

**PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR BATU  
PADA TANAH MERAH TERHADAP NILAI  
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

Disusun Oleh :

SABAR TULUS PARNINGOTAN MENDROFA

NPM:12.811.0026



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2019**

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 29/11/19

Access From (repository.uma.ac.id)

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR BATU PADA TANAH  
MERAH TERHADAP NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana Teknik Sipil

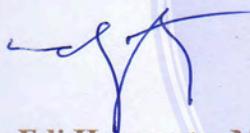
Oleh :

**SABAR TULUS PARNINGOTAN MENDROFA**

12.811.0026

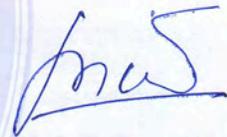
Disetujui Oleh :

**Pembimbing I**



**( Ir.Edi Hermanto, MT )**

**Pembimbing II**

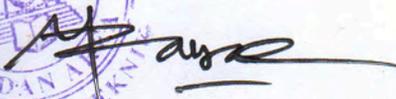


**( Ir.Nuril Mahda Rkt, MT)**

Mengetahui :



**Dekan**



**(Dr.Faisal Amri Tanjung, S.ST. MT)**



**Ka. Program Studi**



**(Dr. Kamaluddin, Lubis. MT)**

ABSTRAK

## LEMBAR 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 ditulis sumbernya secara jelas 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, Oktober 2019

  
Sabar Tulus Parningotan Mendrofa  
NPM: 12 811 0026



## 5.2 Format Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah Mahasiswa

### HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Sabar Tulus Parningatan Mendrofa  
NPM : 12 811 0026  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pengaruh Penambahan Kapur Batu Pada Tanah Merah Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis 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 : Oktober 2019

Yang menyatakan



(...Sabar...Parningatan Mendrofa...)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

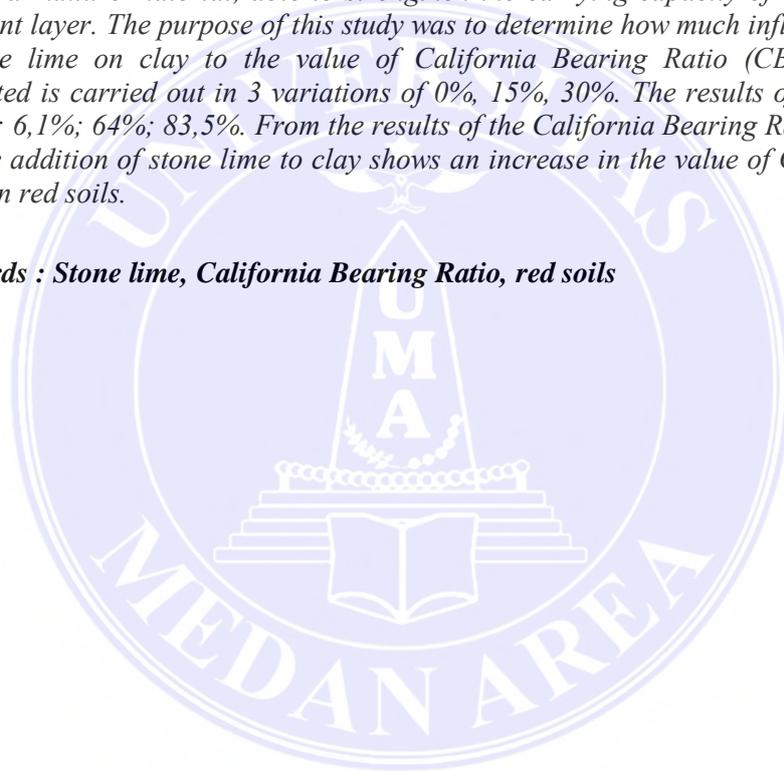
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

## ABSTRACT

*The development of human civilization has experienced significant progress since the last thousand years, including the transportation sector. Human activities in fulfilling their daily needs must sometimes lead to mobilization, because of that the facilities needed to support these mobilization activities are needed. As has been known together, land is a supporting material for road construction which is composed of three materials, namely granules, water and air (Craig.FR, Susilo Budi S "Soil Mechanics Edition 4, 1987) so that a mathematical calculation is needed in finding the value of power support it. The arrangement of the three materials greatly affects the carrying capacity of the soil, so it is necessary to determine parameters for the sake of analysis. The purpose of this research is to analyze the value of California Bearing Ratio (CBR) of red soil with the addition of stone lime as a mixture material, able to strengthen the carrying capacity of the soil in the soil pavement layer. The purpose of this study was to determine how much influence the addition of stone lime on clay to the value of California Bearing Ratio (CBR). The research conducted is carried out in 3 variations of 0%, 15%, 30%. The results of this study are as follows: 6,1%; 64%; 83,5%. From the results of the California Bearing Ratio, it can be seen that the addition of stone lime to clay shows an increase in the value of California Bearing Ratio on red soils.*

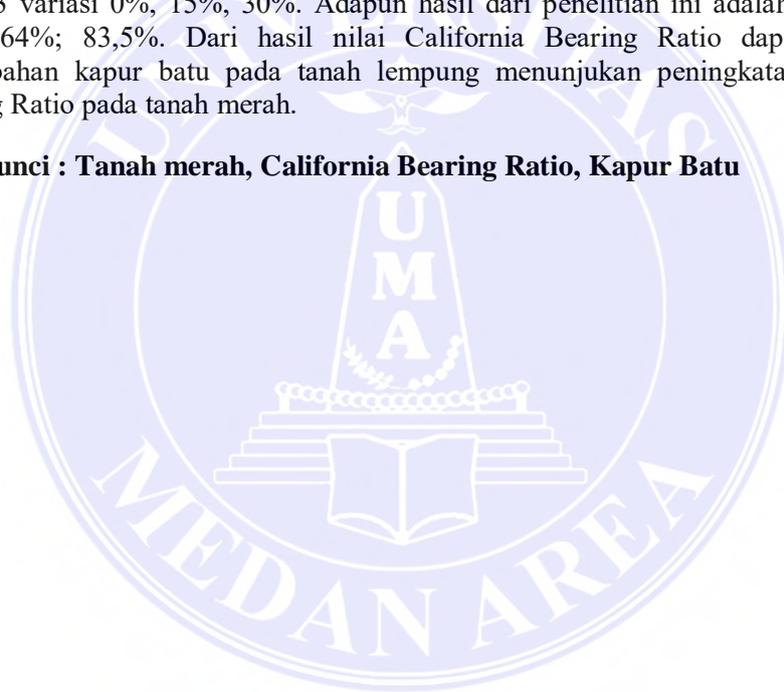
**Keywords : Stone lime, California Bearing Ratio, red soils**



## ABSTRAK

Perkembangan peradaban manusia telah mengalami kemajuan yang sangat signifikan sejak seribu tahun terakhir, termasuk juga sektor transportasi. Kegiatan manusia didalam memenuhi kebutuhan hidupnya terkadang harus menyebabkan melakukan mobilisasi, oleh karena itu dibutuhkan sarana yang mendukung kegiatan mobilisasi tersebut. Seperti yang telah diketahui bersama, tanah adalah suatu material pendukung konstruksi jalan yang tersusun dari tiga bahan, yaitu butiran, air dan udara (Craig.F.R, Susilo Budi S “Mekanika Tanah Edisi 4, 1987) sehingga diperlukan suatu perhitungan matematis didalam mencari nilai daya dukungnya. Susunan ketiga bahan tersebut sangatlah mempengaruhi daya dukung tanah, sehingga perlu melakukan penentuan parameter demi kepentingan analisa. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa nilai California Bearing Ratio (CBR) tanah merah dengan penambahan kapur batu sebagai bahan campuran, mampu untuk menguatkan daya dukung tanah pada lapisan perkerasan tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan kapur batu pada tanah lempung terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR). Adapun penelitian yang dilakukan ini dilakukan dalam 3 variasi 0%, 15%, 30%. Adapun hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut : 6,1%; 64%; 83,5%. Dari hasil nilai California Bearing Ratio dapat terlihat bahwa penambahan kapur batu pada tanah lempung menunjukkan peningkatan nilai California Bearing Ratio pada tanah merah.

**Kata kunci : Tanah merah, California Bearing Ratio, Kapur Batu**



# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	I
<b>ABSTRACT</b> .....	II
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	III
<b>DAFTAR ISI</b> .....	IV
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	VII
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	VIII
<b>DAFTARNOTASI</b> .....	X
<b>BAB I :PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Metodolog Penelitian .....	3
1.6 Kerangka Berfikir .....	4
<b>BAB II: TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Umum .....	6
2.2 Tekstur Tanah .....	6
2.3 Struktur Tanah .....	8
2.4 Sistem Klasifikasi Tanah .....	9
2.4.1 Sistem Unifed Soil Classification System (USCS).....	9

2.4.2	Sistem Klasifikasi AASTO	12
2.5	Sifat Fisik Tanah	15
2.5.1	Hubunan Antara Butiran,Air dan Udara dalam Tana	15
2.5.2	Berat Jenis (Spesific Gravity,Gs)	17
2.5.3	Konsistensi Tanah	18
2.6	Pemadatan Tanah,	20
2.6.1	Uji Proctor Standar	21
2.6.2	Pemadatan Lapangan	22
2.7	Tanah Dasar	24
2.8	Kapur	25
2.9	Pengujian California Bearing Ratio	26
2.10	Bahan Dalam Tanah	28
2.10.1	Bahan Organik	28
2.10.2	Bahan Anorganik	30
2.11	Penurunan Konsolidasi	32

### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN .....34**

3.1	Metode Penelitian	34
3.2	Tempat Penelitian	34
3.3	Teknik Pengumpulan Data	34
3.3.1	Data Primer	35
3.3.2	Data Sekunder	35
3.4	Pekerjaan Persiapan	35
3.5	Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Tanah	36

