



**PENGARUH USAHA PEMADATAN TETAP PADA  
PERUBAHAN KANDUNGAN AIR TERHADAP NILAI  
CBR LABORATORIUM TANAH DASAR (*SUBGRADE*)  
DI JALAN PENAWANGAN-PURWODADI**

**SKRIPSI**

Disajikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan

oleh

Dessy Rusmi Wuryanti  
5101405032

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2010**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Pengaruh Usaha Pemasatan tetap pada Perubahan Kandungan Air Terhadap Nilai CBR Laboratorium Tanah Dasar (subgrage) di Jalan Penawangan – Purwodadi”. Telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi.

Pembimbing I

**Drs. Lashari, MT**  
NIP. 19550410 198503 1 001

Semarang, 10 Februari 2010

Pembimbing II

**Untoro Nugroho, ST,MT**  
NIP. 19690615 199702 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

**Ir. Agung Sutarto, MT**  
NIP. 19610408 199102 1 001

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 17 Februari 2010

**Dessy Rusmi Wuryanti**  
NIM 5101405032



## PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 17 Februari 2010.

Panitia Ujian Skripsi:

Ketua

Sekretaris

**Ir. Agung Sutarto, MT**

NIP. 19610408 199102 1 001  
Pembimbing I

**Aris Widodo, S.Pd, MT**

NIP. 197102071999031001  
Penguji I

**Drs. Lashari, MT**

NIP. 19550410 198503 1 001  
Pembimbing II

**Hanggoro Tricahyo, ST, MT**

NIP. 19750529 200501 1 001  
Penguji II

**Untoro Nugroho, ST, MT**

NIP. 19690615 199702 1 001

**Drs. Lashari, MT**

NIP. 19550410 198503 1 001  
Penguji III

**Untoro Nugroho, ST, MT**

NIP. 19690615 199702 1 001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

PERPUSTAKAAN

UNNES

**Drs. Abdurrahman, M.Pd**

NIP. 19600903 198503 1 002

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO:

- ❑ *Hidup adalah sebuah perjuangan.*
- ❑ *Ilmu adalah bekal didunia, sedangkan ibadah adalah kewajiban manusia. Keduanya harus seimbang sebagai modal untuk meraih kebahagiaan di dunia dan akhirat.*
- ❑ *Masalah dan cobaan yang sengaja Allah berikan pada kita dikarenakan Allah menyayangi kita sebagai hamba-Nya, dan yakinlah bahwa setiap persoalan pasti ada jalan keluarnya. Allah tidak akan memberikan cobaan melebihi kemampuan hambanya.*
- ❑ *Berpikir positif dalam aktivitas dan mengawali dengan do'a serta niat yang baik, merupakan langkah awal menuju kesuksesan.*

### PERSEMBAHAN:

*Skripsi ini kupersembahkan untuk:*

- 1) Tuhan Yang Maha Esa*
- 2) Kedua orang tuaku, Bapak dan Ibu tersayang*
- 3) Adikku, Mirnawati Mulyani, dan Yunita*
- 4) Teman-teman Teknik Sipil UNNES PTB '05.*
- 5) Hadi Supomo thanks for all*
- 6) Almamaterku.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala keberkahan, kenikmatan dan senantiasa melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perubahan Kandungan Air Terhadap Nilai CBR Laboratorium Tanah Dasar (*subgrage*) di Jalan Penawangan – Purwodadi”. Skripsi ini disajikan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program Sarjana Pendidikan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu dan member dukungan moril sehingga memudahkan dalam penyelesaiannya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Drs. Abdurrahman, M.Pd, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Lashari, MT, Pembimbing I.
3. Untoro Nugroho, ST, MT, Pembimbing II.
4. Hanggoro Tricahyo, ST, MT, Penguji utama
5. Ir. Agung Sutarto, MT, Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
6. Teguh Prihanto, ST, MT, Dosen Wali PTB 2005 kelas A.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Sipil, UNNES.
8. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu mendo'akan, memberikan semangat dan mengusahakan biaya kuliah, terimakasih untuk kasih sayang dan pengorbanannya.
9. Pak Amir, mas Lukman, dan Gunawan yang selalu membantu di Laboratorium.
10. Teman-teman seperjuanganku, anak-anak PTB 2005, terus berjuang tanpa patah arang, pastinya selalu di dalam hati dan kalian yang terbaik.
11. Teman-teman kos, Izza, Putri, Farida' mami, Intan, Eva, De", dan anak-anak kost 45 yang lainnya.

12. Sahabat dan kekasihku yang selalu menemaniku saat jatuh dan terpuruk hingga memberikan semangat dan dukungannya hingga terselesaikannya skripsi ini.
13. Kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Semoga kebaikan dan keikhlasan beliau mendapat pahala yang sebesar-besarnya dari Allah SWT, Amin.

Semarang, 17 Februari 2010

Penulis



## ABSTRAK

Wuryanti, Dessy, Rusmi. 2010. *Pengaruh Usaha Pemadatan Tetap pada Perubahan Kandungan Air Terhadap Nilai CBR Laboratorium Tanah Dasar (subgrage) di Jalan Penawangan – Purwodadi*. Skripsi, Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I. Drs. Lashari, MT, Pembimbing II. Untoro Nugroho, ST, MT.

Kata Kunci: Tanah, Kadar Air, CBR.

Tanah dasar merupakan bagian terpenting pada konstruksi jalan raya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan tergantung dari sifat dan daya dukung tanah. Menjaga kestabilan tanah, khususnya kadar air dibutuhkan perhatian lebih. Ketika musim penghujan tanah cenderung bersifat jenuh air. Kejenuhan air berpengaruh terhadap perkerasan jalan, sifat air yang mengalir ke bagian yang lebih rendah dan menyerap/mengalir melalui ruang pori-pori udara menjadikan permukaan jalan mudah terkikis dan berlubang. Kondisi inilah yang umumnya terjadi di perlintasan jalan Penawangan-Purwodadi. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kandungan air pada tanah dasar, karena itu dilakukan pengujian CBR laboratorium.

*California Bearing Ratio* (CBR) merupakan metode yang dipergunakan untuk menentukan tebal lapisan suatu perkerasan jalan. Uji CBR dilakukan untuk pengujian kepadatan tanah melalui usaha (energi) tetap dengan menambahkan kadar air pada kondisi/batas tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan pengujian CBR *unsoaked* (tanpa rendaman) dengan penambahan kadar air yang digunakan pada % dari pengujian pendahuluan yaitu batas Atterberg dan kadar air optimum.

Dari hasil pengujian CBR *unsoaked* (tanpa rendaman), nilai CBR 10,999 % terbesar didapat pada kadar air 20,25 % dan 21,80 % dengan berat volume kering 1,23 g/cm<sup>3</sup> dan 1,24 g/cm<sup>3</sup>, nilai CBR terkecil 0,908 % pada kadar air 73,62 % dan berat volume kering 0,86 g/cm<sup>3</sup>. Besarnya nilai CBR yang dicapai pada penambahan kadar air disebabkan kondisi tanah pada kadar air 20,25 % dalam daerah rentang padat (keadaan keras) sehingga tekanan pada pengujian tinggi yaitu 10,999 %. Penurunan nilai CBR pada penambahan kadar air 73,62 % disebabkan jika tanah lempung telah melewati plastisitasnya, yang terjadi adalah penurunan daya dukung/kekuatan seiring bertambahnya kadar air. Pengaruh kandungan air pada tanah dasar terhadap nilai CBR, dimana kekuatan tanah dasar banyak bergantung pada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya makin kecil nilai CBR dari tanah lempung itu sendiri. Walau demikian, tidak berarti tanah dasar sebaiknya dipadatkan dengan kadar air rendah untuk mendapatkan nilai CBR tinggi, karena air tidak tahan konstan pada nilai rendah.



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN .....	iii
PENGESAHAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi .....	5
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Tanah .....	7
2.1.1 Pengertian Tanah .....	7
2.1.2 Tanah Dasar .....	7
2.1.3 Tanah Lempung .....	9
2.1.4 Tanah Lanau .....	10
2.2 Sifat-sifat Fisik Tanah .....	10
2.2.1 Sistem Klasifikasi Tanah .....	10
2.2.2 Batas-batas Konsistensi .....	16

2.3 Sifat-sifat Mekanis Tanah .....	19
2.3.1 Kadar Air .....	20
2.3.2 Berat Volume Tanah .....	21
2.3.3 Berat Jenis.....	21
2.3.4 Pemadatan Tanah .....	21
2.3.5 CBR ( <i>California Bearing Ratio</i> ).....	27
2.4 Pengaruh Air.....	30
2.5 Penelitian yang berhubungan dengan Nilai CBR Tanah Lempung.....	31

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Persiapan Penelitian .....	36
3.2 Pekerjaan Lapangan .....	36
3.3 Bahan Penelitian .....	37
3.3.1 Tanah .....	37
3.3.2 Air .....	38
3.4 Tempat Penelitian .....	38
3.5 Rancangan Penelitian.....	38
3.6 Persiapan Alat.....	39
3.6.1 Uji Kadar Air .....	39
3.6.2 Berat Jenis Tanah.....	39
3.6.3 Uji Atterberg.....	40
3.6.4 Distribusi Butir Tanah.....	41
3.6.5 Uji Pemadatan .....	42
3.6.6 Uji CBR.....	42
3.7 Pelaksanaan Penelitian.....	43
3.7.1 Tahap Persiapan .....	43
3.7.2 Tahap Penelitian Pendahuluan .....	43
3.7.3 Tahap Penelitian Pokok .....	50
3.8 Analisis Data .....	51

## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

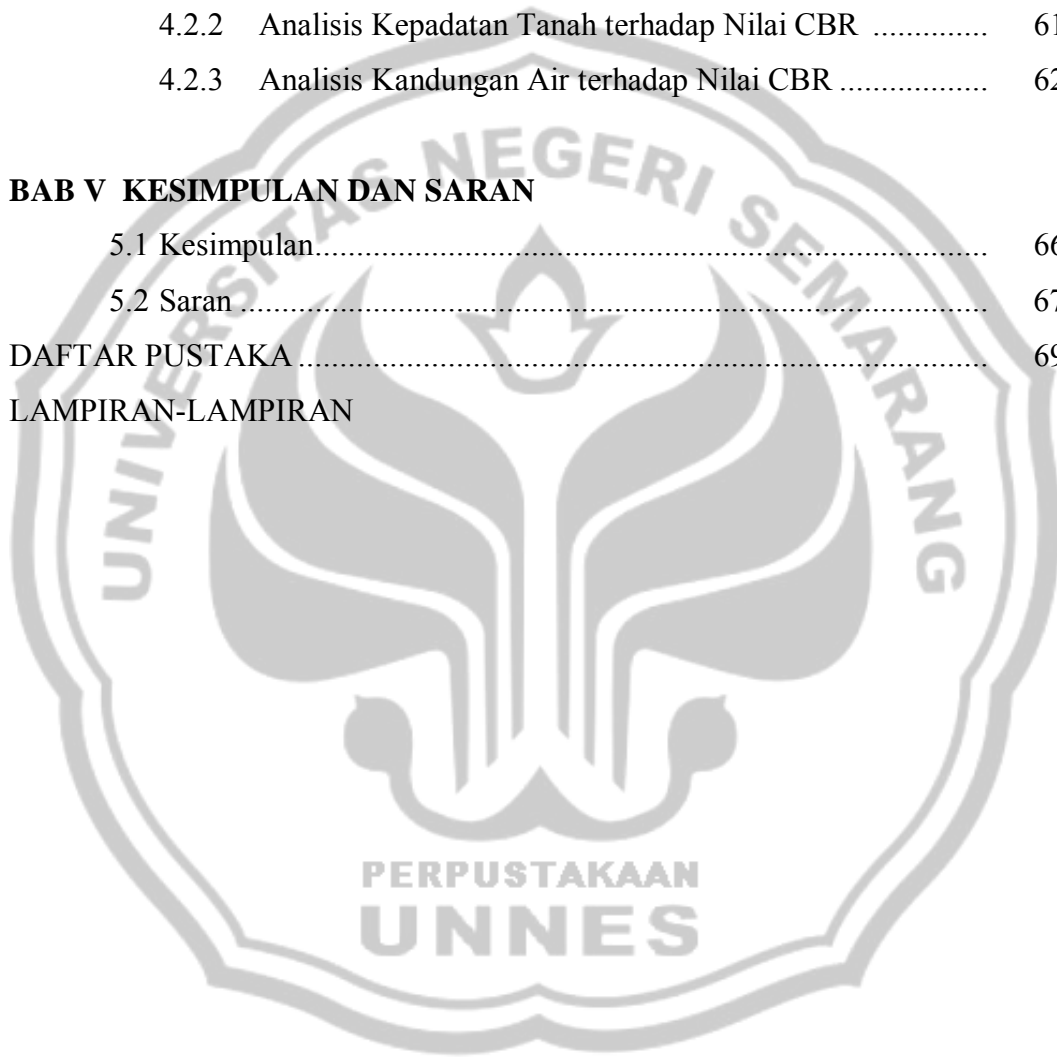
4.1 Hasil Penelitian.....	54
4.1.1 Pengujian Sifat-sifat Fisik Tanah .....	54
4.1.2 Pengujian Sifat-sifat Mekanik Tanah .....	56
4.2 Pembahasan Nilai CBR Tanah .....	59
4.2.1 Analisis Kadar Air terhadap Kepadatan Tanah.....	59
4.2.2 Analisis Kepadatan Tanah terhadap Nilai CBR .....	61
4.2.3 Analisis Kandungan Air terhadap Nilai CBR .....	62

