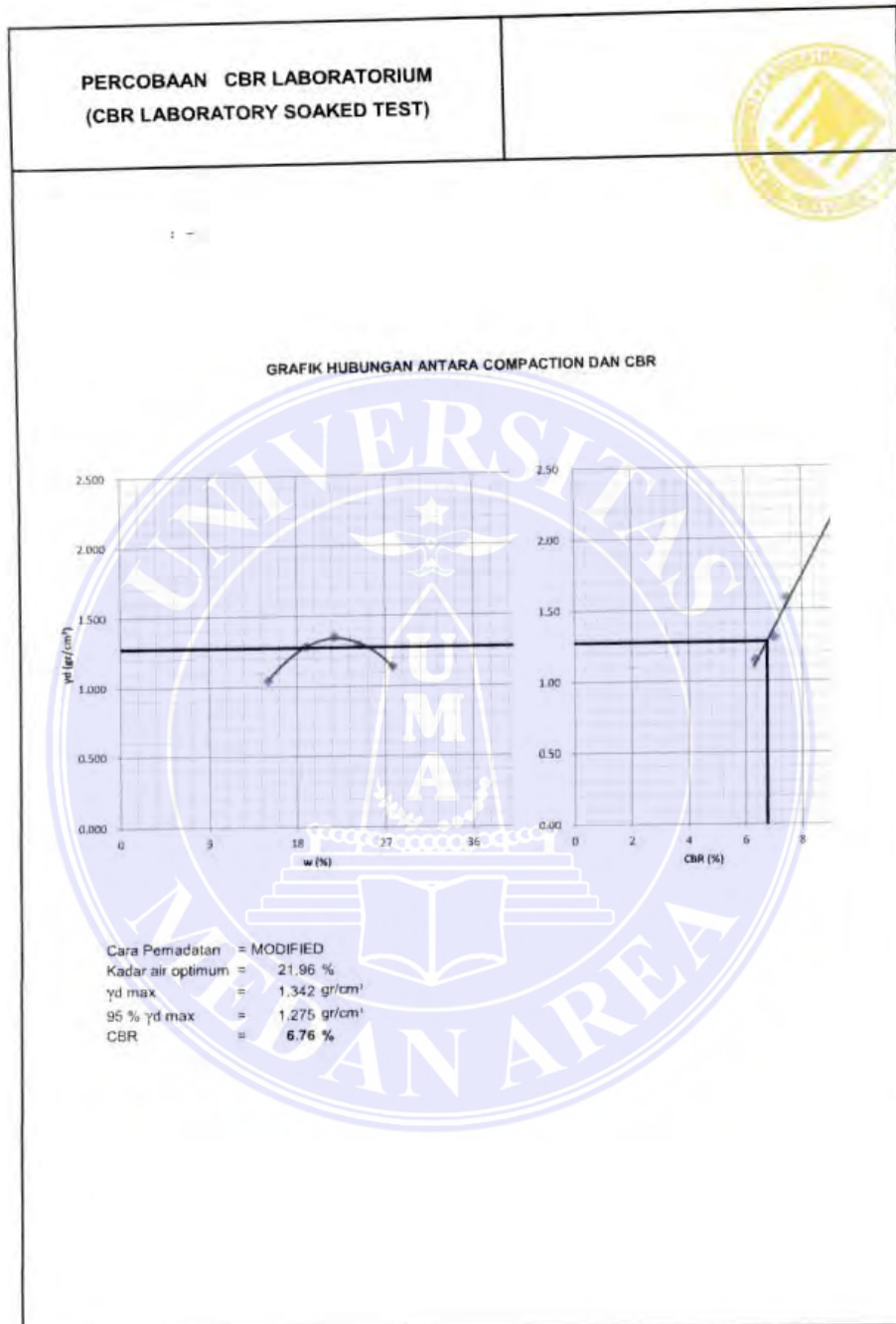




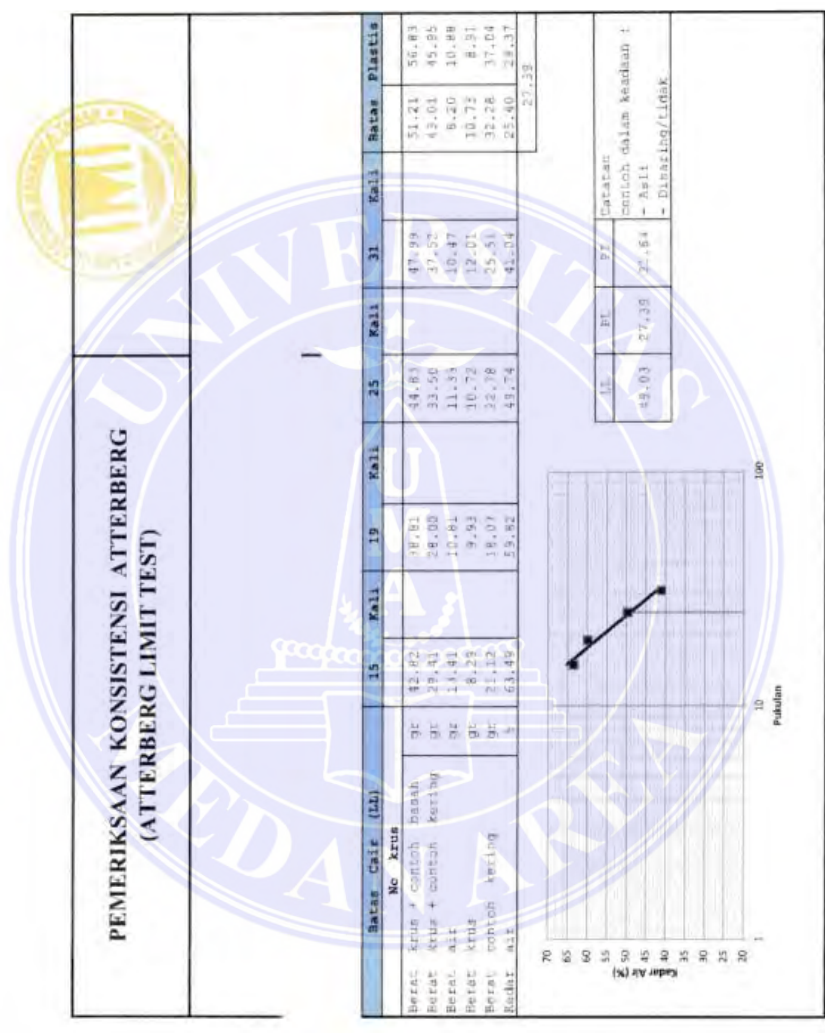


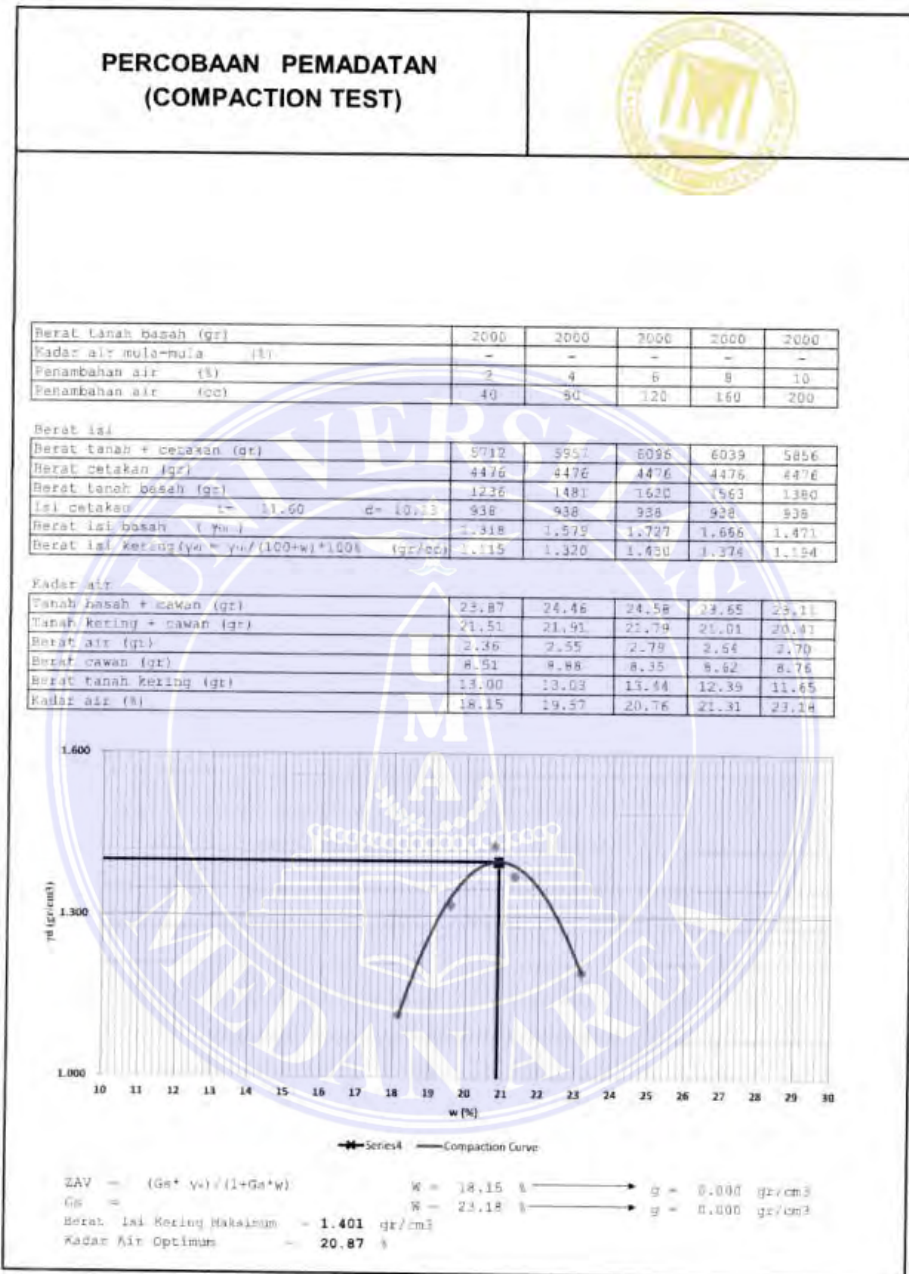