3.5.1 Analisa Saringan (Sieve Analysis Test) .....	37
3.5.2 Pengujian Batas Konsistensi Atterberg (Atterberg Limit Test) .....	38
3.5.3 Pengujian Kadar Air Tanah .....	40
3.5.4 Pengujian Berat Jenis Tanah (Specific Gravity Test).....	40
3.5.5 Pengujian Pematatan Tanah .....	42
3.6 Uji California Bearing Ratio (CBR) .....	44
<b>BAB IV: ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Analisa.....	47
4.2 Analisa Saringan .....	47
4.3 Uji Batas Batas Atterberg.....	53
4.3.1 Pengaruh penambahan kapur batupadatatanah merah terhadap plastisitas tanah dasar (Subgrade).....	55
4.4 Pengklasifikasian Tanah.....	56
4.4.2 Sistem Klasifikasi kesatuan Tanah/ Unified Soil Classification System (USCS).....	56
4.4.3 Sistem Klasifikasi AASHTO.....	57
4.5 Pengaruh Penambahan Kapur Batu pada Tanah Merah Terhadap Nilai CBR .....	59
<b>BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
<b>DAFTAR FUSTAKA.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bagan kerangka Berfikir.....	5
Gambar 2.1	Diagram Fase Tanah.....	15
Gambar 2.2	Grafik berat satuan kering terhadap kadar air .....	20
Gambar 2.3	Peralatan Pengujian Proctor .....	21
Gambar 2.4	Alat pengujian CBR .....	27
Gambar 3.1	Batas-batas Atterberg .....	39
Gambar 3.2	Alat uji CBR.....	46
Gambar 4.1	Analisa Saringan tanah merah .....	48
Gambar4,2	Analisa Saringan tanah Merah + 15% Kapur Batu .....	49
Gambar4.3	Analisa Saringan tanah Merah + 30% Kapur Batu .....	50
Gambar4.5	Grafik CBR Tanah Merah .....	61
Gambar4.6	Grafik CBR Tanah Merah + 15% Kapur Batu .....	62
Gambar4.7	Grafik CBR Tanah Merah + 30% Kapur Batu .....	64

## DAFTAR NOTASI

LL	Batas Cair%
PL	Batas Plastis %
PI	IndeksPlastis %
Vs	Volume butiranPadat
Vu	Volume Pori
Vw	Volume Air dalam Pori
Va	Volume udaradalam Pori
e	Angka Pori
n	Porositas
S	DerajatKejenuhan
$\gamma_{dry}$	Berat Volume Kering (gr/cm <sup>3</sup> )
GI	Group Indeks
W	Kadar air
Gs	BeratspesifikasiButiran Tanah (%)
$\gamma$	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )
CBR	California Bearing Ratio (%)

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Ukuran Tekstur Tanah .....	8
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi unifed .....	11
Tabel 2.3	Sistem Klasifikasi AASHTO .....	14
Tabel 3.1	Diameter lubang beberapa standart .....	37
Tabel 4.1	Hasil Uji Analisis Saringan Tanah Merah .....	48
Tabel 4.2	Hasil Uji Analisis Saringan Tanah Merah + 15% Kapur Batu .....	49
Tabel 4.3	Hasil Uji Analisis Saringan Tanah Merah + 30% Kapur Batu .....	50
Tabel 4.4	Pengujian Batas-batas Atterberg Tanah Merah .....	51
Tabel 4.5	Pengujian Batas-batas Atterberg Tanah Merah 15% Kapur Batu .....	52
Tabel 4.6	Pengujian Batas-batas Atterberg Tanah Merah 30% Kapur Batu .....	53
Tabel 4.7	Sifat Tanah Ditinjau dari Indeks Plastis .....	56
Tabel 4.8	Nilai CBR Tanah Merah .....	60
Tabel 4.9	Nilai CBR Tanah Merah + 15% Kapur Batu .....	61
Tabel 4.10	Nilai CBR Tanah Merah + 30% Kapur Batu .....	63

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah yang memberikan kesehatan dan menyertai penulis hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulisan Tugas akhir ini merupakan persyaratan bagi penulis untuk dapat melaksanakan Sidang Sarjana di Universitas Medan Area Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil. Dalam penulisan ini, penulis mengambil judul, “PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR BATU PADA TANAH MERAH TERHADAP NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)”. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna, baik dalam penulisan maupun isinya. Hal ini disebabkan karena keberadaan penulis yang masih perlu bimbingan, untuk itu penulis menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Dalam kesempatan ini penulis mendedikasikan skripsi ini kepada kedua orang tua saya, yang telah menjadi inspirasi saya dalam menjalani kehidupan ini sampai saya bias menyelesaikan perkuliahan ini dan memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil. Dan tak lupa pula saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ayah saya Paber Mendrofa dan ibu saya Maulina Br. simanungkalit yang mendidik saya serta memberikan dorongan baik berupa material maupun moril dalam penyelesaian skripsi ini,. Dan tak lupa pula saya juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, SST.MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Edi Hermanto, MT selaku dosen pembimbing 1 dan Ibu Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT, selaku dosen pembimbing II, Yang membimbing saya dengan pengertian, kesabaran, dan sangat memberikan masukan serta bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing, memotivasi, membantu, serta mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini sehingga skripsi ini dapat selesai dalam waktu yang diharapkan penulis.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
5. Para pegawai Fakultas Teknik khususnya Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
6. Seluruh teman-teman seperjuangan yang selalu mendukung saya
7. Semua rekan-rekan SIPIL yang telah memberikan semangat dan bantuan untuk menyelesaikan skripsi ini serta eman-teman yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu.

Yang selama ini telah Membantu saya dalam proses penyelesaian penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang memberikan bimbingan dan bantuan baik dalam bentuk materil, moral dan spiritual.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan terutama dibidang Teknik Sipil.

Penulis,

(Sabar Tulus P.M)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Permasalahan yang sering terjadi pada proyek pembangunan jalan adalah terjadinya penurunan tanah timbunan jalan, sehingga terjadi kerusakan pada aspal. terjadinya penurunan tanah timbun tersebut disebabkan daya dukung tanah yang tidak memadai, maka dari itu saya melakukan penelitian untuk mencari daya dukung tanah merah di campur dengan kapur batu.

Permasalahan umum yang sering dijumpai dalam pelaksanaan pembangunan konstruksi jalan adalah tidak selalu ditemuinya tanah dasar (subgrade) yang memiliki daya dukung memadai, dalam menahan beban lalu lintas yang akan diterima. Kendala ini akan meningkat apabila material pengganti yang lebih layak sulit didapatkan di sekitar daerah konstruksi tersebut.

Tanah merah adalah tanah yang unik, tanah merah ini pada dasarnya hampir sama dengan tanah-tanah yang ada, salah satu faktor yang membedakan tanah ini dengan tanah yang lain yaitu warnanya yang merah kecoklatan, sesuai dengan nama dari tanah tersebut dan memiliki karakteristik tanah yang kurang baik.

Pada pembangunan perkerasan jalan, karakteristik tanah yang kurang baik, maka tanah tersebut perlu stabilisasi (diperbaiki) sehingga dapat memperbaiki kapasitas dukung (subgrade) tersebut menjadi lebih baik. Salah satu cara menstabilisasi tanah merah tersebut dengan menambahkan bahan yaitu kapur

batu. Alasan dipilihnya kapur batu sebagai bahan yang digunakan, karena kapur batu merupakan bahan yang terbilang relatif murah dan mudah didapatkan. Metode pengujian stabilisasi tanah merah dan kapur tersebut menggunakan metode California Bearing Ratio (CBR).

Metode CBR adalah suatu metode empiris untuk mengukur nilai kepadatan tanah. Metode ini mula-mula diciptakan oleh O. J. Porter, kemudian dikembangkan di California, Amerika Serikat. Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di laboratorium atau di lapangan dengan rencana empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Untuk mendapatkan nilai CBR tersebut dinamakan tes CBR. Tes CBR ini dikembangkan sekitar tahun 1930-an di laboratorium of Materials Research Departement of The California Division of Highway, USA. CBR adalah suatu perbandingan antara beban percobaan ( test load ) dengan beban standard dan dinyatakan dalam persen.

Berdasarkan latar belakang yang ada, pada pelaksanaan pembangunan kontruksi jalan harus diperhatikan dahulu subgrade-nya agar tidak terjadi kerusakan pada saat menahan beban lalu lintas yang akan diterima. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengkaji lebih dalam tentang tanah merah distabilisasi dengan kapur batu (fajar hidayat 2012)

Tanah sendiri terdiri dari butiran (agregat ) dimana tidak terjadi sementasi antar mineral-mineral padat (terikat secara kimia) dan dari bahan organik yang telah lapuk disertai dengan zat gas dan cair yang mengisi pori-pori diantara partikel- partikel padat tersebut.

Kondisi dari tanah di Desa Jelu Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro ini memiliki kandungan monmorilonite tinggi sehingga sangat sensitif terhadap air dimana ketika musim hujan tanah akan mengembang dan saat musim kemarau tanahnya akan menyusut (warsiti 2009)

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa nilai daya dukung tanah merah dengan penambahan kapur batu, Agar mampu dalam menopang beban yang akan lalu lintas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan kapur batu terhadap tanah merah pada nilai *California Bearing Ratio (CBR)*

## 1.3 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh penambahan kapur batu sebagai campuran tanah merah terhadap nilai *California Bearing Ratio (CBR)*.