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran .....	67

DAFTAR PUSTAKA.....	69
---------------------	----

LAMPIRAN-LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
Table 2.1	Estimasi nilai CBR laboratorium untuk tanah di Inggris yang dipadatkan pada kadar air asli.....	9
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi Tanah Unified .....	13
Tabel 2.3	Sistem Klasifikasi AASTHO .....	16
Tabel 2.4	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah.....	19
Tabel 2.5	Berat Jenis dari Beberapa Jenis Tanah .....	21
Tabel 2.6	Rangkuman Spesifikasi Uji Pemadatan Laboratorium .....	24
Tabel 2.7	Beban Standar untuk Berbagai Kedalaman Penetrasi .....	27
Tabel 2.8	Perkerasan Jalan Kabupaten, UR 5 dan UR 10 Tahun .....	30
Tabel 3.1	Indikator pada Tahap Penelitian Pokok .....	38
Tabel 4.1	Karakteristik Tanah .....	54
Tabel 4.2	Hasil Pengujian CBR pada Batas Atterberg dan Kadar Air Optimum .....	58

PERPUSTAKAAN  
UNNES

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1	8
Gambar 2.2	15
Gambar 2.3	17
Gambar 2.4	18
Gambar 2.5	19
Gambar 2.6	22
Gambar 2.7	25
Gambar 3.1	37
Gambar 3.2	53
Gambar 4.1	55
Gambar 4.2	56
Gambar 4.3	57
Gambar 4.4	60
Gambar 4.5	61
Gambar 4.6	64

PERPUSTAKAAN  
UNNES

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Data Berat Jenis, Kadar Air, dan Batas Atterberg .....	71
Lampiran II	Data Distribusi Butiran .....	72
Lampiran III	Data Pemadatan Tanah .....	73
Lampiran IV	Data Pengujian CBR .....	74
Lampiran V	Dokumentasi Penelitian .....	84
Lampiran VI	Ijin Penggunaan Laboratorium .....	89



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanah sebagian besar terdiri dari zat-zat mineral yang dibentuk oleh disintegrasi atau dekomposisi batuan. Hampir semua jenis tanah berisikan air yang jumlahnya bervariasi dan dalam keadaan bebas atau dalam bentuk diserap. Kelembaban dalam tanah yang sebagian jenuh merupakan sifat lain yang sangat mempengaruhi kemampuan tanah untuk mengikat partikel-partikel oleh gaya tarik dalam lapisan tipis air. Kandungan air tanah pada struktur jalan raya harus dikendalikan, hal ini dikarenakan untuk menjaga agar kelembaban tetap seimbangan (Oglesby dan Hicks, 1996). Kondisi pengaliran air pada jalan merupakan salah satu faktor yang harus diperhitungkan dalam pembangunan jalan. Air yang berkumpul dipermukaan jalan setelah hujan tidak hanya membahayakan pengguna jalan, tetapi akan mengikis dan merusakkan struktur jalan.

Pada konstruksi jalan raya, tanah dasar atau *subgrade* merupakan bagian yang terpenting, karena pada bagian ini permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah. Tanah dasar pula yang akan mendukung seluruh konstruksi jalan beserta muatan lalu lintas di atasnya. Tanah dasar pula yang

menentukan mahal atau tidaknya suatu pembangunan jalan, karena kekuatan tanah dasar akan menentukan tebal tipisnya lapisan perkerasan.

Kondisi ideal yang diinginkan dari *subgrade* sebagai bahan konstruksi adalah mempunyai daya dukung yang tinggi dan sifat-sifat fisik tanah yang baik. Selain itu kelembapan tanah juga berpengaruh terhadap kondisi kelakuan tanah. Kelembapan yang stabil antara, tanah, air dan udara akan menjadikan sifat-sifat tanah menjadi baik. Hal itu juga berpengaruh terhadap kekuatan dan daya dukung tanah sebagai dasar konstruksi.

Menjaga kestabilan tanah khususnya kadar air dibutuhkan suatu perhatian lebih. Kondisi tanah ketika musim hujan dan kemarau berbeda, ketika musim hujan tiba tanah cenderung bersifat jenuh air. Ini berpengaruh terhadap konstruksi jalan raya, desain permukaan jalan sebenarnya tidak betul-betul rata, sebaliknya mempunyai landaian yang berarah ke selokan di pinggir jalan. Dengan demikian, ketika musim penghujan air akan mengalir kembali ke selokan. Namun tak selamanya air akan mengalir ke selokan, selain sifat air yang mengalir ke bagian yang lebih rendah air juga bersifat menyerap/mengalir melalui ruang pori-pori udara. Sehingga menyebabkan suatu perkerasan terisi air. Hal ini dapat mengikis perkerasan konstruksi dan mengalir hingga lapisan dasar tanah. Menjadikan kejenuhan pada tanah dasar dan menurunkan daya dukung tanah. Ketika itu kondisi perkerasan jalan menurun, terjadi jalan berlubang dan genangan air akan terjadi jika hujan turun.

Jenis tanah dasar di jalan Purwodadi merupakan tanah lempung (*soil clay*) salah satu tanah yang mempunyai daya dukung rendah. Kemampuan tanah



ini dalam menyerap air sangat dipengaruhi oleh kembang susut dan kohesinya. Pada keadaan jenuh air (*saturated*), tanah lempung bersifat sangat kohesif. Sedangkan dalam kondisi kering akan membentuk massa yang bersatu, bersifat keras dan sukar untuk diubah-ubah sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan butiran mikroskopisnya. Karena sifat-sifat yang sensitive tersebut maka bangunan jalan yang terletak di atas tanah lempung sering mengalami kerusakan (Daryanto, 2000).

Dari uraian di atas tersebut yang mendasari penulis mengadakan penelitian dengan judul mengetahui seberapa besar **“Pengaruh Usaha Pematatan Tetap pada Perubahan Kandungan Air Terhadap Nilai CBR Laboratorium Tanah Dasar (*subgrage*) di Jalan Penawangan – Purwodadi”**

## **1.2. Permasalahan**

Berdasarkan uraian di atas permasalahan yang muncul adalah seberapa besar pengaruh kandungan air pada subgrage (tanah dasar) ditinjau dari :

1. Sifat-sifat fisik tanah lempung
2. Pengaruh usaha pematatan tetap pada Perubahan Kandungan Air terhadap Nilai CBR laboratorium.

## **1.3. Batasan Masalah**

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan dan keterbatasan waktu maupun kemampuan maka dilakukan pembatasan masalah yaitu :

1. Tanah yang diteliti adalah tanah yang diambil dari desa Pulorejo yang berada tepat diperlintasan jalan Purwodadi-Penawangan dengan kondisi tanah terusik pada kedalaman 1 meter dibawah permukaan tanah dengan jarak  $\pm 10$  m dari bahu jalan.
2. Energi pemadat yang digunakan dalam pengujian adalah standard proctor.
3. Penelitian sebatas pengaruh kandungan air terhadap sifat fisik dan mekanis tanah ditinjau dari nilai CBR *unsoaked* (tanpa rendaman).

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diharapkan yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh usaha pemadatan tetap pada perubahan kandungan air terhadap kuat dukung tanah dasar yang berupa tanah lempung desa Pulorejo kecamatan Purwodadi kabupaten Grobogan.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Pada uraian diatas adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui kadar air yang sesuai dengan daya dukung tanah dasar untuk jenis tanah di daerah Purwodadi.
2. Dapat dijadikan acuan atau bahan pertimbangan bagi pihak-pihak yang akan melakukan penelitian lebih lanjut khususnya tentang pengaruh kadar air terhadap daya dukung tanah ditinjau dari nilai CBR laboratorium.

## 1.6. Sistematika Skripsi

Dalam penulisan skripsi ini terdiri dari tiga bagian yaitu pendahuluan, isi dan penutup.

Pada bagian pendahuluan berisi tentang judul, inti sari penelitian, pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

Pada bagian isi terdiri dari beberapa bab yang masing-masing menguraikan tentang :

Bab I. Pendahuluan berisi tentang latar belakang, batasan permasalahan, maksud penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penelitian dan keaslian penelitian.

Bab II. Tinjauan pustaka, landasan teori tentang tanah, sifat-sifat fisik tanah, sifat-sifat mekanis tanah, Pengaruh air, dan CBR (*California Bearing Ratio*).

Bab III. Metode Penelitian berisi tentang persiapan penelitian, tempat penelitian, rancangan penelitian, persiapan alat dan bahan penelitian, pelaksanaan penelitian, analisa data.

Bab IV. Hasil dan Pembahasan berisi tentang analisis hasil penelitian.

Bab V. Kesimpulan dan Saran berisi tentang kesimpulan atas hasil penelitian dan saran-saran berkaitan hasil penelitian.

Pada bagian akhir skripsi berisi tentang daftar pustaka, data hasil penelitian dan lampiran-lampiran. Daftar pustaka berisi tentang daftar buku dan

referensi yang digunakan dalam penelitian. Lampiran berisi tentang kelengkapan-kelengkapan skripsi dan analisis data.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tanah**

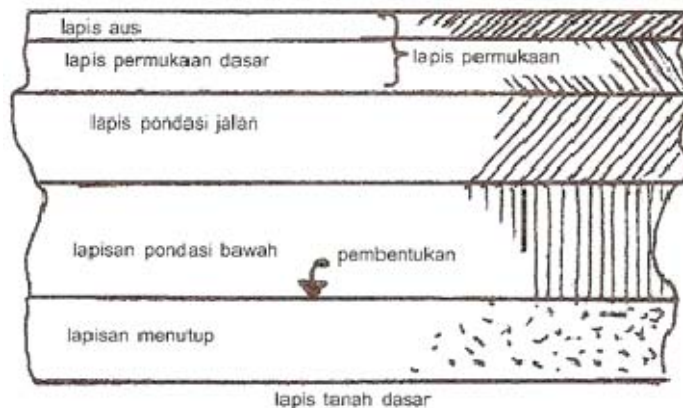
##### **2.1.1. Pengertian Tanah**

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersedimentasi (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 di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995:1).

Secara umum tanah dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu : tanah kohesif dan tanah tak kohesif. Tanah kohesif adalah apabila karakter fisis yang selalu terdapat pada massa butiran tanah pada pembasahan dan pengeringan yang menyusun butiran tanah bersatu sesamanya sehingga sesuatu gaya akan diperlukan untuk memisahkannya dalam keadaan kering, contohnya pada tanah lempung. Tanah tak kohesif adalah berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air, contohnya adalah tanah berpasir ( Bowles, 1991:38).

##### **2.1.2. Tanah Dasar**

Perkerasan umumnya terdiri dari empat lapis material konstruksi jalan di atas lapis tanah dasar seperti ditunjukkan **Gambar 2.1**



**Gambar 2.1** Penampang melintang perkerasan

Definisi dari *pembentukan* adalah permukaan tanah dalam bentuk akhir setelah pekerjaan tanah selesai dan setelah konsolidasi, pemadatan, atau stabilisasi *in situ* (di tempat).

Keempat lapis struktur perkerasan jalan adalah :

1. Lapis pondasi bawah, berfungsi untuk (a) penyebaran beban, (b) drainase bawah permukaan tanah (jika digunakan material drainase bebas), (c) permukaan jalan selama konstruksi.
2. Lapis pondasi jalan, merupakan lapisan utama yang mendistribusikan beban.
3. Lapis permukaan dasar, memberikan daya dukung pada lapis aus dan juga berperan sebagai pelindung jalan.
4. Lapis aus, yang berfungsi (a) menyediakan permukaan jalan yang anti selip, (b) member perlindungan kedap air bagi perkerasan, dan (c) menahan beban langsung lalu lintas.

Istilah lapis dasar digunakan untuk mendefinisikan tanah asli atau timbunan yang langsung menerima beban dari perkerasan di atasnya. Oleh karena itu, lapisan permukaan atas dari lapis tanah dasar adalah (*pembentukan*). Pada

perkerasan baru, lapis penutup dibuat sebagai pelindung lapis tanah dasar dari kerusakan (Wignall A dkk, 2003:80).

Untuk menentukan jenis dan kekuatan lapis tanah dasar dapat diketahui dari penyelidikan tanah di lapangan, seperti pengambilan sampel tanah, jenis tanah dapat diketahui dan nilai CBR tanah dapat diperoleh, baik dengan pengujian maupun dengan nilai perkiraan seperti dalam **Tabel 2.1**. Nilai CBR inilah yang akan menentukan jenis dan tebal lapis pondasi bawah dan lapis penutup (*capping layer*)

**Tabel 2.1** Estimasi nilai CBR laboratorium untuk tanah di Inggris yang dipadatkan pada kadar air asli, (Wignall A dkk, 2003:80)

Jenis tanah	CBR (%)	
	Drainase baik, dengan muka air tanah lebih rendah dari 600 mm dari permukaan pembentukan	Drainase buruk
Lempung	2	1
	2	1,5
	2,5	2
	3	2
Lempung lanau	5	3
Lempung berpasir	6	4
	7	5
Lanau	2	1
Pasir (kasar)	20	10
Pasir (halus)	40	15
Kerikil berlapis halus	60	20

### 2.1.3. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan.

Permeabilitas lempung sangat rendah ( Terzaghi dan Peck, 1987 ).Sifat yang khas dari tanah lempung adalah dalam keadaan kering dia akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

Tanah lempung (*clays*) didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran antara 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. Dari segi mineral (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung (dan mineral lempung) ialah yang mempunyai partikel-partikel tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air” (Grim, dalam (Das, 1995:9).

#### **2.1.4. Tanah Lanau**

Lanau (*silt*) partikel batuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074 mm, 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 mika.

## **2.2 Sifat-sifat Fisik Tanah**

### **2.2.1 Sistem Klasifikasi Tanah**

Tanah dapat diklasifikasikan secara umum sebagai tanah tidak kohesif dan tanah kohesif. Pemakaian Sistem klasifikasi tidak menghilangkan keperluan



studi yang lebih terperinci mengenai tanah atau meniadakan kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah (Bowles, 1991).

Terdapat dua Sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu Sistem Unified dan Sistem AASTHO.