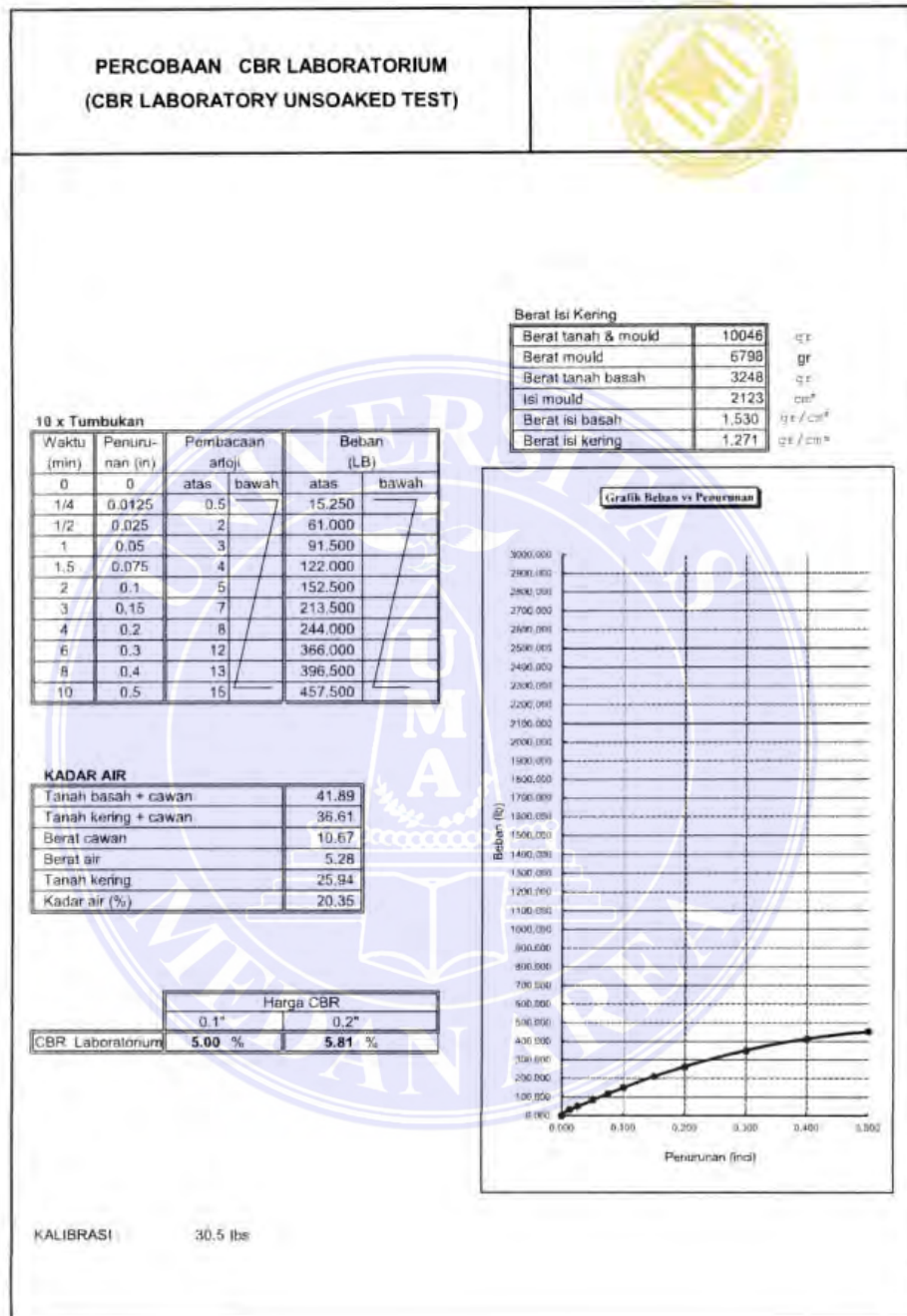


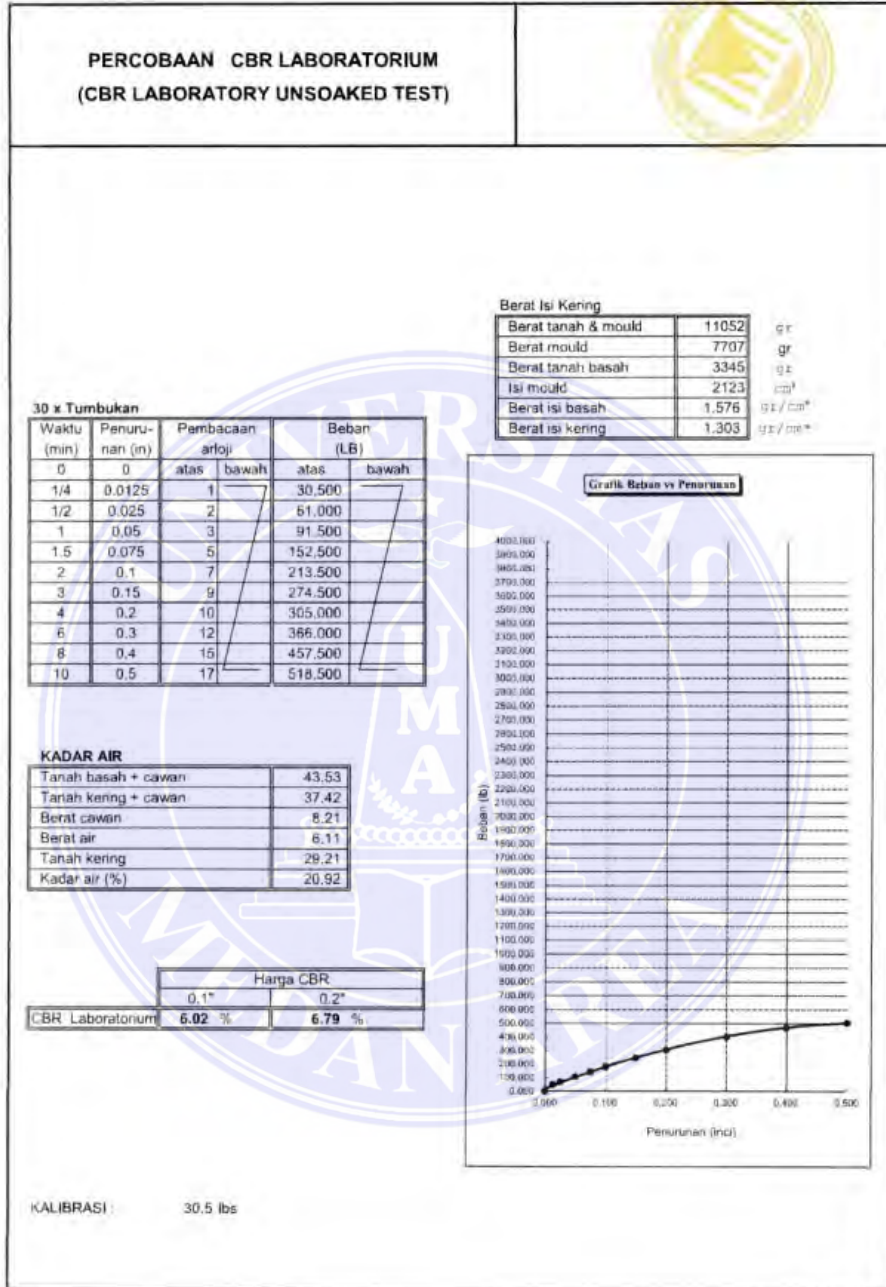


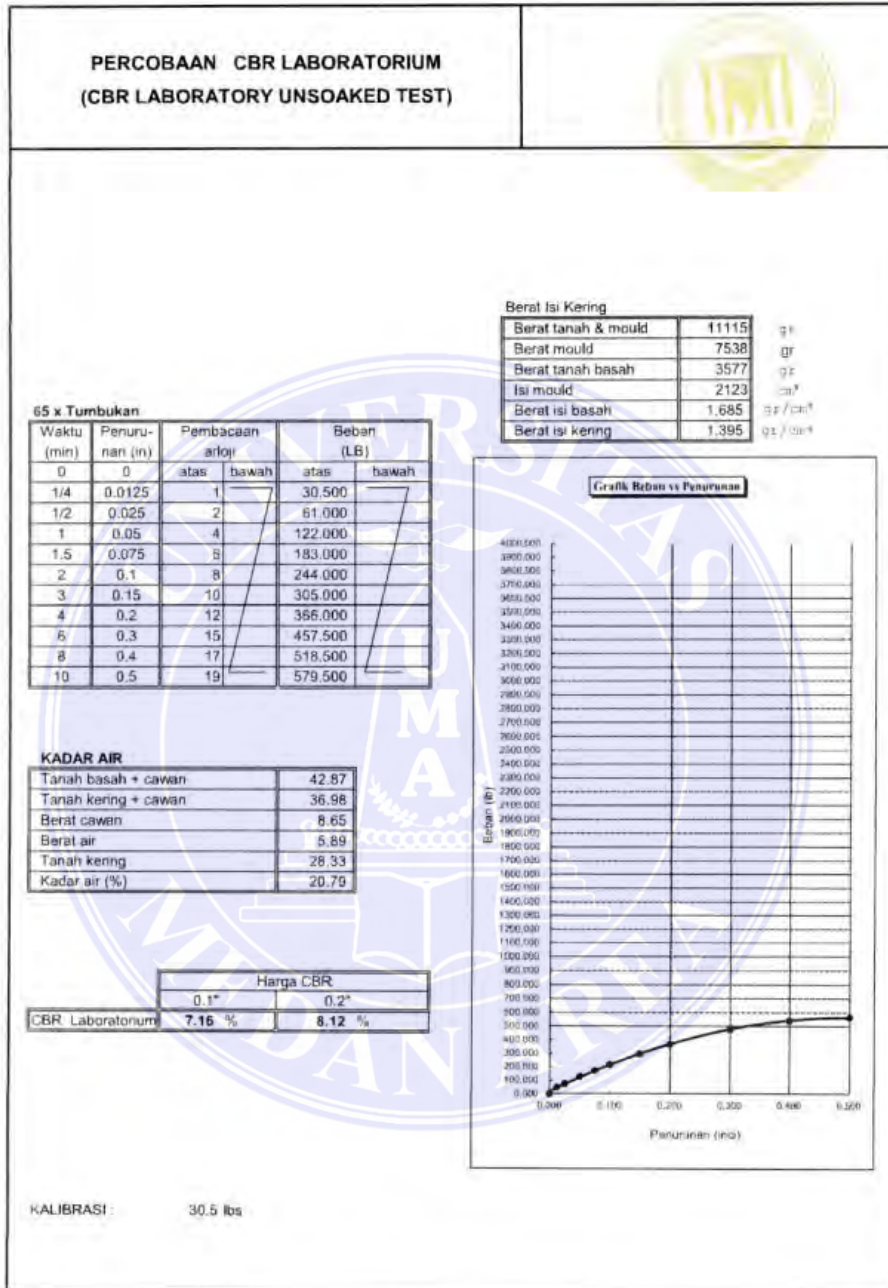


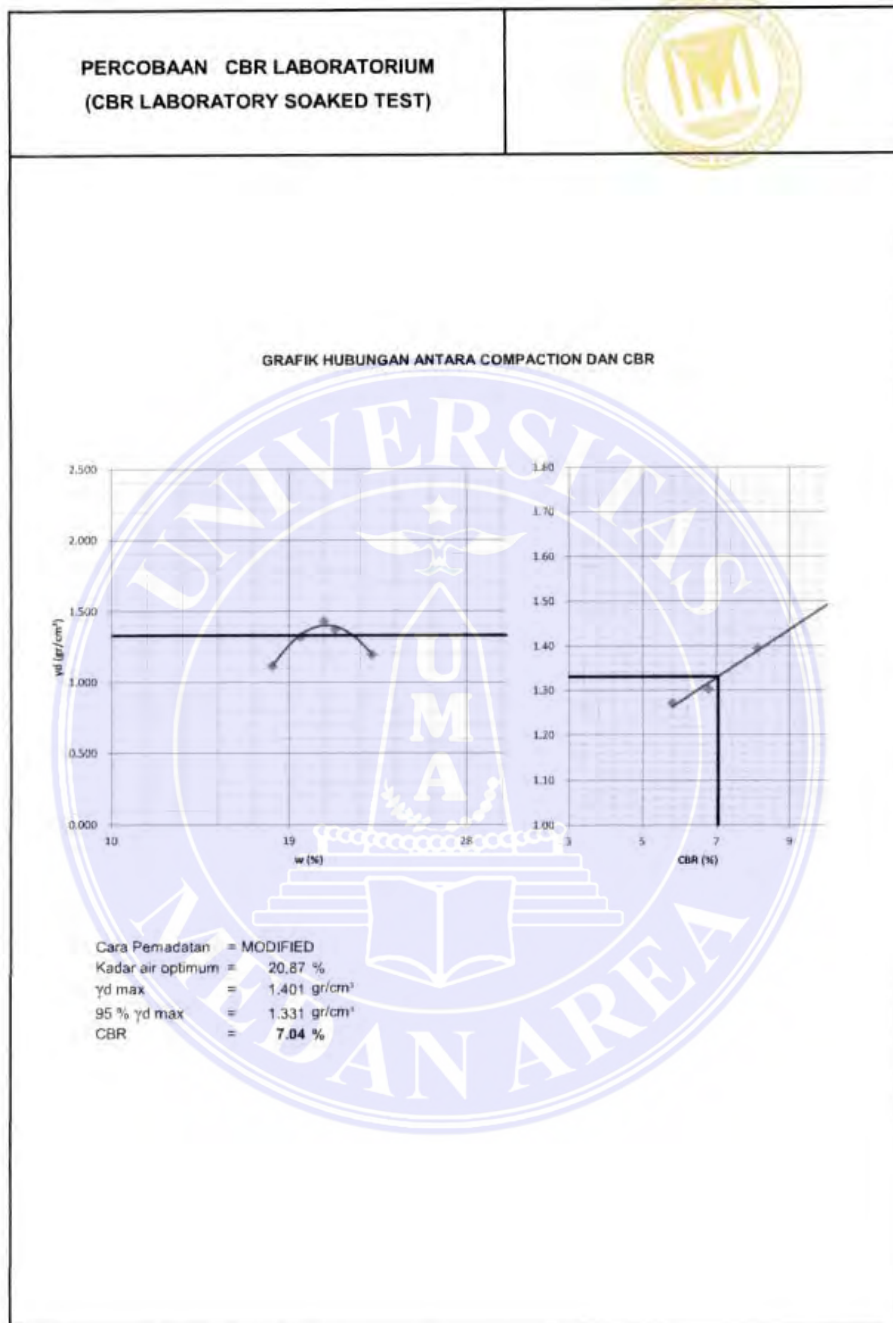