1. Tanah yang digunakan Tanah Merah yang berasal dari galang
2. Kapur Batu sebagai bahan Campuran
3. Benda uji adalah tanah dan Kapur Batu dengan perbandingan Kapur batu 0%,15%, 30% terhadap berat tanah kering.
4. Metode yang digunakan Metode California Bearing Ratio

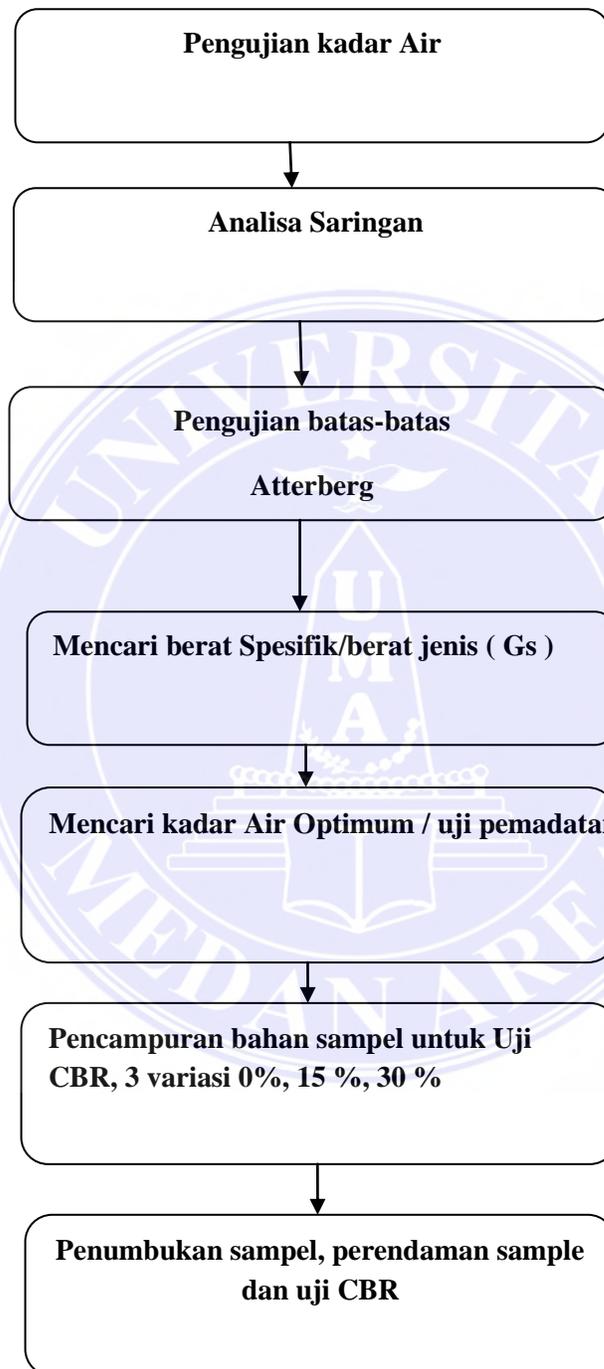
#### 1.4 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium mekanika Tanah Peliteknik Negeri Medan Sumtra Utara

Metode Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara Primer (Pengumpulan data dilakukan di laboratorium) dansekunder ( lite ratur, jurnal-jurnal dan lainnya ) Pengolahan data, sebelum pengujian dilakukan terlebih dahulu Pemeriksaan data-data.



## 1.5 Kerangka Berpikir / Alur Berpikir



Gambar 1.1 bagan 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.

Ahli geologi membagi tanah menjadi tanah residual dan tanah terpendakan (transported soils). Tanah residual adalah tanah yang terbentuk di tempat dari batuan atau bahan induk, sedangkan tanah terpendakan adalah tanah residual yang telah dipindahkan dan ditempatkan kembali oleh angin, es, atau air.

#### 2.2 Tekstur Tanah

Tekstur atau ukuran butiran, seringkali mempunyai peranan yang penting dalam penklasifikasian tanah serta mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Secara umum, tekstur telah digunakan untuk membagi tanah menjadi dua kelompok besar, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Ukuran distribusi butir-butir mineral yang terdapat pada suatu tanah tergantung pada banyak faktor, termasuk komposisi mineral, cuaca, lamanya pelapukan dan cara pemindaan.

Sesuai dengan ukuran butirannya, tanah berbutir kasar dibagi menjadi bongkah (boulder), kerikil (gravel), dan pasir. Sifat-sifat teknis tanah berbutir kasar seringkali sangat dipengaruhi oleh tekstur dan gradasinya.

Tanah berbutir halus dibagi menjadi lanau dan lempung. Butir-butir yang membentuk lanau dan lempung mempunyai ukuran yang sangat kecil sehingga tidak bisa dibedakan dengan mata telanjang. Sifat-sifat teknis lanau dan lempung lebih dipengaruhi oleh kekuatan permukaan dan listrik butiran daripada oleh kekuatan gravitasi sebagaimana yang berlaku pada tanah berbutir kasar. Oleh karena itu, tekstur tanah berbutir halus mempunyai pengaruh yang lebih kecil terhadap sifat-sifat teknis daripada tekstur tanah berbutir kasar. Lanau biasanya mempunyai plastisitas yang lebih rendah daripada lempung dan dalam keadaan kering mempunyai kekuatan yang rendah atau sama sekali tidak mempunyai kekuatan.

Sesuai dengan klasifikasi Unified, ukuran tekstur tanah ditunjukkan pada tabel 2.1. meskipun ukuran butiran yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 hanyalah pilihan, nilai-nilai tersebut diusulkan dalam rangka menyeragamkan definisi. Perbedaan utama antara lanau dengan lempung adalah plastisitasnya. Lanau pada dasarnya terbentuk melalui pelapukan mekanis, sehingga sebagian besar sifat-sifatnya menyerupai sifat-sifat bahan induknya, sedangkan lempung dihasilkan melalui pelapukan mekanis dan kimia pada dasarnya berukuran koloidal.

Untuk membedakan lempung dari lanau diperlukan, terdapat beberapa pengujian sederhana. Dalam keadaan kering, lanau mempunyai kekuatan yang sangat rendah, sehingga segumpal lanau mudah dihancurkan dengan jari tangan.

Di sisi lain, segumpal lempung yang kering sulit dihancurkan dengan jari tangan. Apabila segumpal lanau yang ditambah air ditempatkan pada telapak tangan dan digoyang-goyang, maka permukaan lanau tersebut akan mengkilap (ada lapisan air), dan apabila lanau tersebut diremas (squeeze), maka lapisan air akan hilang. Pada lempung berair yang digoyang-goyang, air tidak muncul kepermukaan sehingga permukaan tidak mengkilap.

**Tabel 2.1 Ukuran tekstur tanah**

<b>TEKSTUR TANAH</b>	<b>UKURAN</b>
• Bonka(cobbles)	Lebi besar dari 75 mm(3 in)
• Kerikil	75mm(3 in) sampai 4,76 mm(no 4)
- kerikil kasar	75mm(3inci)sampai 19mm (¾in)
- kerikil halus	19mm(¾in) sampai 4,476mm (No 4)
• Pasir	4,476mm (No 4) sampai 0,074mm(No 200)
- Pasir kasar	4.76mm (No 4) sampai 2mm (No 10)
- Pasir sedang	2mm (No 10) sampai 0,42mm (No 40)
- Pasir halus	0,42mm (No 40)sampai 0,074mm (no 200)
• Tanah berbutir halus ( lanau atau lempun )	Lebi kecil dari 0,074mm (no 200)

*Sumber: Departemen pekerjaan umum, 003-1/BM/2006*

### 2.3 Struktur Tanah

Pola dimana individu dalam masa tanah tersusun disebut struktur primer (primary structure). Untuk tanah berbutir kasar, struktur primer sering kali dapat dilihat dengan mata telanjang atau dengan bantuan kaca pembesar (hand lens). Cara untuk mengamati struktur tanah berbutir halus (lanau atau lempung) sejauh ini berkembang lambat. Namun demikian, teknologi dibidang mikroskop elektron yang dikembangkan akhir-akhir ini memberi harapan untuk memudahkan pengamatan struktur tanah bebutir halus. Meskipun dalam banyak kasus struktur primer tidak dapat diamati dan mungkin sangat bervariasi, namun para ahli telah berusaha menetapkan dan mengklasifikasikan berbagai struktur primer tanah.

Beberapa kelompok struktur tanah primer tersebut adalah; Berbutir tunggal (single-grained), sarang lebah (honeycomb), flokulen (flocculent).

## 2.4 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena ia hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya, jumlah dan jenis dari mineral lempung yang dikandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastis tanah, yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menghafiskan ciri-ciri suatu tanah. Karena sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperitunkan sifat plastis tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik. Pada saat ini sistem klasifikasi tanah ada dua yaitu; sistem klasifikasi Unified dan sistem klasifikasi AASHTO.

### 2.4.1 Sistem Unified Soil Classification System (USCS)

Sistem klasifikasi *unified* pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrade dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engginer* 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.

*Unified Soil Classification System (USCS)* mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok :

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse grained – soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah G (untuk tanah berkerikil) dan S (untuk tanah berpasir). Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W (untuk tanah bergradasi baik) dan P (untuk tanah bergradasi buruk).
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200, simbol kelompok ini adalah C (untuk lempung anorganik, clay) dan O (untuk lanau organik), Plastisitas dinyatakan dama L (rendah) dan H (tinggi).

Simbol-simbol yang digunakan adalah :

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

P = *Poorly graded* (Tanah dengan gradasi buruk)

L = low plasticity ( Plastisitas renda) (  $LL < 50$  )

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 coeffisient, cu* ) dan koefisien (*radation 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 lolos ayakan No.200 adalah antara 5 sampai 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP- GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Klasifikasi tanah berbutir halus harus menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH dan OH didapat dengan cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrade,1948) yang diberikan pada tabel 2.2

**Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Unified**

Deskripsi			Simbol kelompok	Kriteria Laboratorium			Catatan
				Butiran Halus (%)	Kualitas	Plastisitas	
Berbutir kasar (lebih dari 50% lebih besar dari 63 $\mu$ m BS atau ukuran 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 4 < 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	
Berbutir halus (lebih dari 50% lebih kecil dari 63 $\mu$ m BS atau ukuran ayakan AS No.200)	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 organik dan lempung berlanau organik plastisitas rendah	OL	Gunakan grafik plastisitas			
	Lanau dan lempung (batas cair lebih besar dari 50)	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"

## 2.4.2 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 te iway 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 denan 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. Tana 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 sebagai berikut :

a. Ukuran butiran

Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 inc) dan yang tertahan pada ayakan No 20 (2 mm)

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No.10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,0075mm) .