#### 1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified

Seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2.2** sistem *Unified* membagi tanah dalam tiga kelompok utama :

a. Tanah butir kasar, yaitu kerikil (G) dan pasir (S) di mana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Baik pasir maupun kerikil dibagi lagi dalam 4 kelompok :

- 1) Kelompok GW dan SW: tanah kerikilan dan kepasiran yang bergradasi baik dengan butiran halus yang sedikit atau tanpa butiran halus yang non plastis (lolos saringan no. 200 < 5%).
- 2) Kelompok GP dan SP : tanah kerikilan dan kepasiran yang bergradasi buruk dengan butiran halus sedikit yang non plastis. (tidak memenuhi persyaratan Cu dan Cc).
- 3) Kelompok GM dan SM : mencakup tanah kerikil atau pasir kelanauan (lolos saringan no.200 > 12%) dengan plastisitas rendah atau non plastis. Batas cair dan Indeks Plastis terletak dibawah garis A. Dalam kelompok ini bisa termasuk baik yang bergradasi baik maupun bergradasi buruk. Biasanya kelompok ini tidak mempunyai kekuatan kering atau hanya sedikit sekali.

- 4) Kelompok GC dan SC : mencakup tanah kerikilan atau kepasiran dengan butiran halus (lolos saringan) no. 200 > 12%, lebih bersifat lempung dengan plastisitas rendah sampai tinggi. Batas cair dan indeks plastisitas tanah ini terletak diatas garis A dalam grafik plastisitas.
- b. Tanah butir halus, yaitu tanah lanau anorganik (M), lempung anorganik (C), dan lanau-organik dan lempung-organik (O) di mana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200.
- 1) Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau anorganik, pasir halus berlanau atau berlempung dengan plastisitas rendah dan plastisitas tinggi.
  - 2) Kelompok CH dan CL terutama adalah lempung anorganik. Kelompok CH adalah lempung dengan plastisitas tinggi mencakup lempung gemuk, lempung gumbo, bentonite dan lempung gunung api tertentu. Lempung dengan plastisitas rendah sampai sedang yang diklasifikasikan CL biasanya adalah lempung kurus, lempung berkerikil, lempung berpasir atau lempung berlanau.
  - 3) Kelompok OL adalah lanau organik dan lempung berlanau dengan plastisitas rendah, sedangkan OH adalah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.
- c. Tanah organik (gambut), dapat dikenal dari warna bau sisa tumbuhan yang terkandung didalamnya.

**Tabel. 2.2** Sistem Klasifikasi Tanah Unified, (Hardiyatmo, 1992:44)

Devisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum	
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No.200	Pasir Lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No.4	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
		GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.	
		GM	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau	
	Dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No.4	Pasir bersih (hanya kerikil)	SW	Pasir bergradasi baik dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
		Kerikil dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-pasir-lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-pasir-lanau
Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No.200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung organik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ( <i>lean clays</i> )	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%	MH	Lanau organik atau pasir halus diatomae atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ( <i>fat clays</i> )	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Gambut (peat), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	
Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 GW,GP, SW, SP Lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 GM,GC,SM,SC 5% sampai 12% lolos ayakan No.200 Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol		Kriteria Klasifikasi		
		$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3		
		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasibatasa yang membutuhkan simbol ganda	
		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$		
		$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3		
		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW		
		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasibatasa yang membutuhkan simbol ganda	
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$				

Bagan Plastisitas  
Untuk klasifikasi tanah berbutir-halus dan fraksi halus dari tanah berbutir-kasar  
Batas Atterberg yang digambarkan di bawah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda  
Persamaan garis A  
 $PI = 0,73(LL - 20)$

Batas Cair LL (%)  
Garis A:  $PI = 0,73 (LL - 20)$

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

2. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Clasification*)

Sistem ini mula-mula mengklasifikasikan tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang dilakukan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASTHO, dapat dilihat dalam **Tabel 2.3**. Indeks kelompok (*group index/GI*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya dan dapat dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F-35)[0,005(LL-40)] + 0,01 (F-15)(PI-10)$$

dengan :

$GI$  = indeks kelompok

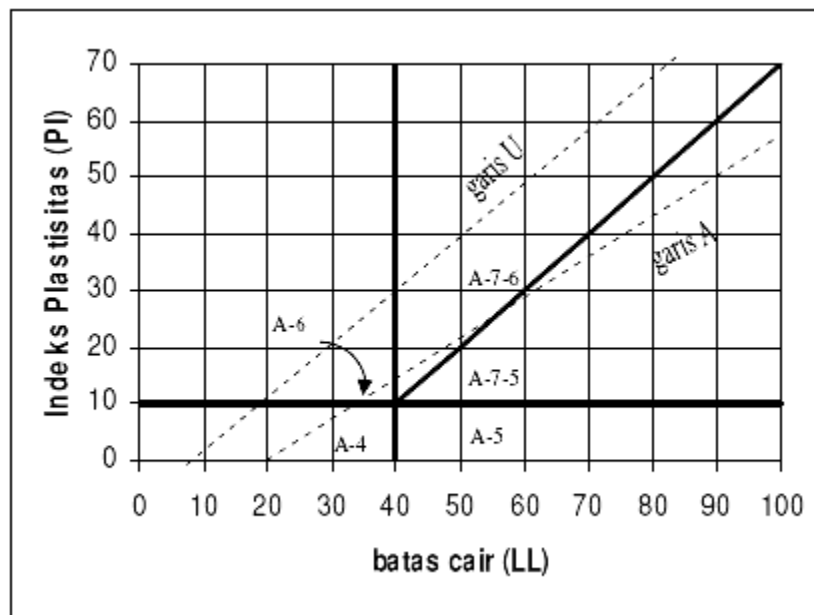
$F$  = persen material lolos saringan no.200 (0,075)

$LL$  = batas cair

$PI$  = indeks plastisitas

Bila nilai indeks kelompok ( $GI$ ) semakin tinggi, semakin berkurang ketepatan penggunaan tanahnya. Tanah granuler diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3. tanah A-1 granuler yang bergradasi baik, sedang A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lewat saringan no. 200), tetapi masih terdiri atas lanau dan lempung. Tanah berbutir halus dikalsifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung-lanau (lebih dari 35% lewat saringan no.

200). Perbedaan keduanya berdasarkan pada batas-batas *Atterberg*. **Gambar 2.2** dapat digunakan untuk memperoleh batas-batas antara batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok A-4 sampai A-7 dan untuk sub kelompok dalam A-2.



**Gambar 2.2** Batas-batas Atterberg untuk subkelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7, (Hardiyatmo, 1992:48)

**Gambar 2.2** dapat digunakan memperoleh batas-batas antara batas cair (LL) dan indeks plastis (PI) untuk kelompok A-4 sampai A-7 dan untuk sub kelompok dalam A-2. Dalam tanah organik tinggi seperti gambut (peat) diletakan dalam kelompok A-8.

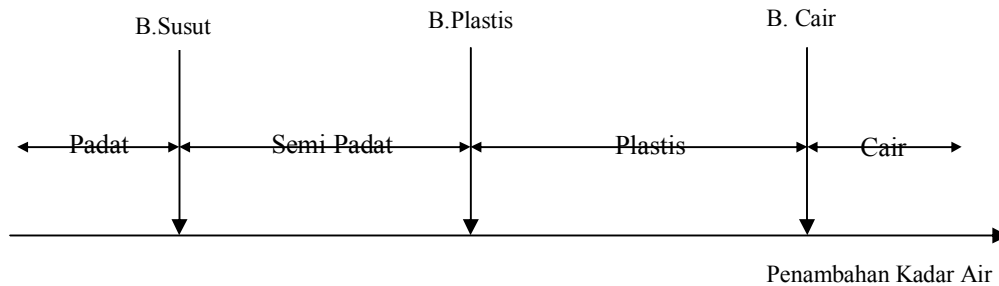
**Tabel. 2.3** Sistem Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya

(Sistem AASTHO, dalam Das, 1995:67)

Klasifikasi Umum	TANAH BERBUTIR KASAR < 35 % LOLOS SARINGAN NO. 200							TANAH BERBUTIR HALUS > 35% LOLOS SARINGAN NO. 200			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% Lolos Saringan											
No. 10	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40	30 maks	50 maks	51 min.	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat Fraksi yang lolos saringan No. 200											
Batas Cair	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	40 maks	40 maks	41 min
Indeks Plastisitas	6 maks	N.P	10 maks	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Jenis Umum	Batu pecah, Kerikil dan Pasir		Pasir Halus	Kerikil dan Pasir yang berlanau atau Kelempungan				Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai Bahan tanah dasar	Baik sekali sampai Baik							Biasa sampai Jelek			

Catatan : Untuk Sub Kelompok A-7-5  $PI \leq LL - 30$ Untuk Sub Kelompok A-7-6  $PI > LL - 30$ **2.2.2 Batas-batas Konsistensi Tanah**

Atteberg (1911) dalam Das (1995) menggambarkan keadaan konsistensi tanah, batas-batas konsistensi tanah ini didasarkan pada kadar air, yaitu batas cair, batas plastis, dan batas susut. Berikut kedudukan konsistensi dari tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.3**



**Gambar 2.3** Batas – batas Konsistensi, (Das, 1995 : 43)

Kadar air dinyatakan dalam persen, dimana terjadi transisi dari keadaan padat kekeadaan semipadat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air dimana transisi dari keadaan semipadat kekeadaan plastis dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis kekeadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*). Batas-batas ini dikenal sebagai batas-batas Atterberg.

1. Batas Cair (*liquid limit - LL*)

Kadar air dinyatakan dalam persen, dari tanah yang dibutuhkan untuk menutup goresan yang berjarak 0,5 in (12,7 mm) sepanjang dasar contoh didalam mangkok. Sesudah 25 pukulan didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*), untuk mengatur kadar air dari tanah sangat sulit maka biasanya percobaan dilakukan beberapa kali dengan kadar air yang berbeda-beda dengan jumlah pukulan berkisar antara 15 sampai 35.

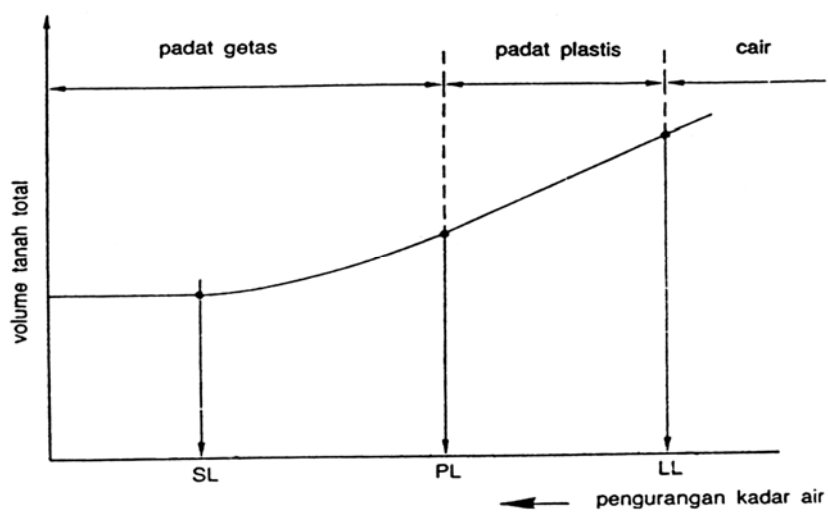
2. Batas Plastis (*plastic limit - PL*)

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air, dinyatakan dalam persen dimana tanah apabila digulung sampai dengan diameter 1/8 in (3,2 mm) menjadi retak-retak. batas plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah.

### 3. Batas Susut (*shrinkage limit - SL*)

Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang dalam tubuh. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan di mana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume

(Gambar 2.4).



**Gambar 2.4** Definisi batas susut (Das, 1995 : 49)

Kadar air, dinyatakan dalam persen dimana perubahan volume suatu massa tanah berhenti didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Uji batas susut dilakukan dilaboratorium 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). volume dari contoh tanah yang telah dikeringkan ditentukan dengan cara menggunakan air raksa.

### 4. Indeks Plastis (*plasticity index - PI*)

Index plastisitas adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah atau  $PI = LL - PL$



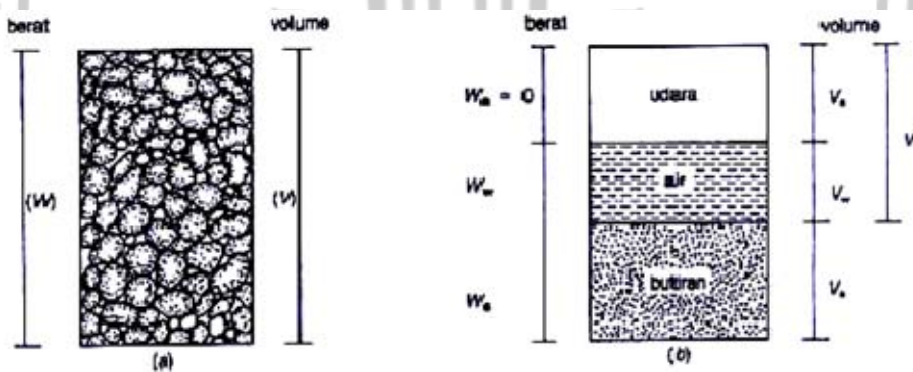
Indeks plastisitas digunakan sebagai identifikasi sifat plastis tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Jika IP rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat dalam **Tabel 2.4** berikut ini :

**Tabel 2.4** Nilai indeks plastisitas dan macam tanah, (Hardiyatmo, 1995:38)

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

### 2.3 Sifat-Sifat Mekanis Tanah

Adapun bagian-bagian dari tanah dapat digambarkan dalam fase, seperti pada **Gambar 2.5** berikut ini :



**Gambar 2.5** Diagram fase tanah, (Hardiyatmo, 1992:2)

Dengan:

$W_s$  = berat butiran padat

$W_w$  = berat air

$V_s$  = volume butiran padat

$V_w$  = volume air

$V_a$  = volume udara

### 2.3.1 Kadar air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat dari volume yang diselidiki.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

dengan:  $w$  = kadar air

$W_w$  = berat air

$W_s$  = berat butiran

### 2.3.2 Berat Volume Tanah

Berat volume tanah ( $\gamma$ ) adalah berat tanah per satuan volume, dengan rumus dasar:

$$\gamma = \frac{W_w + W_s}{V}$$

dengan:  $\gamma$  = berat volume

$V$  = volume total

### 2.3.3 Berat Jenis

Berat jenis (*specific gravity*) tanah ( $G_s$ ) didefinisikan sebagai perbandingan berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ) pada

temperature 40°C.  $G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$

$G_s$  tidak berdimensi, berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Nilai berat jenis sebesar 2,67 biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkohesi. Sedangkan untuk tanah kohesif

tak organik berkisar di antara 2,68 sampai 2,72. nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam **Tabel 2. 5** berikut:

**Tabel 2. 5** Berat jenis dari beberapa jenis tanah, (Hardiyatmo, (1992:4)

Macam tanah	Berat jenis $G_s$
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lmpung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

#### 2.3.4 Pemadatan Tanah

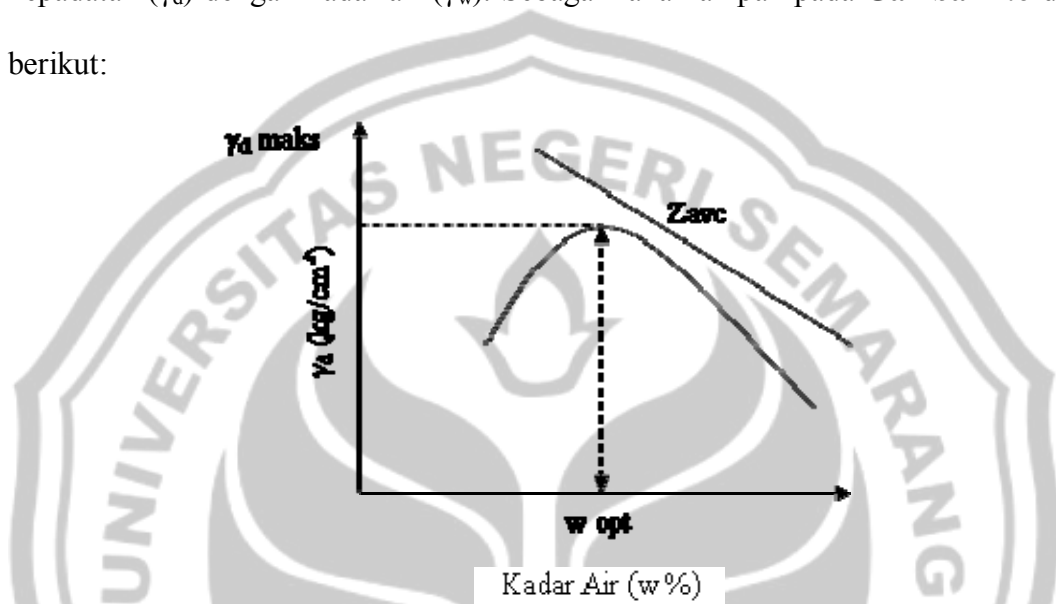
Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Tanah dapat dikerjakan pada mulanya dengan pengeringan, penambahan air, agregat (butir-butir), atau dengan bahan-bahan stabilisasi seperti semen, gamping, abu batubara, atau bahan lainnya ( Bowles, 1991:204 ).

Kompaksi atau pemadatan adalah proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis, sehingga partikel-partikel tanah menjadi rapat. Untuk suatu jenis tanah yang dipadatkan dengan daya pemadatan tertentu, kepadatan yang dicapai tergantung pada banyaknya air (kadar air) tanah tersebut. Besarnya kepadatan tanah, biasanya dinyatakan dalam nilai berat isi kering nya ( $\gamma_d$ ).

Apabila tanah dipadatkan dengan adanya pemadatan yang tetap pada kadar air yang bervariasi, maka pada nilai kadar air tertentu akan tercapai

kepadatan maksimum ( $\gamma_d \text{ max}$ ). Kadar air yang menghasilkan kepadatan maksimum disebut kadar air optimum ( $\gamma_w \text{ opt}$ ).

Kenyataan ini dikemukakan pertama kali oleh RR Proctor pada tahun 1933, dan dapat dinyatakan dalam grafik yang menyatakan hubungan antara kepadatan ( $\gamma_d$ ) dengan kadar air ( $\gamma_w$ ). Sebagaimana nampak pada **Gambar 2.6** di berikut:



**Gambar 2.6** Hubungan antara kepadatan ( $\gamma_d$ ) dengan kadar air ( $\gamma_w$ )

Keterangan :

- $w \text{ opt}$  = kadar air optimum  
adalah kadar air yang menghasilkan nilai kepadatan maksimum ( $\gamma_d \text{ max}$ )
- $\gamma_d \text{ max}$  = kepadatan maksimum  
adalah kepadatan yang didapat dari pemadatan tanah dengan daya pemadatan tertentu pada kadar air optimum ( $\gamma_w \text{ opt}$ )
- $Z \text{ a v c}$  = Zero air void curve

adalah garis yang menunjukkan hubungan antara  $\gamma_d$  dan  $\gamma_w$  untuk tanah yang jenuh air / tidak terdapat udara dalam ruang pori. Garis ini diperoleh dengan menentukan nilai dari  $\gamma_d$  persamaan :

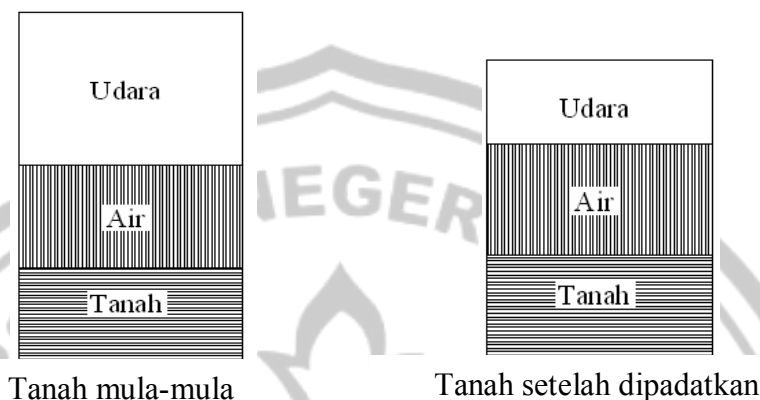
$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \omega \cdot G_s}$$

Pemadatan di laboratorium dimaksudkan untuk menentukan nilai kadar air optimum ( $\gamma_w$  opt) dan kepadatan maksimum ( $\gamma_d$  max) dari suatu tanah yang dipadatkan dengan suatu daya pemadatan tertentu. Kadar air optimum yang didapat dari percobaan di laboratorium digunakan untuk pedoman pelaksanaan pemadatan tanah di lapangan, sedangkan  $\gamma_d$  max digunakan untuk standard dalam mengontrol mutu pelaksanaan pemadatan di lapangan. Berikut rangkuman spesifikasi uji pemadatan laboratorium pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2.6** Rangkuman Spesifikasi Uji pemadatan laboratorium, (Braja M. Das, 1995)

PENJELASAN	PEMADATAN STANDAR				PEMADATAN MODIFIED			
	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Berat penumbuk (kg)	2,5	2,5	2,5	2,5	4,54	4,54	4,54	4,54
Tinggi jatuh (mm)	304,8	304,8	304,8	304,8	457,2	457,2	457,2	457,2
- Diameter (mm)	101,6	152,4	101,6	152,4	101,6	152,4	101,6	152,4
- Tinggi (mm)	116,33	116,33	116,33	116,33	116,33	116,33	116,33	116,33
Volume (cm <sup>3</sup> )	943,9	2124,3	943,9	2124,3	943,9	2124,3	943,9	2124,3
Jumlah lapisan	3	3	3	3	5	5	5	5
Jumlah tumbukan / lapis	25	56	25	56	25	56	25	56
Fraksi tanah yang diuji lolos ayakan	No. 4	No. 4	No. 3/4	No. 3/4	No. 4	No. 4	No. 3/4	No. 3/4

Tanah kohesif kering merupakan bongkahan-bongkahan yang sukar dipadatkan. Jika disiram air menjadi lunak mudah dipadatkan, tapi makin besar kadar air tanah makin membatasi kepadatan yang dapat dicapai. Adapun kondisi tanah sebelum dipadatkan dan setelah dipadatkan dapat dilihat pada **Gambar 2.7**



**Gambar 2.7** Kondisi tanah sebelum dipadatkan dan setelah dipadatkan maksimum

Dalam pemadatan yang dapat berkurang hanya udara, jika volume air lebih besar maka kepadatan maksimum berkurang. Tanah jenuh air tidak dapat dipadatkan. Pada dasarnya, makin basah tanah makin jenuh dan sukar dipadatkan. Air berfungsi sebagai pembasah (pelumas) agar butir-butir tanah mudah merapat. Adanya penambahan kadar air secara bertahap maka berat dari jumlah bahan padat dari tanah persatuan volume juga meningkat secara bertahap pula. Setelah mencapai kadar air tertentu, adanya penambahan kadar air justru cenderung menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati oleh partikel-partikel padat dari tanah. Kadar air dimana harga berat volume kering maksimum tanah dicapai disebut: Kadar Air Optimum = Optimum

moisture Content = ONC =  $W_{opt}$ . Kepadatan terbesar = Berat Volume kering maksimum = Maksimum Dry Density = MDD  $\gamma_d$  maks

Jika dipadatkan dengan pemadatan tertentu, nilai OMC dan MDD tidak sama lagi bagi setiap tahun. Untuk satu tahun yang sama nilai OMC dan MDD tidak sama lagi jika dipadatkan dengan pemadatan yang berbeda. OMC dan MDD tidak konstan untuk suatu tanah.

Menurut Proctor, dalam Das (1995:235) percobaan-percobaan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah *Proctor Compaction Test* (uji pemadatan *Proctor*). Adapun prosedur uji pemadatan, diantaranya:

a. Uji Proctor (*standard proctor test*)

Tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder bervolume  $1/30 \text{ ft}^3$  ( $=943,3 \text{ cm}^3$ ). diameter cetakan tersebut 4 in ( $=101,6 \text{ mm}$ ). tanah dicampur air dengan kadar yang berbeda-beda dan kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan dilakukan dalam 3 lapisan (dengan tebal tiap lapisan kira-kira 1,0 in) dan jumlah tumbukan 25 kali untuk setiap lapisan. Berat penumbuk adalah 5,5 lb (massa = 2,5 kg) dan tinggi jatuh sebesar 12 in ( $=304,8 \text{ mm}$ )

b. Uji Proctor Dimodifikasi (*modified proctor test*)

Untuk pelaksanaan uji Proctor dimodifikasi, dipakai cetakan yang sama dengan volume  $1/3 \text{ ft}^3$  ( $=944 \text{ cm}^3$ ) sebagaimana pada uji Proctor standar. Tetapi tanah yang dipadatkan dalam 5 lapisan dengan

menggunakan penumbuk seberat 10 lb (massa = 4,54 kg). tinggi jatuh penumbuk adalah 18 in (457,2 mm). Jumlah tumbukan per lapisan adalah tetap 25 kali.

### 2.3.5 CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR dikembangkan oleh *California State Highway Departemen* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan. Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di Laboratorium atau di Lapangan dengan rencana Empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Hal ini digunakan sebagai metode perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) suatu jalan. Tebal suatu bagian perkerasan ditentukan oleh nilai CBR.

Yang disebut nilai CBR adalah nilai perbandingan antara beban yang digunakan pada suatu piston penetrasi untuk menembus ke dalam tanah atau suatu lapisan bahan, yang selanjutnya disebut beban penetrasi dengan beban penetrasi bahan standar yang berupa batu pecah pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban Penetrasi}}{\text{Beban Penetrasi Standard}} \times 100\%$$

Adapun besarnya beban standar untuk berbagai kedalaman penetrasi pada **Tabel 2.7** sebagai berikut :



**Tabel. 2.7** Beban standar untuk berbagai kedalaman penetrasi

Penetrasi (mm)	Beban Standard	
	(psi)	(kN/m <sup>2</sup> )
2,5	1000	6900
5,0	1500	10300
7,5	1900	13000
10,0	2300	16000
12,5	2600	18000

Nilai CBR adalah perbandingan (dalam persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 in dengan kecepatan 0,05 inchi/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus standar tertentu. Jadi dianggap bahwa di atas suatu bahan dengan nilai CBR tertentu, perkerasan tidak boleh kurang dari suatu angka tertentu. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah dan campuran tanah agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu yang akan digunakan untuk perencanaan konstruksi jalan ( Wesley, 1977) dalam Setiawan, A (2008).

Tanah dasar (*Subgrade*) pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang telah dipadatkan sampai menncapai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan. CBR ini disebut CBR laboratoium, karena disiapkan di Laboratorium. CBR Laboratorium dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR Laboratorium rendaman dan CBR Laboratorium tanpa rendaman (<http://california-bearing-ratio-cbr-method-dan.htm>, diakses 5 Juni 2009).

Makin tinggi nilai CBR tanah dasar (*subgrade*) maka lapisan perkerasan di atasnya akan semakin tipis dan semakin kecil nilai CBR (daya dukung tanah rendah), maka semakin tebal lapisan perkerasan di atasnya sesuai dengan beban yang akan dipikul.

Terdapat dua macam pengukuran CBR, yaitu :

- a. Nilai CBR untuk penetrasi pada 0,254 cm (0,1”) terhadap penetrasi standar besarnya 70,37 kg/cm<sup>2</sup> (1000 psi).

$$\text{CBR} = \frac{P_1}{70,37} \times 100 \quad (P_1 \text{ dalam } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}) \text{ atau}$$

$$\text{CBR} = \frac{P_1}{1000} \times 100 \quad (P_1 \text{ dalam psi})$$

- b. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada penetrasi 0,508 cm (0,2”) terhadap penetrasi standar yang besarnya 105,56 kg/cm<sup>2</sup> (1500 psi)

$$\text{CBR} = \frac{P_2}{105,56} \times 100 \quad (P_2 \text{ dalam } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}) \text{ atau}$$

$$\text{CBR} = \frac{P_2}{1500} \times 100 \quad (P_2 \text{ dalam psi})$$

Dari kedua hitungan tersebut digunakan nilai terbesar (manual Pemeriksaan Badan Jalan, Dir.Jen Bina Marga, 176) dalam Setiawan, A (2008).