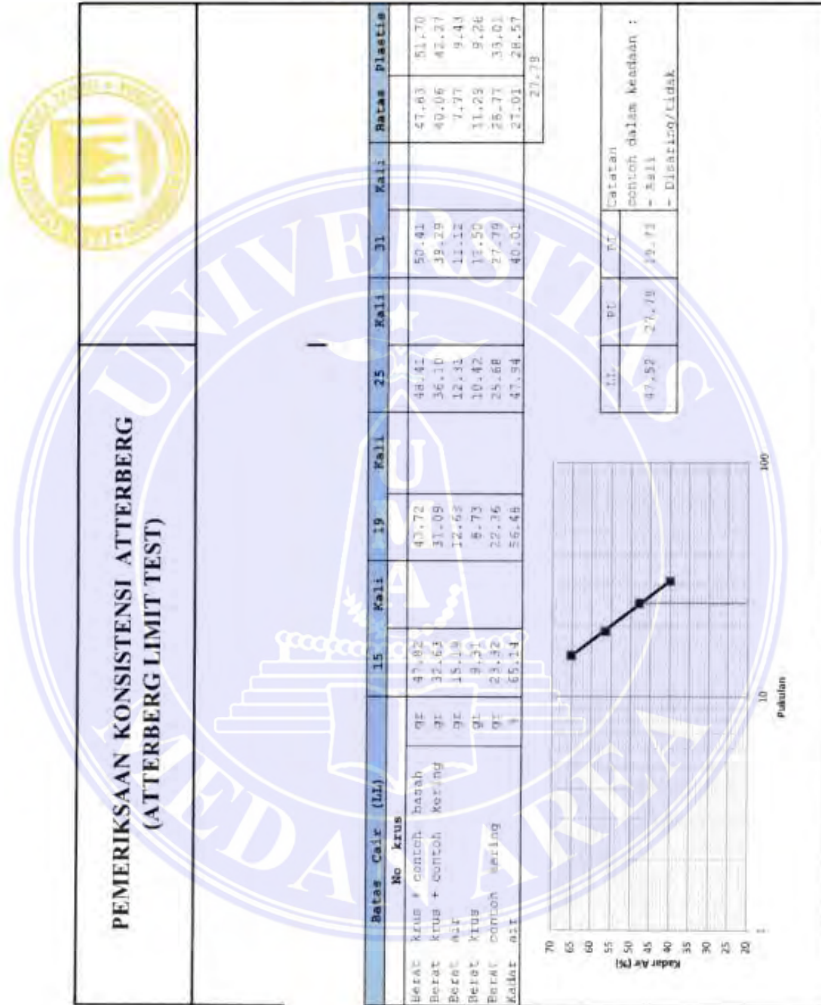


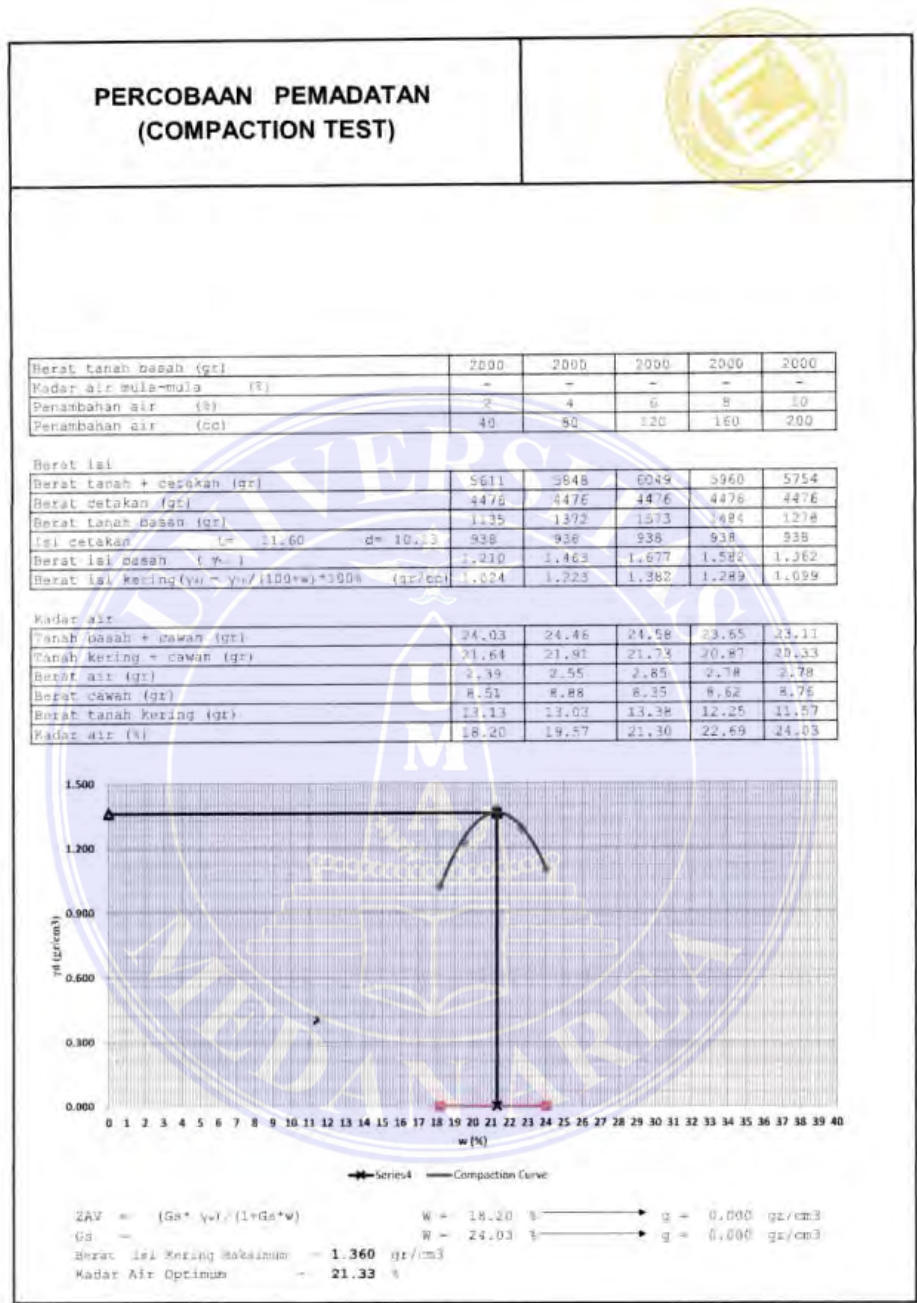


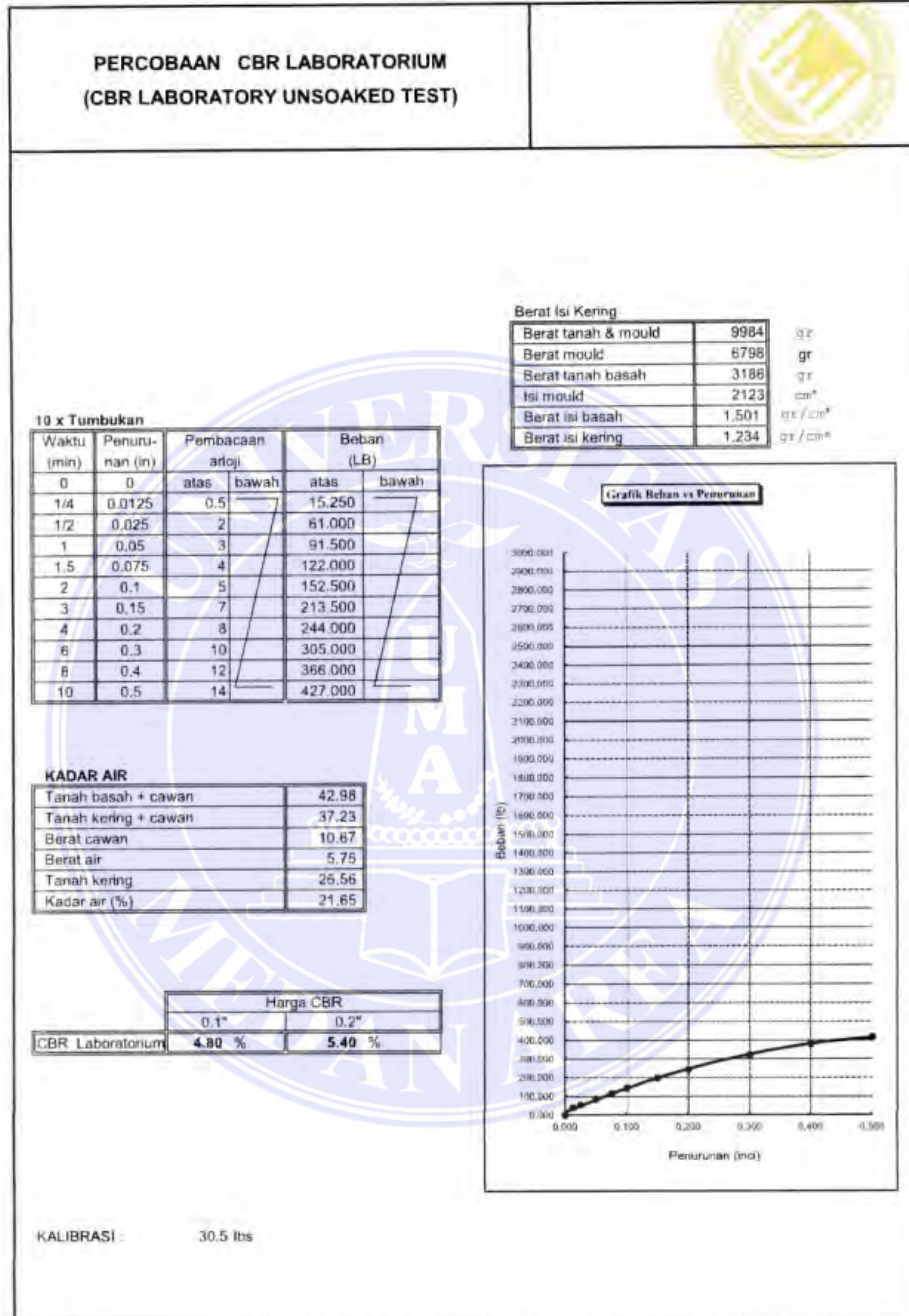