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

- c. Apabila bila batuan (ukuran lebih besar dari 75mm) 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 dari suatu tanag sebagai bahan lapisan tanah dasar ( subgrade) dari suatu jalan raya, suatu angka yang dinamakan indeks grup ( *group indeks, G I*) juga diperlukan selain kelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan dibawah ini :

$$GI=(F1-35)[0,2+0,005(LL-40)]+0,01(F-15)(PI-10) \quad \text{.....(pers.2.1)}$$

Dimana : F= persentase butiran yan lolos ayakan No.200

LL= Batas cair (*liquid limit*)

PI= indeks plastisitas

Suku pertama dari persamaan 2,1 yaitu  $(F1-35)[0,2+0,005(LL-40)]$ , 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 grop :

- Apabila persamaan 2.1 menghasilkan nilai GI yang negatif, Maka hara GI dianggap nol.
- Indeks grop yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dibulatkan ke angka yang paling dekat.
- Tidak ada batas untuk indeks grop
- Indeks grop 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 tana yan masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, anya baian dari indeks rup untuk PI saja yan diunakan, yaitu :

$$GI = 0,01(F-15) (PI-10) \quad \dots\dots (pers 2.2)$$

**Tabel 2.3. Sistem Klasifikasi AASHTO**

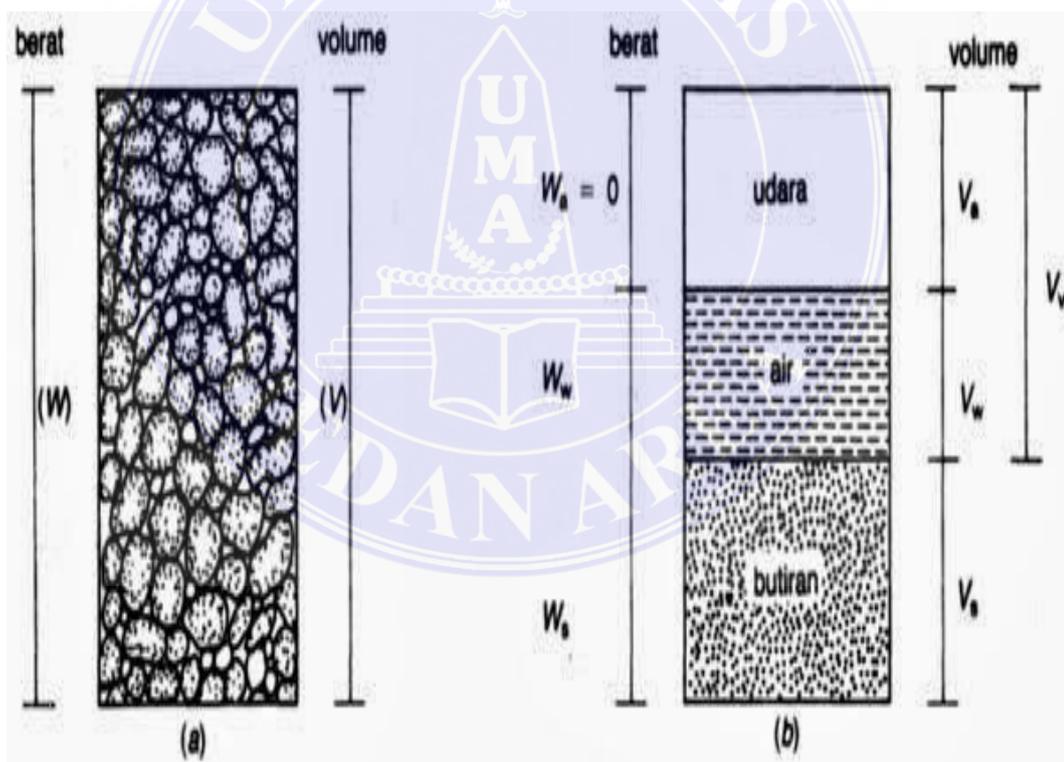
Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No.200)						Bahan-bahan lanau lempung (lebih dari 35% lolos No 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa saringan persen lolos										
No. 10	Max.									
No. 40	50	Max.	Max.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

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

## 2.5 Sifat Fisik Tanah

### 2.5.1 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 butiran dan udara pengisi pori, tanah yang jenuh juga terdiri dari dua fase yaitu butiran dan air pori sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase yaitu butiran, udara pori dan air pori. Berat udara dianggap sama dengan nol. Komponen-komponen tanah dapat digambarkan dalam suatu diagram fase, seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Diagram Fase Tanah

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid1".

Gambar 2.2 a menunjukkan suatu elemen tanah dengan volume  $V$  dan berat  $W$ . Untuk membuat hubungan volumen-berat agregat tanah, tiga fase (yaitu : butiran padat, air, dan udara ) dipisahkan seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.b. jadi, volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai :

$$V = V_s + V_u = V_s + V_w + V_a \quad \text{.....(pers 2.3)}$$

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 :

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

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 :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad \text{.....(pers 2.5)}$$

Dimana :

$e$  = angka pori

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume tanah total, atau:

$$n = \frac{V_v}{V} \quad \text{.....(pers 2.6)}$$

Dimana : n = porositas

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

$$s = \frac{V_w}{V_v}$$

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*). Definisi dari istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

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

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad \text{.....(pers 2.8)}$$

- Berat volume tanah ( $\gamma$ ) adalah berat tanah persatuan volume.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \text{.....(pers 2.9)}$$

- Berat volume tana kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+W} \quad \text{.....(pers 2.10)}$$

### 2.5.2 Berat Jenis (*Specific Gravity, G<sub>s</sub>*)

Harga berat jenis 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 2.5 menunjukkan

harga-harga berat jenis beberapa mineral yang umum terdapat dalam tanah. Sebagian besar dari mineral-mineral tersebut mempunyai berat jenis 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.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad \dots(\text{pers 2.11})$$

### 2.5.3 Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (remolded) tanpa menimbulkan keretakan. Sifat koefisien 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 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 didefinisikan 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 sebagai batas-batas Atterberg (Atterberg limit).

### 1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah kadar air tanah yang untuk nilai-nilai di atasnya, tanah akan berperilaku sebagai cairan kental (batas antara keadaan cair dan keadaan plastis), yaitu batas atas dari daerah plastis.

### 2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air yang untuk nilai-nilai di bawahnya, tanah tidak lagi berpengaruh sebagai bahan yang plastis. Tanah akan bersifat sebagai bahan yang plastis dalam kadar air yang berkisar antara LL dan PL. Kisaran ini disebut indeks plastisitas.

### 3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

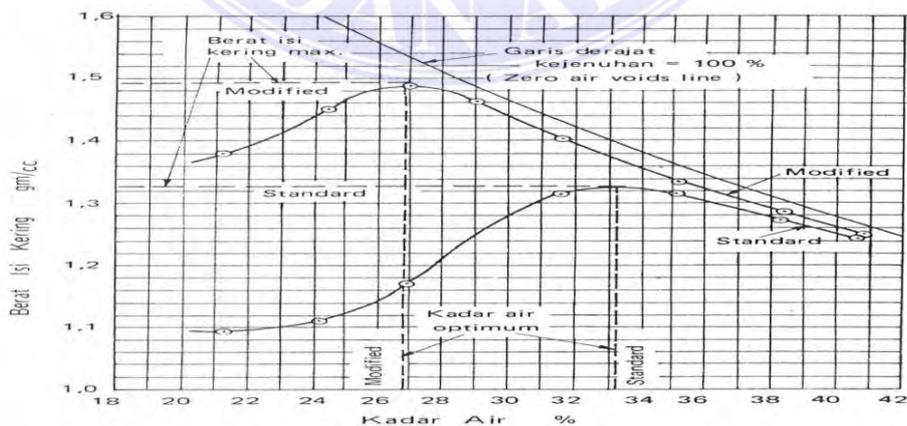
Indeks Plastisitas merupakan interval kadar air, yaitu tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisitas tanah. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$IP = LL - PL \quad \dots\dots(Pers.2.12)$$

## 2.6 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 mengurani besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemampuan lereng timbun (embarkments). Pada proyek kontruksi jalan, pemadatan untuk tanah dasar selalu dilakukan sebelum diamparnya item-item perkerasan lainya, guna untuk menaikkan daya dukung tanah dasarnya.

Derajat kejenuhan tanah diukur berdasarkan satuan kepadatan kering (dry density), yaitu masa partikel padat per satuan volume tanah. Kepadatan kering setelah pemadatan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan oleh alat pemadat (dinyatakan usaha pemadatan). Percobaan-percobaan dilaboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah Proctor Compaction Test (iju pemadatan proctor).