Berikut **Tabel 2.8** sebagai petunjuk praktis tentang perkerasan jalan kabupaten yang dihitung dengan umur rencana 5-10 tahun.

**Tabel 2.8** Perkerasan Jalan Kabupaten, UR 5 dan UR 10 tahun ,

CBR TANAH <i>DASAR (Subgrade)</i>	LAPIS	KELAS JALAN			
	PERKERASAN	III A	III B1	III B2	IIIC
24% amat baik	LP	5 cm	5 cm	LP. Pelindung	LP. Pelindung
	LFA	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	LFB	-	-	-	-
8% - 24 % baik	LP	5 cm	5 cm	LP. Pelindung	LP. Pelindung
	LFA	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	LFB	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
5% - 8% sedang	LP	5 cm	5 cm	LP. Pelindung	LP. Pelindung
	LFA	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	LFB	21 cm	19 cm	21 cm	10 cm
3% - 5% buruk	LP	5 cm	5 cm	LP. Pelindung	LP. Pelindung
	LFA	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	LFB	34 cm	34 cm	33 cm	15 cm
2% - 3% amat buruk	LP	5 cm	5 cm	LP. Pelindung	LP. Pelindung
	LFA	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
	LFB	46 cm	42 cm	44 cm	25 cm

Keterangan :

LP : Lapis Permukaan

LFA : Lapis Fondasi Atas

LFB : Lapis Fondasi Bawah

Lap. Pelindung : Lapis konstruksi yang tidak mempunyai nilai struktur

(Dir.Jen Bina Marga, 1976) dalam Setiawan, A (2008).

## 2.4 Pengaruh Air

Fasa air di dalam tanah lempung tidak berupa air yang murni secara kimiawi. Air menentukan sifat plastisitas lempung. Pada percobaan di laboratorium untuk batas atteberg, ASTM menentukan bahwa air suling harus ditambahkan seperlunya. Pemakaian air suling, yang relative bebas terhadap ion,

dapat memberikan hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi.

Fenomena utama dari lempung adalah bahwa massanya yang telah mengering dari suatu kadar air mempunyai kekuatan yang cukup besar. Apabila bongkahan ini dipecah-pecah menjadi partikel-partikel kecil, bahan tersebut akan berperilaku sebagai bahan yang tidak kohesif. Apabila air ditambahkan kembali, bahan tersebut akan menjadi plastis dengan kekuatan yang lebih kecil dibandingkan kekuatan bongkahan kering (Bowels, 1991:163).

## **2.5 Penelitian yang berhubungan dengan Nilai CBR Tanah Lempung**

Menurut Ayuningtyas (2008) Makin tinggi nilai CBR tanah (*subgrade*) maka lapisan perkerasan di atasnya akan semakin tipis dan semakin kecil nilai CBR (daya dukung tanah rendah), maka akan semakin tebal lapisan perkerasan di atasnya sesuai beban yang akan dipikulnya. Nilai CBR sebelum dilakukan pencampuran adalah 10,671% dan setelah dilakukan pencampuran meningkat dengan nilai tertinggi adalah 15,523% . Pada penelitian ini nilai CBR mengalami kenaikan dengan adanya penambahan bubuk batu bata dan kapur, hal ini disebabkan karena adanya penggumpalan butiran tanah lempung yang memiliki gradasi tanah buruk sehingga menyebabkan butiran tanah lempung menjadi lebih besar, dengan adanya perbaikan gradasi butir tanah lempung ini maka nilai CBR mengalami kenaikan.

Setiap penambahan bahan stabilisasi pasti ada nilai optimumnya, dimana penambahan bahan stabilisasi sudah tidak dapat lagi menaikkan nilai CBR. Nilai CBR akan maksimal dimana kadar optimum bahan stabilisasi telah tercapai. Hal inilah yang terjadi pada penelitian ini. Nilai CBR mengalami penurunan dimana kadar kapur ditambah menjadi 12%. Hal ini terjadi karena penambahan konsentrasi bubuk batu bata dan kapur pada batas tertentu akan memperbanyak terjadinya rongga-rongga pori yang terperangkap dalam sedimentasi yang akan menurunkan nilai CBR. Masa pemeraman akan meningkatkan daya ikat akibat proses sementasi yang menjadi salah satu penyebab meningkatnya nilai CBR.

Penambahan bubuk batu bata dan kapur meningkatkan nilai CBR, semakin besar nilai CBR maka akan meningkatkan daya dukung tanah. Nilai CBR tanah asli tanpa rendaman sebesar 10,671%, setelah distabilisasi dengan bubuk batu bata dan kapur nilai CBR meningkat 15,523%. Dengan demikian stabilisasi dengan menggunakan bubuk batu bata dan kapur menunjukkan adanya perbaikan. Penambahan bubuk bata dan kapur dapat memperbaiki sifat-sifat tanah yang ditunjukkan oleh penurunan batas cair dan batas plastis, penurunan indeks plastisitas, kenaikan batas susut, kenaikan nilai CBR.

Menurut Fera Yulianti (2007) Berdasarkan nilai daya dukung suatu bahan jalan akan dipengaruhi oleh kualitas tanah, ikatan antara butir dan kepadatannya. Bahan keras dan kuat artinya tidak mudah dihancurkan dan menjadi butir-butir yang lebih kecil atau berubah bentuk akibat adanya pengaruh beban maupun air. Gradasi yang baik atau yang menghasilkan nilai CBR yang tinggi adalah gradasi yang rapat. Artinya, apabila jenis gradasi butiran ini

dipadatkan angka pori yang terjadi sangat kecil. Gradasi yang rapat akan lebih stabil apabila menerima beban dan deformasi butiran yang terjadi relatif kecil.

Tanah lempung semula memiliki kekuatan bahan yang jelek ditandai dengan nilai indeks plastisitas tinggi, memiliki daya rekat yang baik dan butirannya termasuk butiran halus dengan gradasi buruk. Pencampuran dengan Abu batubara dan kapur yang mampu bereaksi dengan tanah sehingga membentuk gumpalan-gumpalan menjadikan butiran tanah lempung menjadi besar, tekstur yang kasar dan sifatnya nonkohesif dapat mempengaruhi gradasi butirannya dengan demikian dapat meningkatkan nilai CBRnya.

Nilai CBR mengalami peningkatan daya dukung tanah setelah dilakukan pencampuran abu batubara (*fly ash*) dan kapur nilai CBR sebelum dilakukan pencampuran adalah 3.56% dan setelah dilakukan pencampuran meningkat dengan nilai tertinggi adalah 36.19%, pada saat penambahan kapur 8% dengan peram 7 hari nilai CBR mengalami penurunan hal ini dikarenakan adanya penguapan pada saat pemeraman yang memperbesar rongga udara sehingga pada saat dilakukan perendaman adanya air masuk melalui rongga udara tersebut yang menyebabkan kadar air naik dan kemudian nilai CBR naik. Pada penelitian ini nilai CBR mengalami kenaikan dengan adanya penambahan Abu batubara dan kapur, hal ini disebabkan karena adanya penggumpalan butiran tanah lempung yang memiliki gradasi tanah buruk sehingga menyebabkan butiran tanah lempung menjadi lebih besar, dengan adanya perbaikan gradasi butir tanah lempung ini maka nilai CBR kenaikan.

Penambahan kapur dan abu batubara meningkatkan nilai CBR, semakin besar nilai CBR maka akan meningkatkan daya dukung tanah. Nilai CBR tanah asli sebesar 3.56% termasuk CBR tanah dasar yang buruk karena kurang dari 5% dan setelah distabilisasikan dengan kapur dan abu batubara nilai CBR meningkat dengan nilai CBR terendah 16.18% dan nilai CBR tertinggi 36.19%. dengan demikian stabilisasi dengan menggunakan kapur dan abu batubara menunjukkan perbaikan yang baik.

Menurut Sumarji (1998) Nilai CBR tanah lempung sangat dipengaruhi oleh besarnya kadar air karena lempung mempunyai sifat sensitive terhadap perubahan kadar air.

Menurut Usman (2008: 30 – 31) Kekuatan tanah dasar banyak tergantung pada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya semakin kecil kekuatan nilai CBR dari tanah tersebut. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air tidak tahan konstan pada nilai yang rendah itu. Untuk memperhitungkan pengaruh air terhadap kekuatan tanah, maka contoh untuk percobaan CBR sering dilakukan didalam air selama 4 hari sebelum dilakukan percobaan CBR. Selama masa perendaman ini contoh diberi beban berbentuk plat yang bulat pada permukaannya dan pada masa perendaman itu juga dapat diketahui nilai Swelling rendaman tanah (pengembangan). Berat plat disesuaikan dengan tekanan yang akan bekerja pada tanah dasar dilapangan akibat berat perkerasan di atasnya.

Nilai CBR mengalami penurunan secara teratur seiring dengan banyaknya jumlah siklus yang diberikan, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah siklus resapan air yang diberikan maka semakin turun nilai CBR campuran (Junaedi, 2008).





## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Persiapan Penelitian**

Untuk pelaksanaan penelitian dilakukan beberapa tahapan yaitu : Pembuatan proposal, pengumpulan informasi dan studi pendahuluan, pengambilan benda uji dilapangan, persiapan dilaboratorium, konsultasi ke Dosen Pembimbing merupakan rangkaian awal dalam pekerjaan persiapan.

#### **3.2 Pekerjaan Lapangan**

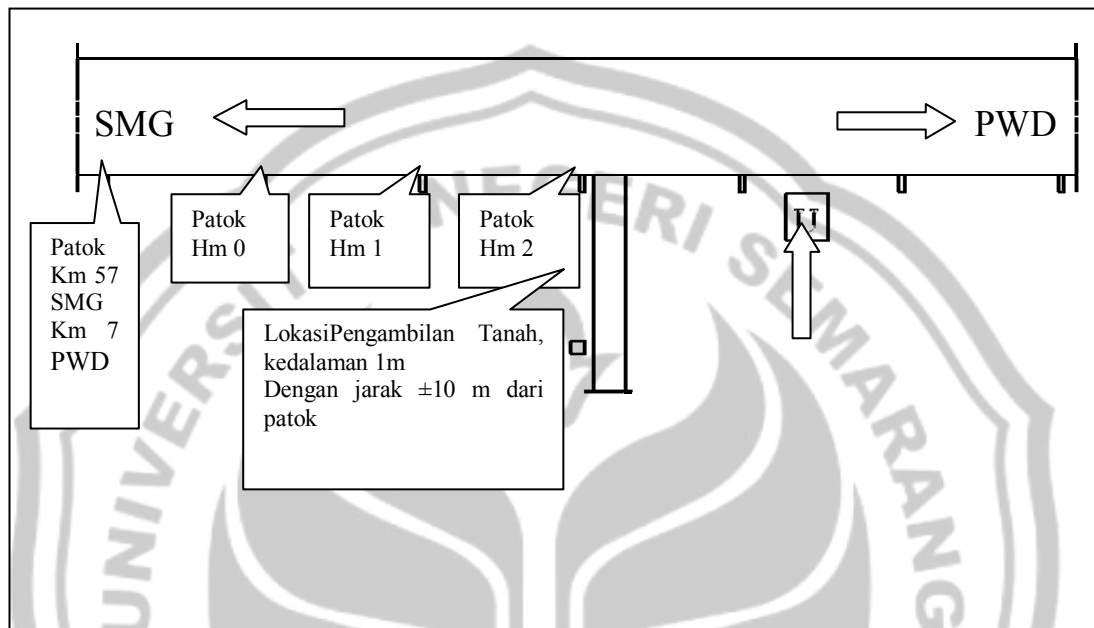
Pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah pengambilan sampel tanah. Sampel tanah yang diambil tanah terganggu (*disturb soil*). Sampel tanah diambil di satu titik pada lokasi pengambilan sampel, hal ini dilakukan agar sampel tanah yang diambil mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel yakni di sekitar desa Pulorejo.

##### **3.2.1 Sampel Tanah Terganggu (*Disturbed*)**

Sampel tanah yang diambil tidak perlu adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. Sampel tanah digunakan untuk pengujian batas-batas konsistensi, pemadatan (proktor standar), dan CBR. Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb*) cukup dimasukkan kedalam plastik, zak, atau pembungkus lainnya.

##### **3.2.2 Lokasi Pengambilan Sampel**

Lokasi pengambilan sampel tanah berada pada Km 57,2 dari Semarang dan Km 6,8 dari Purwodadi. Sampel tanah diambil pada kedalaman 1 meter dibawah permukaan tanah. Berikut lokasi pengambilan sampel tanah pada **Gambar 3.1** :



**Gambar 3.1** Denah Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

### 3.3 Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Tanah

Tanah yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah tanah yang diambil dari tanah yang berada disekitar jalan Penawangan-Purwodadi tepatnya di desa Pulorejo. Tanah yang akan diambil dalam keadaan terusik (*disturb*) dan dalam kondisi iklim kemarau. Diambil disekitar desa Pulorejo karena jalur lintasan yang rusak berada pada lintasan jalur desa Pulorejo menuju kecamatan Purwodadi. Secara fisik dari hasil pengamatan jalan yang ada bergelombang, berlubang, dan banyak bagian perkerasannya yang sudah rusak.

### 3.3.2 Air

Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

### 3.4 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

### 3.5 Rancangan Penelitian

Dalam rancangan penelitian ini terdapat 5 indikator, dimana tiap indikator akan diambil 2 sampel. Sehingga jumlah sampel yang digunakan 10 sampel pada penelitian pokok pengujian CBR. Berikut **Tabel 3.1** pada rancangan penelitian.