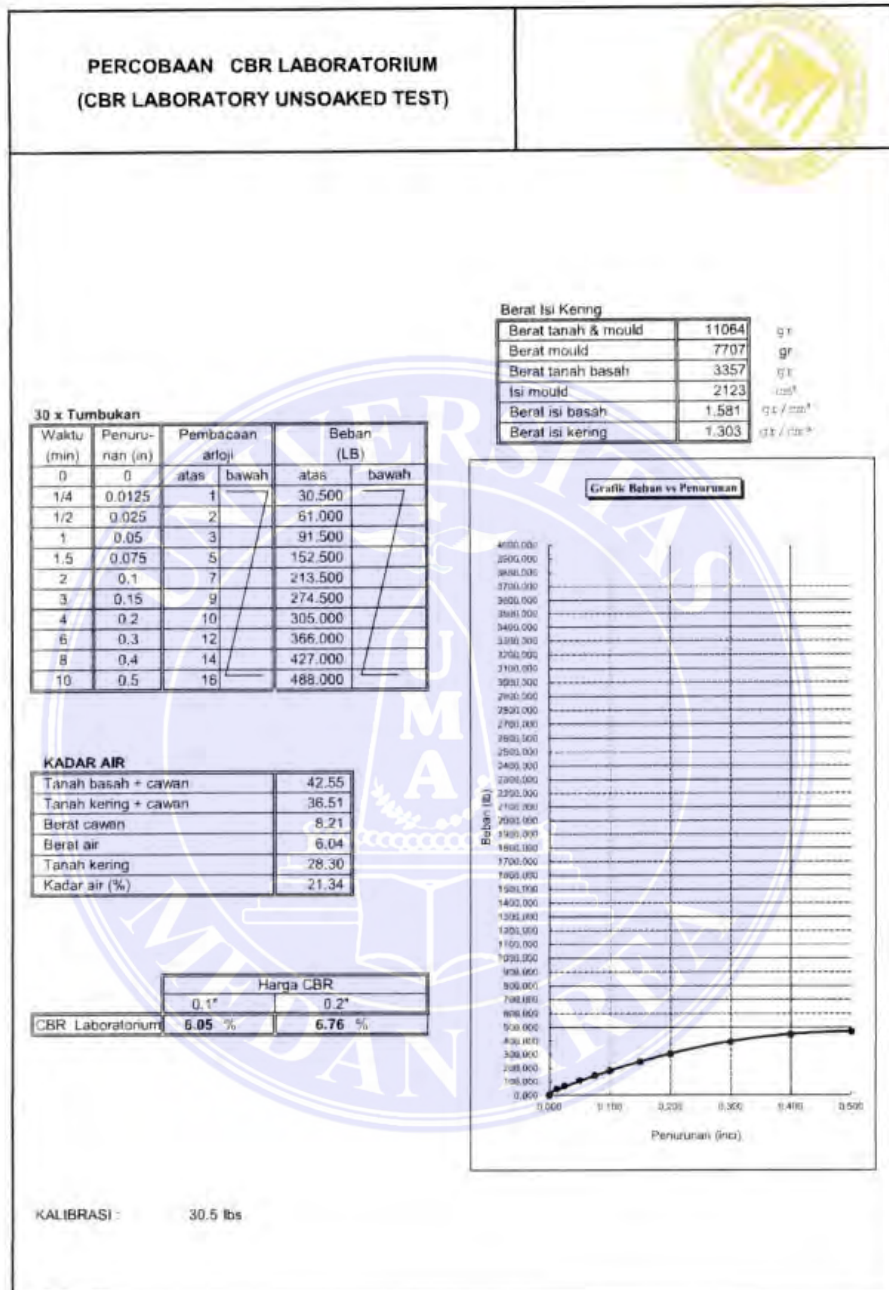













PERCOBAAN CBR LABORATORIUM
(CBR LABORATORY UNSOAKED TEST)



65 x Tumbukan

Waktu (min)	Penurunan (in)	