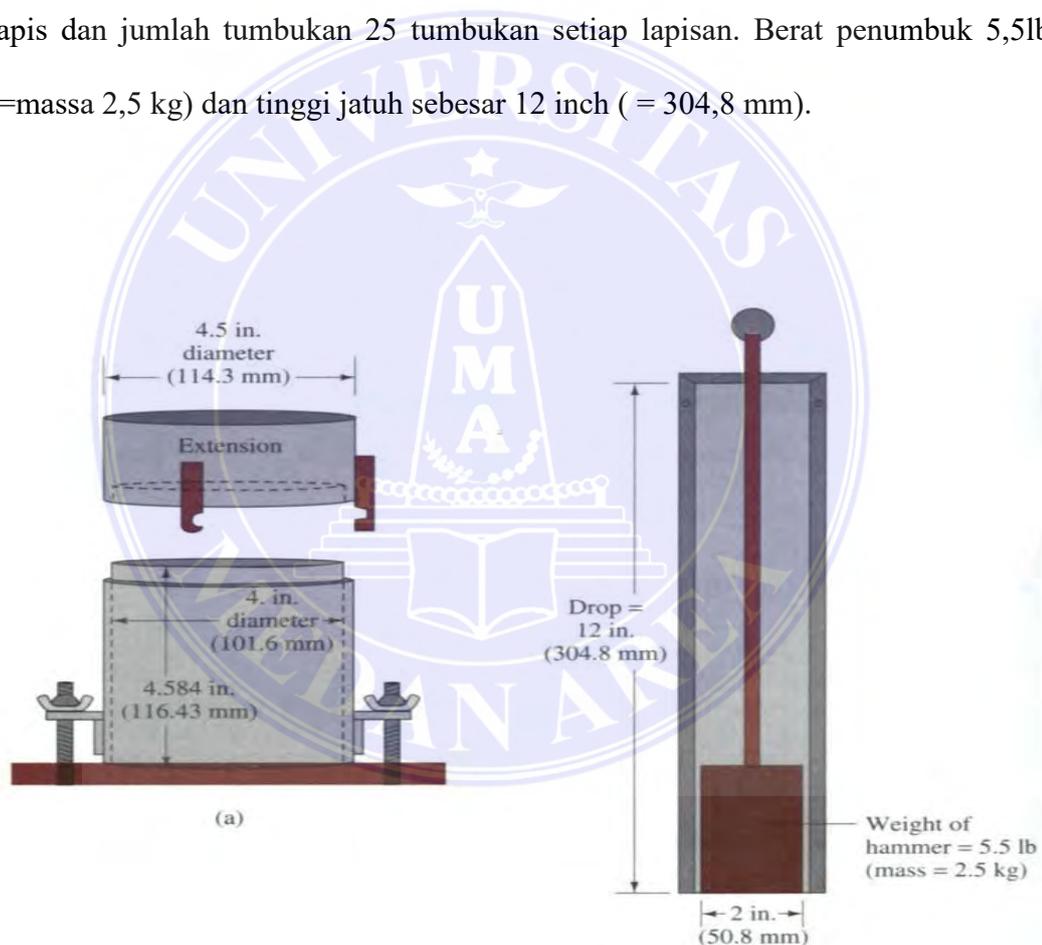


**Gambar 2.3 Grafik berat satuan kering terhadap kadar air**

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid 1".

### 2.6.1 Uji Proctor Standar

Pada uji proctor, tanah didapatkan 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 perobaan dilaboratorium, cetakan itu diletakkan pada sebuah pelat dan di atasnya diberi juga perpanjangan ( juga berbentuk silinder ). Tanah dicampur dengan kadar air yang berbeda-beda dan kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk kushus. Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 3 lapis dan jumlah tumbukan 25 tumbukan setiap lapisan. Berat penumbuk 5,5lb ( $=\text{massa } 2,5\text{ kg}$ ) dan tinggi jatuh sebesar 12 inch ( $= 304,8\text{ mm}$ ).



**Gambar 2.4 Peralatan pengujian proctor**

Sumber: Braja M. Das, "Mekanika Tanah jilid1".

## 2.6.2 Pemadatan Lapangan

Hampir semua pemadatan dilapangan dilakukan dengan penggilas (rollers). Jenis penggilas yang paling sering digunakan adalah :

- a) Penggilas besi berpermukaan halus
- b) Penggilas ban karet (angin)
- c) Penggilas kaki kambing
- d) Penggilas getar

Penggilas besi berpermukaan halus cocok untuk meratakan permukaan tanah dasar (subgrade) dan untuk pekerjaan penggilas akhir pada timbunan tanah pasir atau lempung. Penggilas dapat memadatkan 100% luasan muka tanah yang dilalui rodanya dengan tekanan kontak antara tanah dan roda sebesar antara 45 sampai 55 psi (antara 310 sampai 380 kN/m<sup>2</sup>). Penggilas tipe ini tidak cocok untuk pekerjaan yang menginginkan tingkat pemadatan yang tinggi pada lapisan yang tebal.

Penggilas ban karet dalam banyak hal masi lebih baik daripada penggilas besi permukaan halus. Penggilas ban karet ini pada dasarnya merupakan sebuah kerta bermuatan berat dan beroda karet yang tersusun dalam beberapa baris. Baris-baris ban karet ini berjarak dekat satu sama lain dimana pada setiap baris ban terdapat empat sampai enam buah roda ban. Tekanan kontak dibawah ban berkisar antara 85 sampai 100 psi (585 sampai 690 kN/m<sup>2</sup>), dan baris-baris ban tersebut memadatkan antara 70 sampai 80% luasan tanah yang dilalui penggilas. Penggilas ban karet ini dapat digunakan pada pemadatan tanah-tanah pasir dan lempung. Pemadatan dicapai dari kombinasi antara tekanan dan *kheading action*( pemadatan denan meremas-remas).

Penggilas kaki kambing adalah berupa silinder yang mempunyai banyak kaki-kaki yang menjulur keluar dari drum. Kaki-kaki ini mempunyai luas proyeksi penampang sekitar 4 sampai 12 in<sup>2</sup> (=25 sampai 85 cm<sup>2</sup>). Alat ini sangat efektif untuk memadatkan tanah lempung . tekanan kontak di ujung kaki-kaki kambing dapat mencapai 200 sampai 1000 psi (1380 sampai 6900 kN/m<sup>2</sup>). Pada waktu pemadatan dilapangan mula-mula pada awal lintasan bagian tanah yang dipadatkan ialah bagian sebelah bawah dari "lift".

Penggilas getar sangat berfaedah untuk pemadatan tanah berbutir (pasir, kerikil, dan sebagainya). Alat getar dapat dipasang pada penggilas besi berpermukaan rata, penggilas ban-karet atau penggilas kaki kambing untuk menghasilkan getaran pada tanah. Getaran dihasilkan dari berputarnya suatu beban yang tidak sentris.

Pelat penggetar yang dioperasikan dengan tangan sangat efektif dalam pemadatan tanah berbutir bila ruang gerak yang tersedia sangat terbatas. Model pelat penggetar seperti ini ada yang dilengkapi dengan mesin yang dapat menggetarkan beberapa pelat sekaligus. Mesin seperti ini dapat digunakan ditempat-tempat dimana ruang geraknya lebih leluasa tetapi tidak cukup leluasa untuk penggilas getar yang besar.

Disampin jenis tanah dan kadar air, masih ada beberapa faktor lain yang harus diperhatikan dalam mendapatkan berat volume pemadatan yang diinginkan dilapangan. Faktor tersebut meliputi tebal " lift" ( satu lapisan tanah yang dipadatkan), intensitas tekkanan diasilkan oleh alat pemadat, dan besar luasan muka tanah akan berkurang menurut kedalamannya. Selama pemadatan, berat volume kering dari tanah juga berubah menurut banyaknya jumlah lintasan

penggilas. Berat volume kering dari tanah pada kadar air tertentu akan meningkat (dengan makin bertambahnya jumlah lintasan penggilas) sampai pada suatu titik tertentu. Setelah itu, kepadatan tanah akan menjadi konstan. Umumnya, kira-kira 10 sampai 15 lintasan sudah akan menghasilkan berat volume kering maksimum yang secara ekonomis dapat dicapai.

## 2.7 Tanah Dasar

Tanah dasar merupakan pondasi bagi perkerasan, baik perkerasan pada jalur lalu-lintas maupun pada bahu. Dengan demikian, maka tanah dasar harus mampu memikul beban kendaraan yang disalurkan oleh perkerasan. Disamping harus mempunyai kekuatan, tanah dasar juga harus mempunyai stabilitas volume akibat pengaruh lingkungan, terutama air. Karena kekuatan stabilitas volume sangat dipengaruhi air, pengendalian air (drainase) merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pekerjaan tanah dasar. Untuk keperluan disain perkerasan berdasarkan pendekatan empiris, parameter kekuatan tanah dasar yang populer digunakan adalah CBR, meskipun dewasa ini ada kecenderungan diganti modulus resilien.

Pada kasus yang sederhana, tanah dasar terdiri atas tanah asli tanpa perlakuan, sedangkan pada kasus lain yang lebih umum, tanah dasar terdiri atas tanah asli padang alian atau bagian atas timbunan yang dipadatkan. Oleh karena itu, maka tanah dasar dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu tanah dasar pada galian tanah biasa, tanah dasar pada galian batuan serta tanah dasar pada timbunan.

Sejauh ini informasi yang ada umumnya menunjukkan bahwa dalam arah vertikal, tanah dasar mempunyai tebal yang tidak jelas. Namun demikian, terdapat informasi yang menyatakan bahwa tebal tanah dasar sekitar 1 meter. Tebal tersebut nampaknya didasarkan pada salah satu persyaratan letak permukaan air tanah yang dipandang tidak mempengaruhi kinerja tanah dasar, yaitu harus sekurang-kurangnya 1,2 meter dibawah permukaan tanah dasar. Ketentuan mengenai tebal tersebut diperlukan dalam rangka menentukan kekuatan CBR, apabila tanah dasar terdiri atas lapisan-lapisan mempunyai kekuatan yang berbeda.

## 2.8 Kapur

Kapur merupakan salah satu material untuk pembangunan yang telah banyak dipakai oleh manusia. Sejak lama campuran lempung-kapur telah banyak dipakai sebagai bahan bangunan. Di Amerika sejak tahun 1920-an stabilitas tanah dengan kapur telah dipakai untuk membangun jalan tanpa perkerasan, yaitu untuk mencegah terjadinya alur-alur dan desinterasi permukaan jalan.

Kapur adalah kalsium oksida (CaO) yang dibuat dari batuan karbonat yang dipanaskan pada suhu sangat tinggi. Kapur tersebut umumnya berasal dari batu kapur (*limestone*) atau dolomite. Penambahan kapur dalam tanah merubah tekstur tanah. Tanah lempung berubah menjadi berkelakuan mendekati lanau atau pasir, akibat penggumpalan partikel. Pencampuran tanah dengan kapur memperlihatkan penurunan secara signifikan partikel berukuran lempung ( $<0,002$  mm) dibandingkan dengan lempung aslinya,

Kapur berasal dari batu kapur alami, dan tipe kapur tertentu yang berbentuk, tergantung pada material induk dan proses produksinya. Batu kapur terbentuk dari kalsium, dan oksien sedang dolomite mengandung zat kimia yang sama ditambah magnesium.