**Tabel 3.1** Indikator pada tahap penelitian pokok.

No.	Indikator	Sampel
1	Batas Susut (SL)	A1
		B1
2	Kadar Air Optimum (OMC)	A2
		B2
3	Batas Plastis (PL)	A3
		B3
4	Batas antara Batas Plastis dan Batas Cair	A4
		B4
5	Batas Cair (LL)	A5
		B5

Pengujian CBR dilakukan setelah pengujian pendahuluan selesai. Dipakainya 2 sampel untuk tiap Indikator dikarenakan untuk mempermudah pengambilan nilai hasil pengujian dengan mengambil nilai tertinggi dari 2 sampel yang dipakai. Penambahan kadar air yang digunakan pada batasan atterberg dan

kadar air optimum dengan % kadar air yang dipakai  $\pm 10\%$  dari nilai indikator, dan masih dalam ruang lingkup hasil pengujian.

### 3.6 Persiapan Alat

Alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

#### 3.6.1 Uji Kadar Air

1. Oven dengan suhu dapat diatur konstan pada  $80^{\circ}$ -  $110^{\circ}$  C
2. Timbangan yang mempunyai ketelitian sekurang-kurangnya :
  - 0,01 gram untuk berat kurang dari 100 gram
  - 0,10 gram untuk berat antara 100 gram
  - 1,00 gram untuk berat lebih dari 1000 gram
3. Desikator
4. Cawan timbang tertutup dari gelas atau logam tahan karat

#### 3.6.2 Berat Jenis Tanah

1. *Piknometer*, yaitu botol gelas dengan leher sempit dan dengan tutup (dari gelas) yang berlubang kapiler, dengan kapasitas 50 cc atau lebih besar
2. Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
3. Oven dengan suhu yang dapat diatur pada  $80^{\circ}$ - $110^{\circ}$  C
4. *Desikator*
5. *Termometer*

6. Cawan porselen (*mortar*) dengan penumbuk berkepala karet (*pestel*) untuk menghancurkan gumpalan tanah menjadi butir-butir tanpa merusak butir-butirnya sendiri
7. Alat vakum atau kompor

### **3.6.3 Uji Atterberg**

#### **3.6.3.1 Batas Cair**

1. Alat batas cair *Cassagrande*
2. Alat pembarut (*grooving tool*)
3. Cawan porselen (*mortar*)
4. Alat penumbuk/penggerus (*pestel*) berkepala karet atau dibungkus karet
5. Spatel
6. Saringan No. 40
7. Alat-alat pemeriksa kadar air

#### **3.6.3.1 Batas Plastis**

1. Cawan porselen
2. Alat penumbuk/penggerus (*pestel*) berkepala karet atau dibungkus karet
3. *Spatel*
4. Plat kaca
5. Saringan No. 40
6. Batang kawat Ø 1 mm untuk ukuran pembeding
7. Alat-alat pemeriksa kadar air

### 3.6.3.1 *Batas Susut*

1. Cawan porselen
2. *Spatel*
3. *Cawan* susut dari porselen berbentuk bulat dengan alas datar, berdiameter  $\pm 4,44$  cm dan tinggi 1,27 cm
4. Pisau perata (*Straight Edge*)
5. Alat pengukur volume tanah yang terdiri dari mangkok gelas, plat gelas dengan tiga paku dan air raksa
6. Gelas ukur 25 cc
7. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

### 3.6.4 **Distribusi Butir Tanah**

1. *Hidrometer*
2. Saringan (No. 10, 20, 40, 60, 140, 200)
3. Timbangan dengan ketelitian sekurang-kurangnya 0,01 gram
4. Gelas silinder kapasitas 1000 cc, dengan diameter  $2\frac{1}{2}'' = 6,35$  cm, tinggi  $18'' = 45,7$  cm dengan tanda volume 1000 cc di sebelah dalam pada ketinggian  $\pm 2$  cm dari dasar
5. Cawan porselen (*mortar*) dan alat penggerus (*pestel*) berkepala karet atau diungkus karet
6. Alat pengaduk suspensi
7. Thermometer suhu 0-50° C
8. Stopwatch

### 3.6.5 Uji Pemadatan

1. Saringan No. 4
2. Silinder pemadat (*Mold*) dengan diameter 10, 150 cm dan tinggi 11,675 cm
3. Penumbuk standar
4. Alat untuk mengeluarkan contoh tanah
5. Timbangan dengan ketelitian 1 gr
6. Pisau perata
7. Seperangkat alat pengujian kadar air
8. Alat pencampur tanah, sendok dan talam

### 3.6.6 Uji CBR

1. Saringan No. 4
2. Mesin penekan dengan kapasitas 4,45 ton.
3. *Proving Ring* dengan arloji pengukurnya dengan ketelitian 0,01 kg.
4. Silinder pemadatan CBR dengan diameter 6" dan tinggi 7", kalibrasi  $P = 39,466X^{0,999}$ .
5. Pelat ganjal, diameter  $5 \frac{15}{16}$ ", tebal 2,42".
6. Penumbuk standar.
7. Piston penetrasi penampang bulat luas 3 inchi<sup>2</sup>, panjang 4".
8. Macam-macam alat seperti timbangan, oven, dan sebagainya.

### 3.7 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.7.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan-bahan yang akan dipergunakan dalam pengujian, meliputi :

1. Pengambilan tanah di desa Pulorejo sebagai sampel
2. Penyaringan tanah menggunakan ayakan no.40

#### 3.7.2 Tahap Penelitian Pendahuluan

##### 3.7.2.1 Pemeriksaan kadar air tanah

###### a. Kegunaan :

Untuk memeriksa kadar air suatu tanah yaitu berat air yang terkandung di dalam tanah dengan berat tanah kering dinyatakan dalam persen.

###### b. Pelaksanaan :

1. Cawan kosong ditimbang, kemudian dicatat beratnya ( $W_1$ ).
2. Contoh tanah dimasukkan ke dalam cawan timbang, kemudian bersama tutupnya ditimbang ( $W_2$ ).
3. Dalam keadaan terbuka, cawan bersama tanah dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 16-24 jam.
4. Cawan dengan tanah kering diambil dari oven, didinginkan dalam desikator  $\pm 2$  jam.
5. Cawan ditimbang berat kering ( $W_3$ )

$$\text{Kadar Air (w)} = \frac{(w_2 - w_3)}{(w_3 - w_1)} \times 100\% \text{ gram} \dots\dots\dots (3.1)$$



### 3.7.2.2 Berat Jenis (*specific gravity*)

a. Kegunaan :

Untuk menentukan berat jenis suatu tanah, yaitu perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama dan pada temperatur tertentu.

b. Pelaksanaan :

1. Pikhnometer dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu.
2. Pikhnometer kosong ditimbang ( $W_1$ ).
3. Tanah yang sudah hancurkan kemudian dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam desikaror.
4. Tanah dimasukkan ke dalam pikhnometer sebanyak 10 gram, pikhnometer dengan tutupnya yang telah berisi tanah ditimbang ( $W_2$ ).
5. Isikan air 10 cc ke dalam pikhnometer, sehingga tanah terendam seluruhnya lalu biarkan 2-10 jam.
6. Tambahkan air destilasi hingga setengah/sepertiga penuh.
7. Udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah harus dikeluarkan/dihilangkan.
8. Pikhnometer ditambah air destilasi sampai penuh dan ditutup. Bagian luar pikhnometer dikeringkan dengan kain kering, setelah itu pikhnometer berisi tanah dan air ditimbang ( $W_3$ ).
9. Pikhnometer dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi penuh dengan air destilasi bebas udara, ditutup, bagian luar pikhnometer

dikeringkan dengan kain kering. Piknometer penuh air ditimbang ( $W_4$ ).

$$G = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Berat jenis butir-butir tanah pada temperatur  $27,5^\circ$  :

$$G = G(t^\circ) \frac{\text{Berat jenis air pada } t^\circ\text{C}}{\text{Berat jenis air pada } 27,5^\circ\text{C}} \dots\dots\dots (3.3)$$

### 3.7.2.3 *Batas cair (LL)*

a. Kegunaan :

Kadar air tanah dimana tanah dalam keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastis.

b. Pelaksanaan :

1. Contoh tanah lolos saringan no.40 disiapkan  $\pm$  150-200 gram.
2. Contoh tanah ditempatkan pada cawan porselin dan dicampurkan dengan air suling sebanyak 15-20 ml. campur dengan merata dengan bantuan spatula.
3. Contoh tanah yang telah dicampur dengan homogen diambil dan ditaruh dalam cawan batas cair.
4. Ratakan permukaan contoh tanah dalam cawan diratakan sehingga sejajar dengan alas.
5. Buat alur pada contoh tanah dengan menggunakan *grooving tool*. Cara membuat alur adalah dengan memegang alat *grooving tool* tegak lurus permukaan contoh.

6. Dengan bantuan alat pemutar, angkat dan turunkan cawan tersebut dengan kecepatan 2 putaran/detik.
7. Hentikan aksi tersebut jika alur sudah tertutup sepanjang  $\pm 1,25$  cm dan hitung berapa ketukan yang dibutuhkan.
8. Ambil contoh tanah tersebut sebagian untuk diperiksa kadar airnya.
9. Ulangi percobaan di atas dengan kadar air yang berbeda.

#### **3.7.2.4 Batas plastis (PL)**

- a. Kegunaan :

Untuk menentukan batas plastis suatu tanah yaitu kadar air minimum dari suatu contoh tanah, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.

- b. Pelaksanaan :

Tanah kering yang lolos saringan No. 40 atau tanah yang dipakai untuk menentukan batas cair diambil sebagian, ditaruh pada mangkok dan diberi air serta diaduk sampai merata setelah itu diambil sebagian, ditaruh pada lempengan kaca terus digiling-giling sampai tanah tersebut terlihat retak-retak pada 3 mm. setelah itu diambil sedikit dan ditaruh pada cawan kemudian ditimbang dan dioven selama 24 jam setelah itu ditimbang kembali.

#### **3.7.2.5 Batas susut (SL)**

- a. Kegunaan :

Untuk menentukan batas susut suatu contoh tanah.

b. Pelaksanaan :

Contoh tanah diambil sedikit kemudian ditaruh pada cawan porselin kemudian diberi air sedikit sampai campuran tanah tersebut dapat dicetak pada cawan penguap, setelah itu tanah dicetak dan diketok-ketok untuk menghilangkan rongga udara yang ada setelah itu ditimbang baru dioven selama 24 jam. Setelah itu tanah kering ditimbang kembali dan cawan kaca kita timbang. Siapkan air raksa secukupnya taruh pada mangkok kaca yang dibawahnya juga diberi alas untuk tempat air raksa yang tumpah. Air raksa yang tumpah kemudian ditaruh pada cawan kaca yang sudah diketahui beratnya dan timbang bersama air raksa yang tumpah tadi.

**3.7.2.6 Distribusi butir tanah**

a. Kegunaan :

Untuk menentukan distribusi butiran tanah pada tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan No. 10 (tidak ada butir yang lebih besar dari 2 mm).

b. Pelaksanaan :

1. Untuk tanah yang tidak mengandung butir lebih dari 2 mm, tanah lembab yang diperoleh dari lapangan dapat langsung digunakan sebagai benda uji tanpa dikeringkan.
2. Taruh contoh tanah dalam tabung gelas (*beaker* kapasitas 250 cc). tuangkan sebanyak  $\pm 125$  cc larut air + *reagent* yang telah disiapkan.

3. Tuangkan campuran tersebut dalam alat pengaduk, jangan ada butir yang tertinggal atau hilang dengan membilas dengan air dan tuangkan air bilasan ke alat.
4. Kemudian segera pindahkan suspense ke dalam gelas silinder pengendap.
5. Sediakan gelas silinder kedua yang diisi hanya dengan air destilasi dan ditambah reagent sehingga berupa larutan yang keduanya sama seperti yang dipakai pada silinder pertama.
6. Tutup gelas isi suspense dengan tutup karet. Kocok suspense dengan membolak-balik vertikal ke atas ke bawah selama 1 menit, sehingga butiran-butiran tanah melayang merata dalam air.
7. Lakukan pembacaan hydrometer pada saat  $t = 2; 5; 30; 60; 250; 1440$  menit (setelah  $t = 0$ )
8. Setelah dibaca, segera ambil hydrometer pelen-pelan, pindahkan ke dalam silinder kedua. Dalam air kedua bacalah skala hydrometer.
9. Amati dan catat temperature suspense dengan mencelupkan thermometer.
10. Setelah pembacaan hydrometer, tuangkan suspense ke atas saringan No. 200 seluruhnya.
11. Pindahkan butir-butir tanah yang tertinggal pada suatu tempat, kemudian keringkan dalam oven (dengan temperature  $60^{\circ}-80^{\circ}$ ).

12. Kemudian dinginkan dan timbang serta catat berat tanah kering yang diperoleh.
13. Saring tanah tersebut dengan saringan No : 10, 20, 40, 60, 140, dan 200.
14. Timbang dan catat berat bagian tanah yang tertinggal di atas untuk tiap saringan. Periksa bahwa seharusnya jumlah berat dari masing-masing bagian sama atau dekat dengan berat sebelum disaring.

#### **3.7.2.7 Pemadatan (proctor)**

a. Kegunaan :

Untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum.

b. Pelaksanaan :

1. Sampel tanah lolos ayakan No. 4
2. Silinder dibersihkan lalu ditimbang tanpa alas dan penyambungannya.
3. Silinder diukur diameternya dan tingginya.
4. Plat alas diolesi minyak, contoh tanah dimasukkan dalam silinder.
5. Pemadatan dibagi tiga lapis, ditumbuk 25 kali secara merata.
6. Pada lapis terakhir tinggi tanah harus melewati silinder utama  $\pm$  1 cm.
7. Sambungan dan plat alas dilepas dari silinder utama, lalu permukaan silinder diratakan dengan pisau perata, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.