Pembacaan arloji		Beban (LB)	
		atas	bawah	atas	bawah
0	0				
1/4	0.0125	1		30.500	
1/2	0.025	2		61.000	
1	0.05	4		122.000	
1.5	0.075	6		183.000	
2	0.1	8		244.000	
3	0.15	10		305.000	
4	0.2	12		366.000	
6	0.3	14		427.000	
8	0.4	16		488.000	
10	0.5	18		549.000	

KADAR AIR

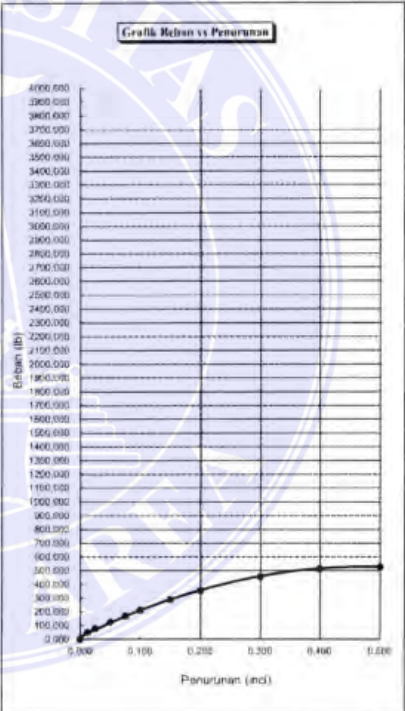
Tanah basah + cawan	42.99
Tanah kering + cawan	36.81
Berat cawan	8.65
Berat air	6.18
Tanah kering	28.16
Kadar air (%)	21.95