SNI 03-4147-1996 membagi tipe kapur menjadi empat macam:

- a) Kapur tipe I, yaitu kapur yang mengandung kalsium hidrat tinggi; dengan kadar magnesium oksida (MgO) paling tinggi 4%
- b) Kapur tipe II, yaitu kapur magnesium atau dolomite yang mengandung magnesium oksida lebih dari 4% dan maksimum 36% berat
- c) Kapur tohor (CaO), yaitu hasil pembakaran batu kapur pada suhu  $\pm 90^{\circ}$  F, dengan komposisi sebagian besar kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>).
- d) Kapur padam, yaitu kapur dari asil pemadaman kapur tohor dengan air, sehingga terbentuk hidrat Ca(OH)<sub>2</sub>

## 2.9 Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Lapisan tanah yang akan dipakai sebagai lapisan sub-base atau sub-grade suatu konstruksi jalan pada umumnya memerlukan proses pemadatan agar mampu menerima beban sesuai dengan yang direncanakan. salah satu cara untuk mengukur kekokohan (bearing) lapisan tanah adalah pengujian California Bearing Ratio (CBR).

Prinsip dasar dari pengujian CBR adalah membandingkan besarnya beban (gaya) yang diperlukan untuk menekan torak dengan luas penampang 3 inch<sup>2</sup> ke dalam lapisan perkerasan sedalam 0,1 inch (2,54 mm) atau 0,2 inch (5,08 mm) dengan beban standart. Oleh karena itu, kekokohan lapisan perkerasan dinyatakan

dalam “kekokohan relatif” atau persen kekokohan. Besarnya beban standart untuk penetrasi 0,2 inch adalah 3000 lbs (pound) atau sekitar 1350 kg, sedangkan besarnya beban standart untuk penetrasi 0,2 inch adalah 4500 lbs atau sekitar 2025 kg.

Satu hal yang perlu diingat bawah pengujian CBR hanya mengukur kekokohan relatif dari lapisan permukaan tanah, karena diameter penampang torak yang dipergunakan hanya sekitar 5,96 cm, sehingga daerah (volume) lapisan tanah dibawah torak yang terpengaruh tekanan (*stress bulb*) hanya dipermukaan.



**Gambar 2.8. Alat pengujian CBR**

*Sumber: google.com*

## 2.10 Bahan Padat Dalam Tanah

Bahan padat dalam tanah terdiri dari atas campuran bahan yang dihasilkan dari pelapukan fisik dan kimia batuan serta bahan organik yang terdiri atas hasil pembusukan sisa-sisa tumbuhan atau binatang. Ditinjau dari asal kejadian dan sifatnya, kedua kelompok bahan tersebut sangat berbeda sehingga perlu ditinjau secara terpisah.

### 2.10.1 Bahan Organik

Bahan organik berasal dari tumbuhan atau binatang mati yang kemudian membusuk, baik melalui proses kimia ataupun kegiatan bakteri. Fraksi yang berasal dari binatang volumenya relatif sedikit dan cenderung tidak terakumulasi dalam tanah, karena sisa binatang cepat membusuk dan hasil pembusukan merupakan makanan bagi tumbuhan yang masih hidup. Disisi lain, fraksi yang berasal dari tumbuhan volumenya besar dan tetap berada pada tanah untuk jangka waktu yang panjang, karena proses pembusukan memerlukan waktu yang lama. Volume kedua jenis bahan organik dalam tanah tergantung pada pasokan dari organisme yang mati serta produk pembusukan (yang mungkin dipindahkan).

Karena berasal dari organisme yang hidup pada atau dekat dengan permukaan tanah, dalam kondisi normal, bahan organik cenderung berkumpul pada bagian permukaan yang mempunyai tebal 2 sampai 12 inci ( 5 sampai 30 cm). Namun demikian, peluluhan pada tanah berpasir kemungkinan akan mengakibatkan terendapkannya bahan organik dibagian yang lebih dalam. Distribusi endapan organik seperti pit, lignit atau batu bara dikondisikan oleh faktor-faktor geologi sehingga dapat terletak jauh di bawah permukaan.

Komposisi bahan organik tergantung pada kelembatan tumbuhan serta tingkat pembusukan. Dengan demikian, pada tanah di hutan, sebagian besar bahan organik berasal dari ranting dan daun, sedangkan pada tanah dipadang rumput, bahan organik terutama berasal dari daun dan akar rumput-rumputan. Pada beberapa kasus, bahan organik mungkin mengandung sisa tumbuhan yang masih dapat dilihat, sedangkan pada kasus yang lain, pembusukan telah terjadi sedemikian rupa sehingga struktur asli tumbuhan sudah lenyap dan hanya meninggalkan bahan berwarna gelap yang disebut “humus”. Bahan organik dan humus hasil pembusukan yang baru mempunyai karakteristik yang berbeda dengan bahan organik kelompok pertama. Ditinjau dari fisik atau kimia, kelompok pertama (terdiri atas partikel makro atau serat) masih dalam keadaan aslinya, sedangkan humus bersifat asam dan koloidal serta mempunyai kapasitas yang besar untuk menukar basa dan menyerap air sehingga dapat merubah volume yang sangat besar. Bahan organik yang kedua tersebut dipandang merupakan bahan kompleks yang berasal dari lignin dan protein tumbuhan dimana komposisi rincian antara tanah yang satu dengan tanah yang lain berbeda.

Bahan organik mempunyai sifat teknis yang tidak menguntungkan, karena strukturnya yang terbuka mirip busa serta bahannya yang secara mekanis lemah. Apabila dibebani atau kadar airnya berubah, bahan tersebut mudah mengalami perubahan volume; kadar air aslinya juga sangat tinggi (100 sampai 500%) sehingga stabilitas mekanisnya sangat rendah. Sifat asam cenderung menimbulkan reaksi asam dengan air dan selanjutnya dapat menimbulkan karat pada logam yang ditanam pada tanah.

Tanah yang mengandung banyak bahan organik perlu dibuang. Apabila hal tersebut tidak memungkinkan (sebagai mana halnya terdapat endapan pit yang tebal) dan relokasi jalan tidak mungkin dilakukan, maka cara mengatasinya pada pekerjaan jalan yang akan melayani lalu-lintas ringan adalah dengan memasang karpet atau memilih bahan jalan yang ringan sehingga jalan seolah-olah terapung.

Sejauh ini belum diketahui konsentrasi bahan organik yang mulai dapat mempengaruhi karakteristik tanah. Pengaruh secara kimia telah ditunjukkan pada stabilisasi semen terhadap tanah yang mengandung sekitar 0,5% berat bahan organik, tetapi karakteristik fisik tanah biasanya tidak terpengaruh apabila kandungan bahan organiknya dibawah 2 sampai 4%.

### **2.10.2 Bahan Anorganik**

Bahan anorganik atau komponen mineral biasanya merupakan bagian terbesar tanah. Bahan tersebut berasal dari berbagai jenis batuan yang terbentuk pada kulit bumi, yaitu melalui proses pembentukan tanah atau proses “pedogenik”, baik secara fisik maupun kimia.

Pelapukan fisik atau pelapukan primer mencakup penghancuran batuan sebagai akibat adanya perbedaan pemuaihan dan penyusutan yang mengikuti perubahan suhu serta proses glasial dan abrasi batuan oleh angin dan air sehingga menghasilkan partikel-partikel. Proses pelapukan sekunder pada dasarnya berlangsung secara kimia yang terjadi melalui peluluhan oleh air yang mengandung karbon dioksida sehingga terjadi pemindahan berbagai bahan kimia keberbagai zona tanah. Sifat bahan hasil proses pelapukan fisik dan kimia di

pengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ; batuan induk, cuaca, topografi, tumbuh-tumbuhan masa geologi.

Bahan mineral dalam tanah biasanya terjadi dalam bentuk berbagai jenis partikel padat, dimana karakteristik fisik tanah yang didominasi oleh bahan anorganik merupakan pencerminan daripada sifat-sifat partikel-partikel tersebut. Beberapa sifat penting daripada partikel adalah ukuran, bentuk dan kandungan mineralnya.

Ukuran dan bentuk partikel sampai tingkat tertentu merupakan fungsi kandungan mineral, misal, pada tanah yang mengandung mika, struktur partikel adalah laminar. Mineral yang sangat keras (misal kwarsa) mempunyai bentuk butir yang kuramb bulat dibandingkan dengan bentuk butir mineral yang lebih lunak, meskipun dibawah kondisi pelapukanyan sama. Mineral lempung almunium silikat yang terdiri atas kaolin dan montmorilonit terjadi hanya dalam ukuran yang halus, kemungkinan sebagai akibat modus pembentukannya.

Sifat-sifat yang paling berpengaruh teradap karakteristik fisik partikel adalah ukuran butir, yang dievaluasi melalui distribusi butir. Karena tidak mungkin dilakukan untuk setiap butir, maka penentuan ukuran butir dilakukan menurut volume/berat butir yang ukuran tersebut dinyatakan dengan istilah “diameterbutir ekivalen” (“equivalent particle diameters”) dimana butiran di anggap bulat. Ukuran diantara dua batas disebut “fraksi” tanah dan diberi nama sesuai dengan jenis tanah yaitu; pasir, lanau, lempung.