8. Sampel tanah dikeluarkan dari silinder dengan alat pengeluar tanah, kemudian dimasukkan ke dalam cawan yang diambil dari ketiga lapis sampel itu.
9. Cawan-cawan yang berisi tanah tersebut ditimbang dan dicatat beratnya kemudian dicari kadar airnya.
10. Pemeriksaan ini diulang dengan kadar air yang bervariasi. Data yang diperoleh adalah berat basah, kadar air, dan berat kering. Dari data tersebut kemudian dicari kadar optimum dan berat kering maksimum.

### **3.7.3 Tahap Penelitian Pokok**

Pada penelitian pokok ini diperoleh nilai CBR untuk memeriksa kemampuan daya dukung tanah dengan persentase kandungan air pada batas susut (*SL*), Batas plastis (*PL*), Batas cair (*LL*), dan kadar air optimum.

#### **3.7.3.1 Uji CBR Laboratorium :**

a. Kegunaan :

Untuk menentukan nilai daya dukung tanah yang dipadatkan dengan kadar air tertentu.

b. Pelaksanaan :

1. Mold 6" dipasang pada pelat dasar leher penyambung dan ditimbang beratnya.
2. Siapkan 5 kg tanah kering udara dan lolos saring ayakan No. 4, kemudian dicampur pada kadar air optimum, kadar air pada batas susut (*SL*), batas plastis (*PL*), batas antara plastis dan cair, dan batas cair (*LL*).
3. Tanah dalam mold dipadatkan sebanyak 3 lapisan dengan tumbukan 56 x untuk setiap lapisan.

4. Leher penyambung dilepaskan dan diratakan permukaannya.
5. Mold diambil diperiksa nilai daya dukungnya sebagai berikut :
  - Beban dipasang di atas permukaan tanah.
  - Piston penetrasi dipasang pada alat penekan.
  - Dibebani dengan kecepatan 1,3 mm/menit.

Dicatat beban setiap penetrasi mencapai : 0.64, 1.27, 1.91, 2.54, 3.18, 3.81, 4.45, 5.08, 7.62, 10.16, dan 12.70.

6. Kadar airnya diperiksa

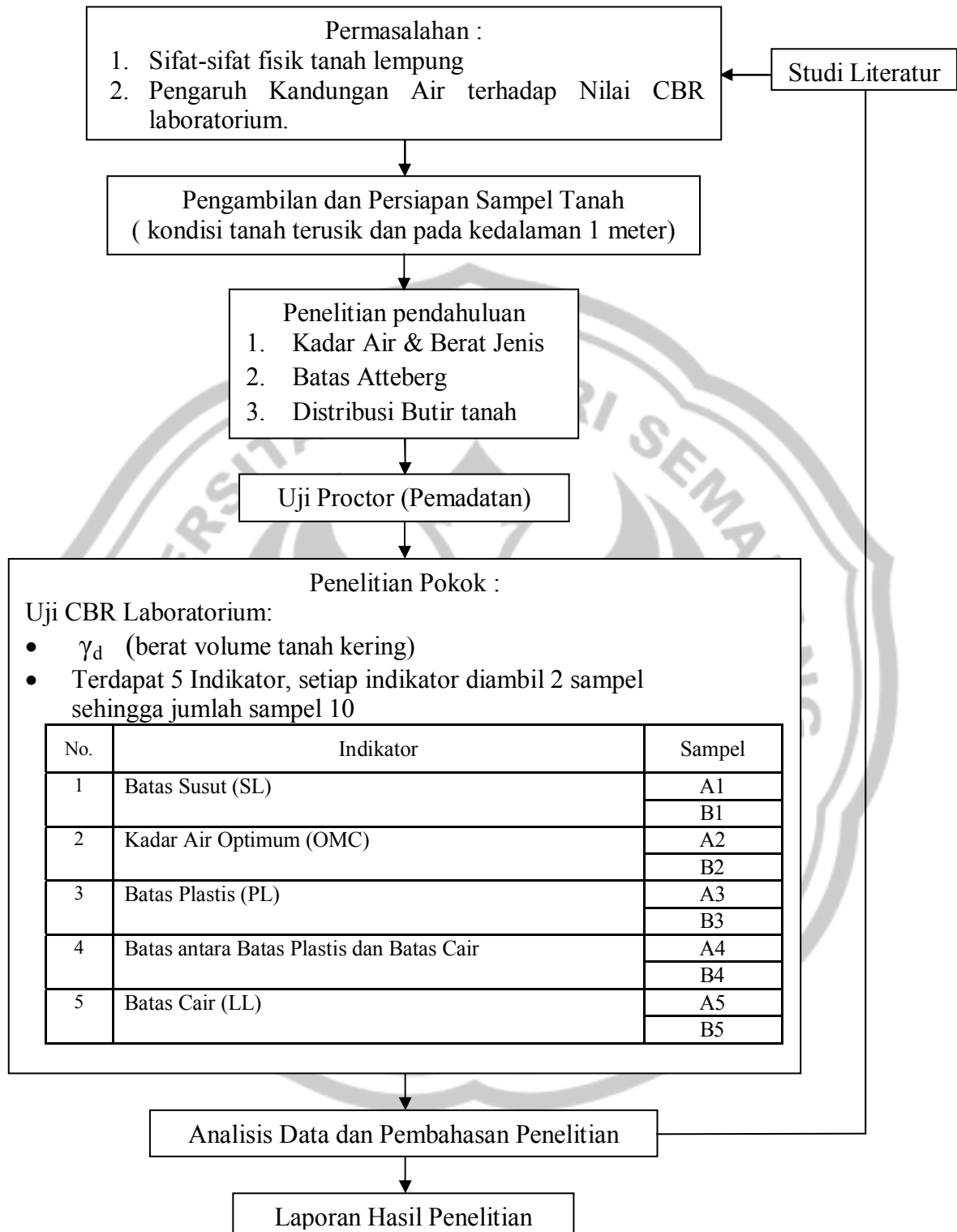
### 3.8 Analisis Data

Mengolah data yang terkumpul dari hasil penelitian di laboratorium yang mana data-data tersebut berupa hasil pengujian nilai CBR dengan persentase kandungan air pada batas susut (*SL*), kadar air optimum, Batas plastis (*PL*), Batas antara plastis dan cair, dan Batas cair (*LL*).

Data yang diambil berupa analisis terhadap hasil pengujian laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, dimana untuk kandungan air dari data CBR akan ditarik suatu kesimpulan dari grafik yang disajikan. Data dari grafik akan diketahui pada persentase air tertentu didapat daya dukung tanah dengan persentase yang sesuai dengan karakteristik daya dukung tanah sebagai *subgrade* (tanah dasar).

Prosedur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.2** dibawah ini :





**Gambar 3.2** Bagan Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian mengenai karakteristik tanah asli dari daerah Purwodadi yang berlokasi  $\pm$  km 6,8 yang dipergunakan sebagai sampel dengan kedalaman 1 meter dari permukaan tanah diperoleh data seperti yang tercantum dalam **Tabel 4.1**

**Tabel 4.1** Karakteristik Tanah Asli

Pemeriksaan	Nilai
Kadar air tanah asli	50,48 %
Berat jenis tanah	2,59
Batas susut	21,89 %
Batas plastis	30,14 %
Batas cair	77,77 %
Indeks Plastisitas	47,63 %
Batas antara cair dan plastis	53,95 %
Kandungan Sand	5,92%
Kandungan Clay	83,96 %
Berat kering maksimum	1,39 gr/cm <sup>3</sup>
Kadar air Optimum	25,53 %

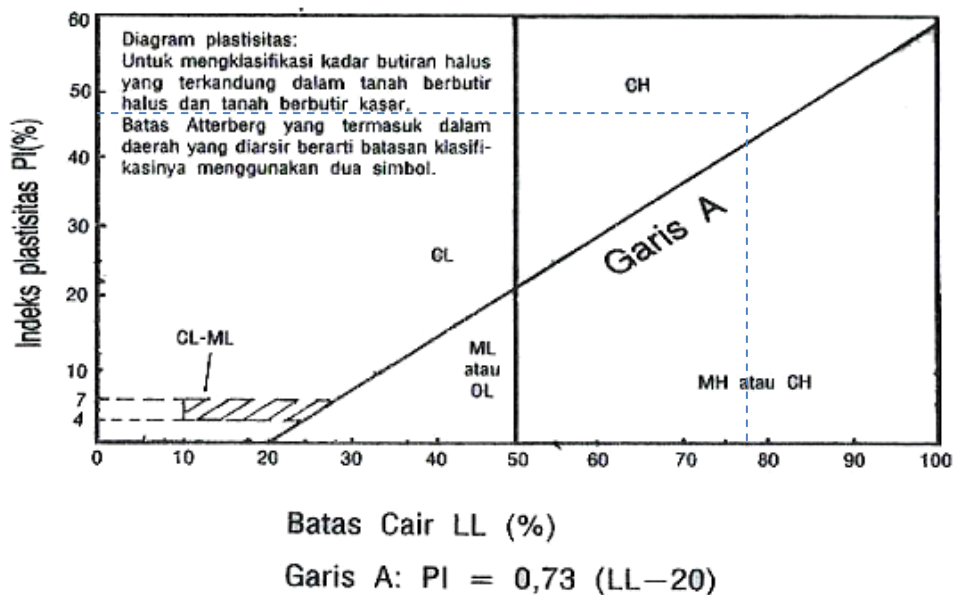
##### 4.1.1 Pengujian Sifat-sifat Fisik Tanah

###### 4.1.1.1 Hasil Pengujian Gradasi Butir pada Tanah

Pengujian distribusi ukuran butiran dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butirnya. Dari hasil pengujian, diperoleh butiran pasir = 5,92%, lempung = 83,96%. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase butiran halus sangat dominan.

Menurut *Unified Soil Classification System*, dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh 94,08 % lolos saringan no. 200 dimana 94,08 % lebih besar dari 50% termasuk dalam tanah berbutir halus. Data pengujian atterberg didapat: batas plastis ( $PL$ ) = 30,14 %; batas cair ( $LL$ ) = 77,77 %. Dari sini indeks plastisitas ( $PI$ ) diperoleh  $PI = 77,77 \% - 30,14 \% = 47,63 \%$ . Nilai  $PI$  dan  $LL$  kemudian diplot pada diagram plastisitas, sehingga ditemukan letak titik di atas garis A, yang menempati zona  $CH$ . Jadi tanah sampel pengujian diklasifikasikan sebagai  $CH$  (lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clay*)).

Berikut hasil plot dari nilai  $PI$  dan  $LL$  pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1** Diagram Plastisitas Sistem Klasifikasi *Unified*

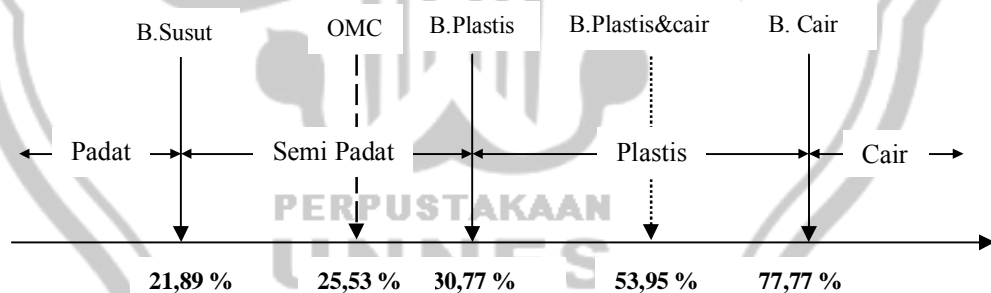
Menurut sistem klasifikasi tanah AASTHO pada **Tabel 2.3** dari data pengujian diperoleh  $F = 94,08 \%$ , karena lebih besar dari 35 % lolos saringan no.

200, maka termasuk jenis lanau atau lempung  $LL = 30,14\%$  kemungkinan dapat dikelompokkan A-5 (41 % minimum), A-7-5 atau A-7-6 (41 % minimum);  $PI = 47,63\%$  kemungkinan kelompok A-7-5 atau A-7-6. Untuk membedakan keduanya dihitung  $LL - 30 = 77,77\% - 30 = 47,77\%$ , dimana  $PI < (LL - 30)$ . Untuk  $IP = 47,63\%$  dengan  $47,63\% < 47,77\%$  tanah dikelompokkan A-7-5 termasuk tanah berlempung biasa sampai jelek.

#### 4.1.2 Pengujian Sifat-sifat Mekanik Tanah

##### 4.1.2.1 Pengujian Kadar Air, Berat Jenis, dan Batas Atterberg

Hasil pemeriksaan kadar air, sampel tanah memiliki kadar air awal = 50,48%. Berdasarkan hasil uji *specific gravity*, diketahui berat jenis tanah sebesar 2,59. Pada pengujian atterberg **Gambar 4.2** menunjukkan bahwa sampel tanah memiliki batas cair (*Liquid Limit*) = 77,77%, batas plastis (*Plastic Limit*) = 30,14%, dan batas susut (*shrinkage Limit*) = 21,89%. Indeks plastisitas = 47,63% diperoleh dari selisih batas cair dan batas plastis.

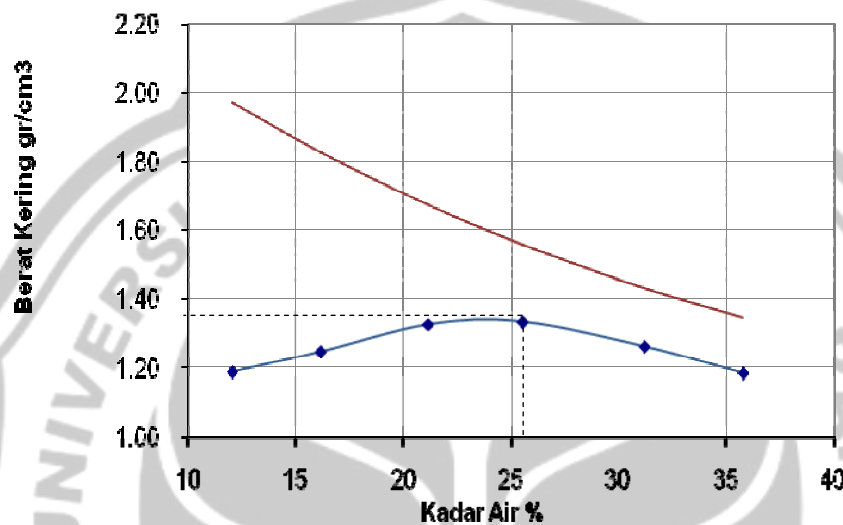


**Gambar 4.2** Hasil Pengujian Atterberg dan OMC

Dari hasil pengujian batas atterberg, selanjutnya batas yang diketahui dipakai dalam pengujian daya dukung tanah. Penambahan kadar air dilakukan untuk mengetahui nilai CBR maksimum.