Harga CBR		
0.1"	0.2"	
CBR Laboratorium	7.08 %	7.91 %

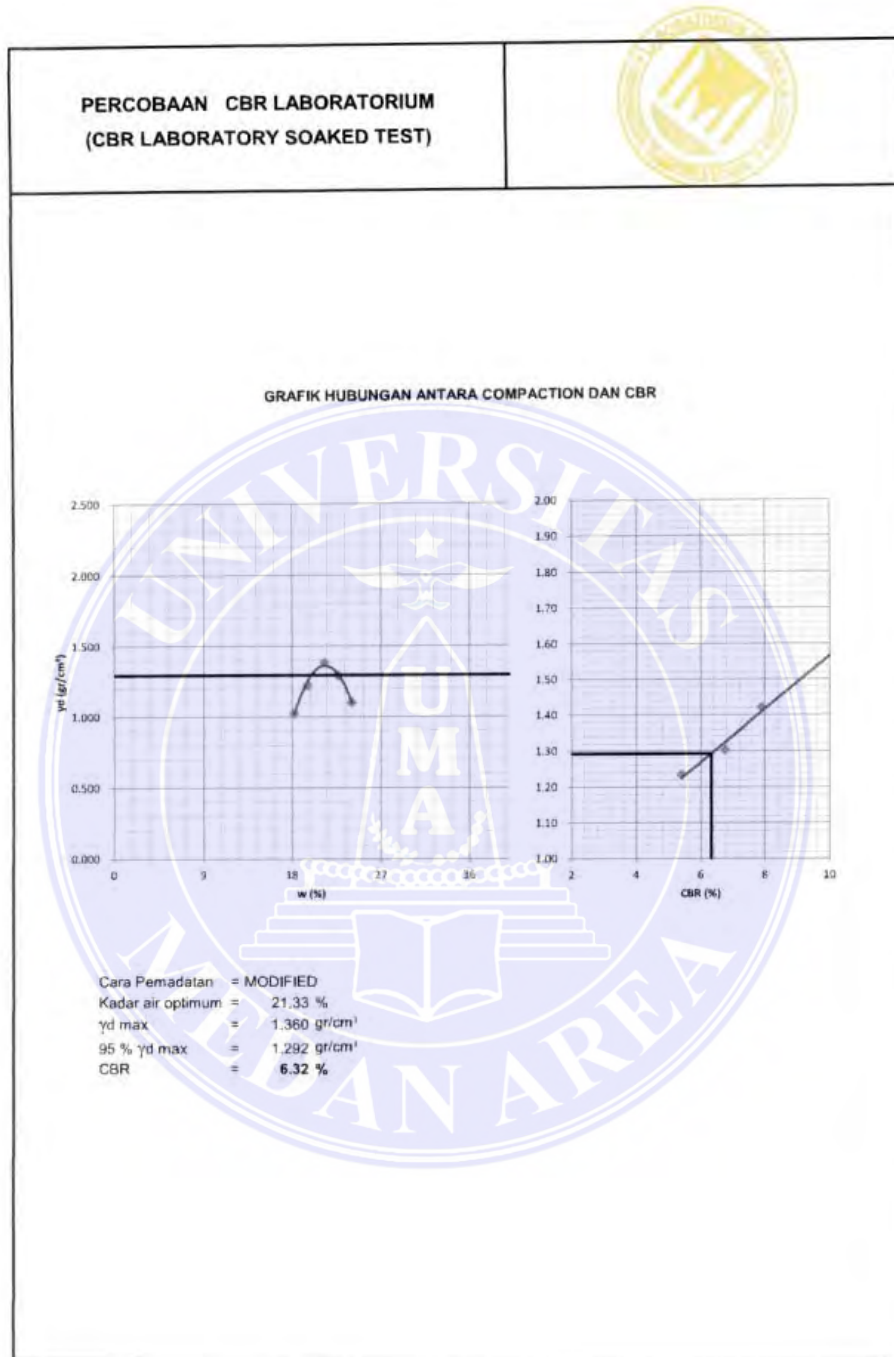
Berat Isi Kering

Berat tanah & mould	11217	gr
Berat mould	7538	gr
Berat tanah basah	3679	gr
Isi mould	2123	cm ³
Berat isi basah	1.733	gr / cm ³
Berat isi kering	1.421	gr / cm ³

Grafik Beban vs Penurunan



KALIBRASI: 30.5 lbs





PEMERIKSAAN KONSISTENSI ATTERBERG (ATTERBERG LIMIT TEST)		UNIVERSITAS MEDAN AREA									
		19 Kali		23 Kali		28 Kali		31 Kali		Batas Plastik	
No	Batas Cair (LL)	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt	Wt
Berat Kruis + contoh basah		36,52	32,75	33,82	44,52	33,21	55,28				
Berat Kruis + contoh kering		17,63	26,09	31,10	34,29	43,72	45,39				
Berat air		18,89	7,66	2,72	10,23	9,49	9,89				
Berat kruis		10,28	9,72	11,51	9,75	9,58	10,64				
Berat contoh basah		26,24	16,17	18,58	24,54	23,13	34,75				
Berat air		21,24	45,79	54,46	31,69	27,61	28,46				
							28,13				

LL	PL	PF	Catatan
45,91	28,13	17,78	Contoh dalam keadaan : - Asli - Disaring/Lidik

Kadar Air (%)

Plastisitas