Berbagai sistem batasan ukuran butir telah dikembangkan oleh para ahli, sesuai dengan keperluan berbagai cabang teknologi tanah, diantaranya adalah:

- Fraksi kerikil = butiran berdiameter ekuivalen antara 60 dan 2,0mm
- Fraksi pasir = butiran berdiameter ekuivalen antara 2,0 dan 0,06mm
- Fraksi lanau = butiran berdiameter ekuivalen antara 0,06 dan 0,002mm
- Fraksi lempung = butiran berdiameter ekuivalen lebih kecil dari 0,002mm

Untuk pasir dan lanau, fraksi diatas dapat dibagi lagi menjadi fraksi kasar, medium dan alus. Setiap fraksi mempunyai karakteristik spesifik dan sifat tersebut akan ditunjukkan oleh tanah yang didominasi oleh fraksi yang terkait.

## 2.11 Penurunan Konsolidasi

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Beberapa atau semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Secara umum, penurunan (settlement) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar yaitu :

1. Penurunan konsolidasi (consolidation settlement), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya yang menempati pori-pori tanah

2. Penurunan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kerin, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.

Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan akan naik secara mendadak. Pada tanah berpasir yang sangat tembus air (*permeable*), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori keluar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah; berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu. Karena air pori didalam tanah berpasir dapat mengalir keluar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi bersamaan.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung jenuh air yang mampumampatan (*compressible*) diberi penambahan tegangan, maka penurunan (*settlement*) akan terjadi dengan segera. Koefisien rembesan lempung adalah sangat kecil dibandingkan dengan koefisien rembesan pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat laun dalam waktu sangat lama. Jadi untuk tanah lempung-lembek perubahan volume yang disebabkan oleh keluarnya air dari dalam pori (yaitu konsolidasi) akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih lambat serta lama dibandingkan dengan penurunan segera.

## **BAB III**

### **METODOLOI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Medan Sumatra Utara. Dan tanah yang di ambil dari daerah galang.

#### **3.2 Metode penelitian**

Metode digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan didalam ataupun diluar laboratorium. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui stabilisasi tanah merah dengan campuran kapur batuterhadap nilai CBR.

#### **3.3 Teknik Pengumpulan Data**

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

### 3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada, misalnya dengan mengadakan penelitian atau pengujian secara langsung. Dalam penelitian ini data primer adalah hasil penelitian uji CBR.

### 3.3.2 Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dengan melakukan perbandingan dari berbagai literature dan instansi terkait dimana penulis dapat mengambil segala aspek dan teori dari rumusan yang diperlukan. Dalam pengambilan data sekunder, dapat dilakukan dengan cara sesi tanya jawab/wawancara kepada staff ahli pelaksana/pengawas yang berada dilaboratorium atau berada dilapangan, dan juga dapat mengutip dari berbagai sumber literature.

## 3.4 Pekerjaan Persiapan

Adapun pekerjaan persiapan didalam study kasus ini terdiri dari pengambilan benda uji dan pengumpulan data. Benda uji yang diambil adalah tanah merah, Sampel yang sudah diambil terlebih dahulu dikeringkan secara alami, melalui sinar matahari sampai kering permukaan dan dilakukan pengujian laboratorium.

### 3.5 Pemeriksaan sifat fisik dan Mekanis tanah

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

Pengujian dilaboratorium diperlukan untuk mendapatkan data tentang jenis dan sifat-sifat tanah yang lebih akurat dalam pemeriksaan tanah. Pengujian yang dilakukan dilaboratorium Mekanika tanah yang mengacu pada ASTM Standart (*American Standart Test and Material*) yang sesuai dengan alat yang tersedia dilaboratorium.

Sifat Fisik tanah :

1. Bahan induk tanah
2. Tekstur tanah
3. Kepadatan tanah
4. Porositas tanah
5. Temperatur tanah
6. Warna tanah
7. Konsistensi tanah

## Sifat Mekanis tanah

1. Kuat geser tanah
2. Sudut geser dalam
3. Nilai kohesi tanah

### 3.5.1 Analisa Ayakan

Analisa ayakan adalah metode yang dipakai untuk menentukan penyebaran (distribusi) butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih besar dari 0,075 mm ( ayakan No. 200 *American Society for Testing and Materials*, ASTM). Ukuran ayakan yang umum dipakai untuk menentukan distribusi butiran tanah adalah *American Society for Testin and Materials* (ASTM,1981), *Britis Standard* (BS 410:BS 1377,1975), dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Ukuran lubang dari beberapa standar dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Diameter lubang Ayakan beberapa standart

<i>American Society for Testin and Materials, ASTM</i>		AASHTO	<b>Britis Standard (BS 410:BS 1377,1975)</b>	
No ayakan	Ukuran lubang(mm)	Ukuran lubang(mm)	No ayakan	Ukuran lubang(mm)
No. 4	4,76	4,75		
No. 6	3,35			
No. 8	2,36	2,36	No. 8	2,057

No.10	2,00			
No.16	1,18	1,18	No.16	1,003
No. 20	0,841			
No. 30	0,595	0,600	No.30	0,500
			No. 36	0,422
No.40	0,425			
No. 50	0,300	0,300	No.52	0,295
No. 60	0,250		No.60	0,251
No. 80	0,150		No.85	0,178
No.100	0,180	0,150	No.100	0,152
No. 140	0,106			
No.170	0,088	0,090		
No. 200	0,075	0,075	No.200	0,075

Sumber: gogot setyo budi, (penujian tanah dilaboratorium)

### 3.5.2 Pengujian Batas Atterberg (*Atterberg Limits*)

Seperti diketahui bahwa konsistensi (*consistency*) tana lempun (*clays*) beruba seirin denan perubahan kadar airnya. Tana lempun akan menjadi lebi lunak apabila kadar airnya meningkat dan sebaliknya akan meneras bila kadar airnya berkurang.

#### 1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

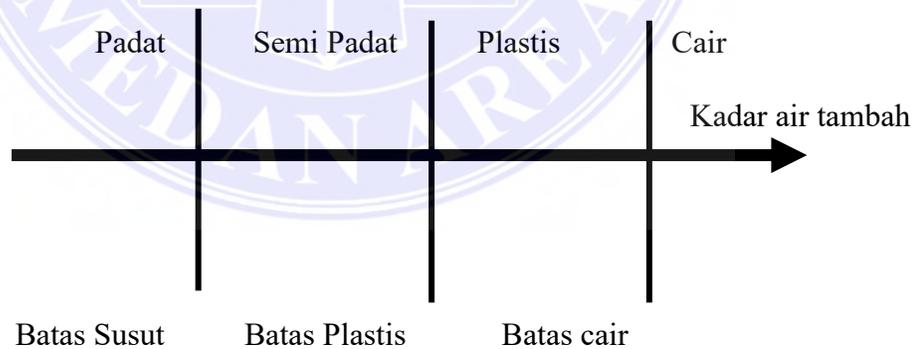
Batas cair (*Liquid Limit*) didefinisikan sebagai kadar air (*water content*) yang terkandung didalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan plastis

## 2. Batas Plastis (Plastic limit)

Batas Plastis didefinisikan sebagai kadar air didalam 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 almhiah berada dalam kondisi plastis. Batas atas batas bawah dari rentang kadar air dimana tanah masih bersifat plastis berturut-turut disebut batas cair (Liquid Limit) dan batas plastis (Plastic Limit). Rentang kadar air itulah didefinisikan sebagai indeks plastisitas (Plasticity Index) dimana :



**Gambar 2.2 Batas-batas Atterberg**

*Sumber: Braja M. Das, 1988*

### 3.5.3 Pengujian Kadar Air Tanah

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air dengan berat tanah. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan kadar air yang terkandung didalam suatu contoh tanah.

Prosedur pengujian :

1. Timbang beberapa cawan aluminium kosong (bersih dan kering) kemudian catat beratnya masing-masing menurut kode yang tercantum dicawan ( $W_1$ )
2. Masukkan contoh tana basah kedalam cawan aluminium dan timbang ( $W_2$ )
3. Masukkan cawan yang berisi tanah kedalam oven yang mempunyai temperatur  $105 \pm 5^0$  C dan biarkan selama 24 jam.
4. Keluarkan cawan yang berisi contoh tanah dari oven, dinginkan beberapa saat dan timbang( $W_3$ )
5. Hitung kadar air tanah dengan perumusan :

$$W_c = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - w_2} \times 100\% \quad \text{.....pers 3.1}$$

### 3.5.4 Pengujian Berat Jenis Tanah ( *Specific Gravity Test* )

Berat jenis tanah ( *Specific Gravity Test* ) adalah perbandingan (rasio) antara berat satuan bahan dan berat satuan air.

Prosedur pengujian :

1. Timbang piknometer kosong dan kering ( $W_1$ )
2. Masukkan contoh tanah kedalam piknometer yang sudah diketahui beratnya ( $W_1$ ). Dan timbang piknometer yang berisi tanah ( $W_2$ ). Untuk tanag lempung sebaiknya ditumbuk agar butiran tanah terpisah antara yang satu dengan yang lain.
3. Masukkan air suling kedalam piknometer yang berisi tanah sampai hampir penuh
4. Hisap piknometer yang berisi air dan tanah dengan menggunakan pompa hisap (*vacuum punp*), sampai tidak ada gelembun udara
5. Tambahkan air suling kedalam pikno meter sampai batas penuh
6. Timbang berat piknometer yang berisi tanah dan air ( $W_3$ )
7. Kosongkan dan bersihkan piknometer, lalu isi kembali piknometer dengan air suling sampai hampir penuh dan hisap dengan pompa penghisap sampai tidak ada gelembung udara didalam air.
8. Penuhi piknometer dengan air suling sampai batas penuh dan timbang ( $W_4$ )
9. Specific Gravity ( $G_s$ ) tanah dapat ditentukan dengan perumusan :

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} \quad \text{.....pers 3.2}$$

### 3.5.5 Pengujian Pemadatan Tanah

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

Proses pemadatan dilaboratorium adalah usaha untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum pada energi yang standart, dengan jalan memberikan kadar air yang optimum. Pemadatan yang digunakan dengan menggunakan beban standart berdasarkan ASTM D-1586 (1998) dan AASHTO (1982). Hasil yang diperoleh dari pengujian pemadatan biasanya dipresentasikan dalam bentuk grafik hubungan antara berat-volume tanah dalam keadaan kering (*dry density*) dan kadar air (*moisture content*).

Prosedur pengujian standard Proctor :

1. Siapkan beberapa cawan aluminium kosong dan bersihkan, timbang dan catat berat masing-masing
2. Timban berat tabung proctor (*mold*), tanpa alas dan collar
3. Siapkan contoh tanah yang akan ditentukan kepadatannya (beratnya sekitar 3-4 kg) dan keringkan didalam oven selama 24 jam
4. Keluarkan contoh tanah dari oven, biarkan hingga dingin, tambakan air sekitar 3% dari berat tanah kering dan aduk sampai rata

5. Masukkan tanah secukupnya kedalam tabung silinder yang telah dipasang collar, sehingga volume tanah setelah ditumbuk kira-kira 1/3 volume tabung
6. Tumbuk tanah didalam tabung secara merata sebanyak 25 kali
7. Tambahkan tanah kedalam tabung silinder, sehingga volume tanah setelah ditumbuk sebanyak 25 kali menjadi 2/3 volume tabung
8. Tambahkan tanah kedalam tabung sampai penuh (mendekati tinggi collar) dan tumbuk sebanyak 25 kali. Pastikan bawah permukaan tanah didalam tabung (mold, tanpa collar)
9. Lepas collar dengan hati-hati agar tanah dalam collar tidak terpotong
10. Ratakan tanah dipermukaan tabung sedatar mungkin, lepas bagian alas tabung, dan timbang (mold dan tanah)
11. Keluarkan tanah dari dalam tabung (mold)
12. Ambil contoh tanah bagian atas, tengah, dan bawa tabung, masukkan kedalam cawan yang telah ditentukan beratnya, untuk menentukan kadar airnya
13. Timbang cawan dan contoh tanah, masukkan kedalam oven pada temperatur  $105^0 \pm 5^0$  C selama 24 jam
14. Pecakan tanah yang menggumpal setelah dikeluarkan dari tabung Proctor

15. Tambahkan air (sekitar 3%) kedalam contoh tanah yang dikeluarkan dari tabung (langkah 11) dan aduk hingga rata, kemudian ulangi 5 sampai 14
16. Ulangi langka 15 beberapa kali
17. Penambahan air dihentikan bila berat tabung dan tanah setelah ditumbuk lebih kecil dari berat tanah dan tabung pada percobaan sebelumnya.
18. Gambarkan grafik hubungan kadar air ( $W_c$ ) dan berat volume kering ( $\gamma_{dry}$ ). Berat volume kering dapat ditentukan dari perumusan sebaai berikut :

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wett}}{1+W_c} \quad \text{.....pers 3.3}$$

### 3.6 Uji California Bearing Ratio ( CBR )

Pengujian CBR adalah membandingkan besarnya beban (gaya) yang diperlukan untuk menekan torak dengan luas penampang 3 inch<sup>2</sup> ke dalam lapisan perkerasan sedalam 0.1 inch (2.54 mm) atau 0.2 inch (5.08 mm) dengan beban standart. Pengujian CBR bertujuan untuk menentukan kekokohan permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai sebagai sub-base (urugan) atau sub grade (lapisan tanah dasar) konstruksi jalan.

Prosedur pengujian kering :

1. Tentukan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum contoh tanah, yang di peroleh dari standart proctor
2. Timbang berat tabung (mold) CBR, tanpa alas dan collar
3. Siapkan contoh tanah yang akan diuji kekokohannya dan keringkan didalam oven selama 24 jam
4. Keluarkan contoh tanah dari oven, biarkan hingga dingin, kemudian tambakan air sampai kadar air optimum dan aduk sampai rata
5. Masukkan tanah secukupnya kedalam tabung silinder CBR yang telah dipasang collar, sehingga volume tanah setelah ditumbuk kira-kira tinggal 1/5 volume tabung
6. Tumbuk tanah didalam tabung secara merata sebanyak 56 kali dengan memakai penumbuk (rammer) seberat 10 lbs(4,5 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 45 cm
7. Ulangi langkah 5 dan 6 sebanyak 5 kali sampai tanah didalam tabung penuh dan permukaannya rata
8. Taruh beban standart seberat 10 lbs (berupa lempengan logam yang berlubang ditengahnya) di atas permukaan tanah didalam tabung CBR
9. Letakkan tabung yang berisi tanah dan beban standar pada mesin penekan, dan atur ketinggian agar torak penekan yang mempunyai

luas penampang 3 inc<sup>2</sup> (diameter 4,96 cm) melewati lubang beban standar dan duduk tepat diatas permukaan contoh tanah

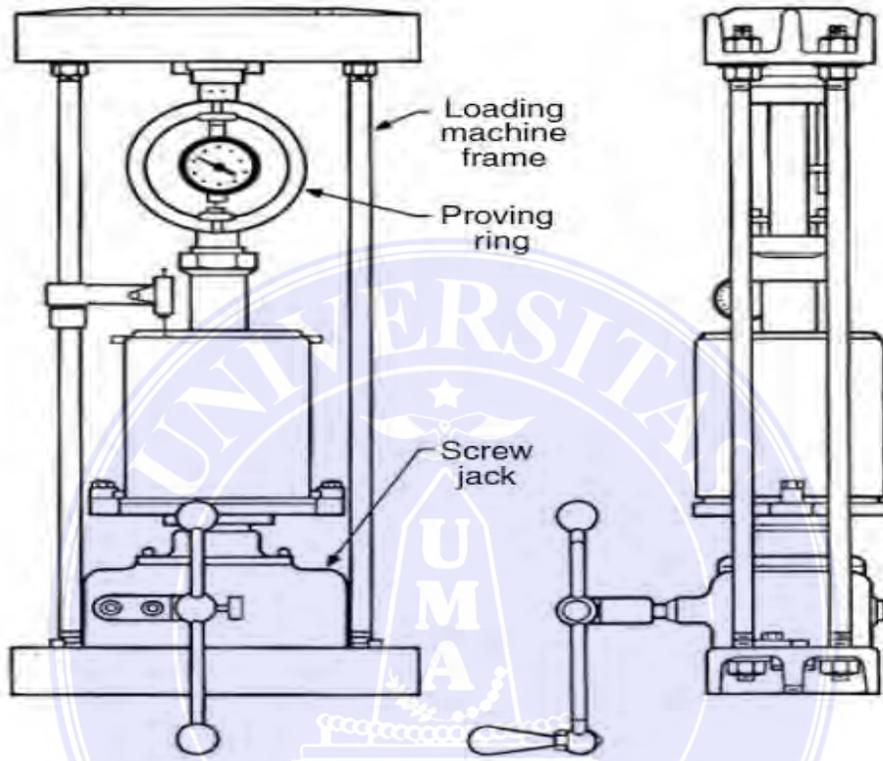
10. Pasang dan atur dial penurunan agar jarum penunjuk tepat pada posisi nol
11. Jalankan mesin penekan dengan kecepatan 0,05 inc permenit
12. Lakukan pembacaan (pencatatan) gaya yang terjadi setiap penetrasi 0,025 inc
13. Gambar grafik hubungan antara penetrasi dan gaya tekan yang terjadi
14. Hitung nilai CBR dengan perumusan :

$$CBR_{0,1"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,1" [lbs]}{3000 [lbs]} \times 100\% \quad \text{.....pers 3.4}$$

Atau dengan perumusan :

$$CBR_{0,2"} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,2" [lbs]}{4500 [lbs]} \times 100\% \quad \text{.....pers 3.5}$$

Gambar 3.1 Alat uji CBR



sumber : [www. Google.com](http://www.Google.com)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari seluruh hasil percobaan yang dilakukan pada percobaan penelitian penambahan kapur batu pada tanah merah, penulis mendapatkan hasil nilai California Bearing Ratio dengan variasi pengujian 0%, 15%, 30% berturut-turut adalah sebagai berikut : 6.1%, 64%, 83,5%. Dari hasil nilai California Bearing Ratio maka penulis dapat menyimpulkan bahwa penambahan kapur batu pada campuran tanah merah pada percobaan ini ternyata menaikkan nilai California Bearing Ratio, yang dalam artian penambahan kapur pada tanah meningkatkan kekuatan dari tanah tersebut.

#### 5.2 Saran

Adapun beberapa hal yang penulis amati dan perlu diperhatikan kedepannya didalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Didalam percobaan pemadatan laboraorium, sebaiknya teknik pemukulan tanah diperhatikan.
2. Kadar air tanah selalu diusahakan akurat dalam pengukurannya, sebab sangat berpengaruh terhadap nilai kepadatan kering tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Australian Stabilisation Industry Association, 2008. *Lime Stabilisation Practice*, Australia.
- Balai Geoteknik Jalan, 2009. *Modul Pengendalian Mutu Pekerjaan Tanah*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Das Braja M, 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M, 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Standar Konstruksi Bangunan Indonesia*. No.378/KPTS/1987. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. *Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil*, 2007. *Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum *Pelaksanaan Stabilisasi Bahan Jalan Langsung di Tempat dengan Bahan Serbuk Pengikat*, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2006. *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Herina Silvia, 2005. *Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi untuk Stabilisasi Tanah dalam Sistem Pondasi di Tanah Ekspansif*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, 2003, *Laporan Akhir Pengembangan Panduan Konstruksi Jalan di Atas Tanah Ekspansif*.
- Bidang Geoteknik di Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi Departemen Pekerjaan Umum.
- Vorobieff George, 2003. *A New Approach To Pavement Design Using Lime Stabilised Subgrades*, Australia.
- Wiqoyah Qunik, 2006. *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.



Pengeringan Alami sampel



Uji Analisa Saringan



Uji Batas Aterberg



Penimbangan Sampel



Alat Uji Pematatan Modified



Cetakan Sampel CBR Laboratorium



Pengujian CBR Laboratorium



Hasil Sampel Pengujian CBR Laboratorium