#### 4.1.2.2 Pemadatan Tanah

Uji pemadatan standar ini dilakukan untuk mengetahui berat kering maksimum (MDD) dan kadar air optimum (OMC), pada uji pemadatan ini diperoleh  $MDD = 1,39 \text{ gr/cm}^3$  dan  $OMC = 25,53\%$ , untuk lebih jelas dapat dilihat pada **Gambar 4.3** sebagai berikut :



**Gambar 4.3** Grafik Pemadatan Tanah Asli

#### 4.1.2.3 Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR laboratorium dalam penelitian ini menggunakan pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*). Adapun hasil pemeriksaan CBR yang dilakukan dengan penambahan kadar air pada batas Atterberg pada **Tabel 4.2** sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian CBR pada batas atterberg dan kadar air optimum

No.	Batas Atterberg	Kode	Kadar air %	Berat Volume Kering (g/cm <sup>3</sup> )	Penetrasi	Nilai CBR (%)	Nilai CBR %
1	Batas Susut 21,89 % (daerah rentang padat) 0 % - 21,89 %	A1	20.25	1.23	0.1"	10.999	10.999
					0.2"	10.564	
		B1	21.80	1.24	0.1"	10.999	10.999
					0.2"	10.133	
2	Batas OMC 25,53 % (daerah rentang semi padat) 21,89 % - 25,53 %	A2	26.00	1.27	0.1"	8.736	8.736
					0.2"	8.625	
		B2	27.90	1.25	0.1"	8.090	8.090
					0.2"	8.194	
3	Batas Plastis 30,14 % (daerah rentang plastis) 30,77 %-53,95 %	A3	28.93	1.24	0.1"	7.767	7.767
					0.2"	6.902	
		B3	30.77	1.22	0.1"	7.443	7.548
					0.2"	7.548	
4	Batas antara Plastis dan Cair 53.95% (daerah rentang cair) 53,95 % - 77,77 %	A4	52.80	1.07	0.1"	1.556	1.556
					0.2"	1.383	
		B4	55.30	1.03	0.1"	1.426	1.426
					0.2"	1.167	
5	Batas Cair 77,77 % (daerah rentang cair)	A5	64.29	0.93	0.1"	0.973	0.973
					0.2"	0.778	
		B5	73.62	0.86	0.1"	0.908	0.908
					0.2"	0.649	

Dari **Tabel 4.2** hasil pengujian CBR diatas terdapat nilai CBR penetrasi 0.1" dan penetrasi 0,2" dimana nilai CBR yang digunakan adalah nilai untuk penetrasi 0,1". Apabila dalam pemeriksaan ternyata nilai CBR untuk penetrasi 0,2" lebih besar dari nilai 0,1", maka percobaan harus diulang. Dan jika pada percobaan ulangan ini nilai CBR pada penetrasi 0,2" tetap lebih besar dari nilai untuk penetrasi 0,1", maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR 0,2". Nilai CBR terbesar adalah 10,999 % pada daerah rentang padat dengan kadar air 20,25 % dan 21, 80 %. Nilai CBR terkecil 0,908 % didapat pada daerah rentang cair dengan kadar air 73,62 %. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai CBR

mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar air yang diberikan pada setiap pengujian.

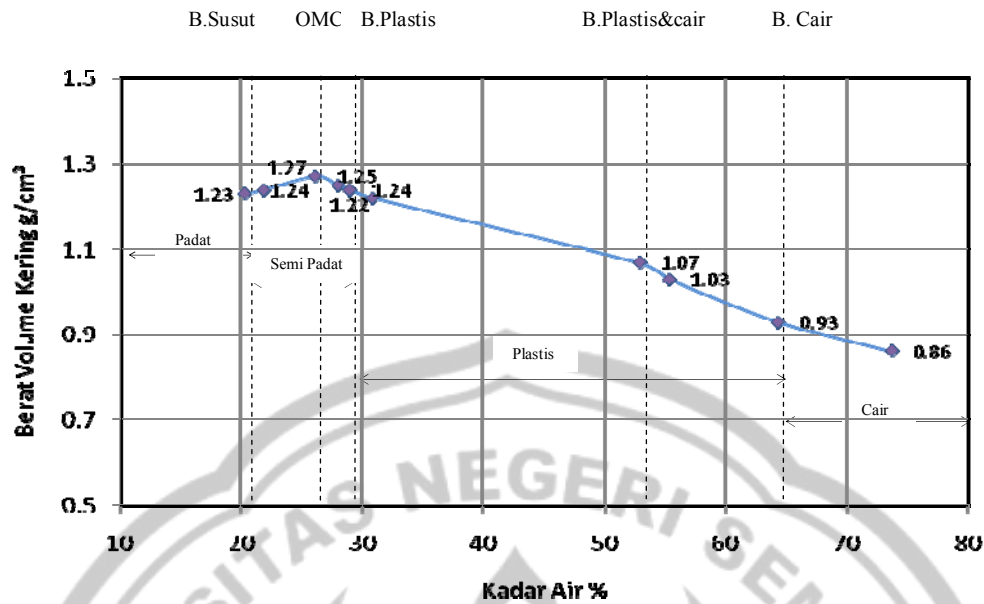
## **4.2 Pembahasan Nilai CBR Tanah**

Nilai daya dukung tanah atau kekuatan tanah dapat diukur dengan salah satu cara diantaranya dengan nilai CBR yang diwujudkan dalam bentuk persen hasil perbandingan antara beban yang diperlukan untuk mencapai standar dalam perencanaan jalan.

### **4.2.1 Analisis Kadar Air terhadap Kepadatan Tanah**

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas) pada partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeser satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat.

Bila kadar air secara bertahap pada usaha/energi pemadatan ditambah, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga meningkat secara bertahap pula. Akan tetapi jika usaha pemadatan dilakukan dengan energi tekanan ( $342,374 \text{ kJ/m}^3$ ) yang sama, dengan penambahan kadar air yang berbeda setelah batas (daerah semi padat) kadar air optimum akan mengalami penurunan berat volume kering. Hal ini terjadi pula pada hasil pengujian kepadatan pada **Gambar 4.4** grafik hubungan kadar air dengan kepadatan tanah.



**Gambar 4.4** Grafik Hubungan kadar air dengan Berat kering tanah

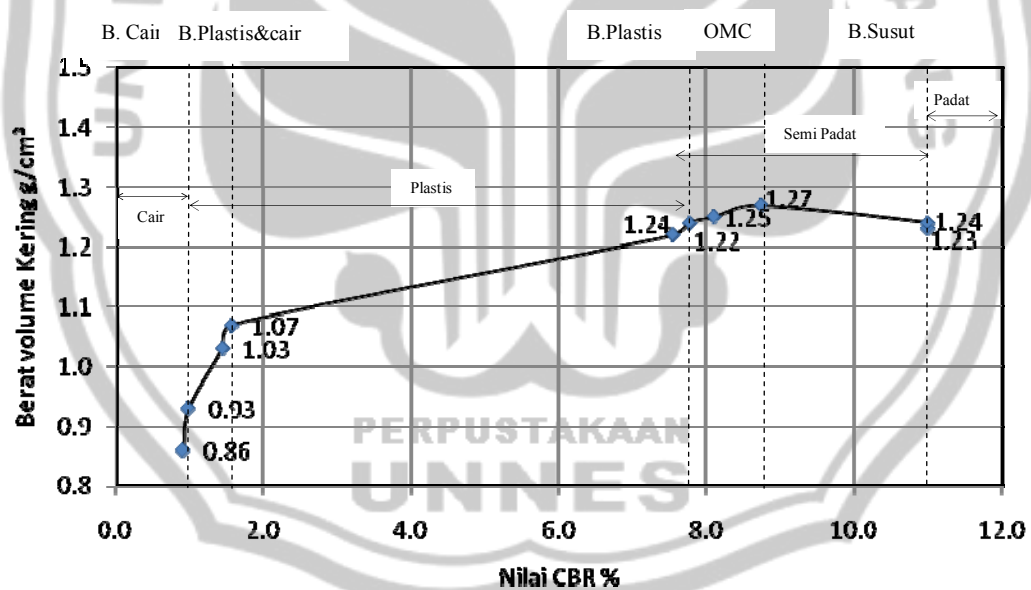
Dari **Gambar 4.4** dan **Tabel 4.2** menunjukkan berat volume kering tanah pada batas susut daerah rentang padat dengan kadar air 20,25 %  $\gamma_d = 1,23 \text{ g/cm}^3$ , penambahan air yang diberikan pada kadar air 21,80 % menjadikan berat volume kering tanah mengalami kenaikan dengan  $\gamma_d = 1,24 \text{ g/cm}^3$ . Berat volume kering terbesar dicapai pada kadar air optimum dengan kadar air 26 % dengan  $\gamma_d = 1,27 \text{ g/cm}^3$ . Adanya penambahan air yang dilakukan dalam pemadatan dengan energi tekanan ( $342,374 \text{ kJ/m}^3$ ) yang sama hingga mendekati batas cair (daerah rentang cair) menyebabkan berat volume kering mengalami penurunan. Besarnya penurunan berat volume tanah dari  $\gamma_d = 1,24 \text{ g/cm}^3$  menjadi  $\gamma_d = 1,07 \text{ g/cm}^3$  disebabkan besarnya % penambahan air yang diberikan dari batas plastis menuju daerah cair. Pada uji pemadatan yang dapat berkurang hanya udara, jika volume air lebih besar maka kepadatan maksimum berkurang. Tanah menjadi jenuh air



dan tidak dapat dipadatkan, sehingga kadar air yang berlebihan akan mengurangi hasil pemadatan.

#### 4.2.2 Analisis Kepadatan Tanah terhadap Nilai CBR

Tingkat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Semakin besar berat volume kering, semakin kecil angka pori dan lebih tinggi derajat kepadatannya. Pemadatan menimbulkan perubahan-perubahan pada struktur tanah berkoheisi. Perubahan-perubahan tersebut meliputi perubahan daya rembes, kemampuanampatan, dan kekuatan dari tanah. Berikut adalah grafik hubungan berat kering tanah dengan nilai CBR pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Berat Volume Kering Tanah dengan Nilai CBR

**Gambar 4.5** dan **Tabel 4.2** menunjukkan bahwa nilai CBR yang diperoleh pada berat kering =  $1,23 \text{ g/cm}^3$  dan  $1,24 \text{ g/cm}^3$ , sebesar = 10,999 % pada kadar air = 20,25 % dan 21,80 %. Hal ini terjadi karena tanah pada kadar air =

20,25 % dan 21,80 % terjadi kondisi tanah masih dalam daerah padat (keadaan keras) sehingga daya dukung tanah tinggi saat pengujian kekerasan tanah atau uji CBR. Sedangkan pada kondisi berat volume kering =  $1,27 \text{ g/cm}^3$  nilai CBR mengalami penurunan pada kadar air 25,53 %, penurunan ini disebabkan kadar air yang terkandung > dari 20,25 % dan tanah pada kondisi daerah semi padat dengan kandungan air sebesar 25,53 %.

Adanya energi pemadatan yang tetap pada kadar air yang bervariasi, menjadikan nilai CBR mengalami penurunan pada tanah lempung. Dimana pada nilai kadar air tertentu akan tercapai kepadatan maksimum ( $\gamma_d \text{ max}$ ). Sehingga berat volume kering maksimum dicapai pada kadar air optimum.

#### **4.2.3 Analisis Kandungan Air terhadap Nilai CBR tanah**

Nilai daya dukung tanah atau kekuatan tanah dapat diukur dengan salah satu cara diantaranya dengan nilai CBR yang diwujudkan dalam bentuk persen hasil perbandingan antara beban yang diperlukan untuk menembus suatu jenis bahan terhadap beban yang diperlukan untuk menembus beban standard. Berdasarkan nilai daya dukung suatu bahan jalan akan dipengaruhi oleh kualitas tanah, ikatan antara butir dan kepadatannya. Bahan keras dan kuat artinya tidak mudah dihancurkan dan menjadi butir-butir yang lebih kecil atau berubah bentuk akibat adanya pengaruh beban maupun air.

Berdasarkan susunan bentuk dasarnya dibedakan tiga jenis lempung, yaitu : kelompok *kaolinite*, kelompok *montmorillonite*, dan kelompok *illite*. Tanah kelompok *montmorillonite* sangat sensitive terhadap air dimana sangat mudah

mengembang oleh tambahan air. Tekanan pengembangan yang dihasilkan dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya (Hardiyatmo, 1992:17).

Tanah lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan volume tanah menyebabkan daya dukung tanah kurang stabil. Sehingga untuk mendapatkan daya dukung tanah yang kuat usaha yang dilakukan pada konstruksi adalah dengan adanya stabilisasi salah satunya pemadatan.

Pemeriksaan *CBR* dimaksudkan untuk menentukan nilai kuat dukung tanah dan batuan jika dipadatkan di laboratorium pada kadar air optimum terhadap berbagai macam derajat kepadatan dengan metode *standard Proctor*. Pemadatan biasanya untuk mengevaluasi tanah *subgrade*, material *subbase*, dan *base* yang mengandung hanya sedikit material yang tertahan pada saringan  $\frac{3}{4}$ ".

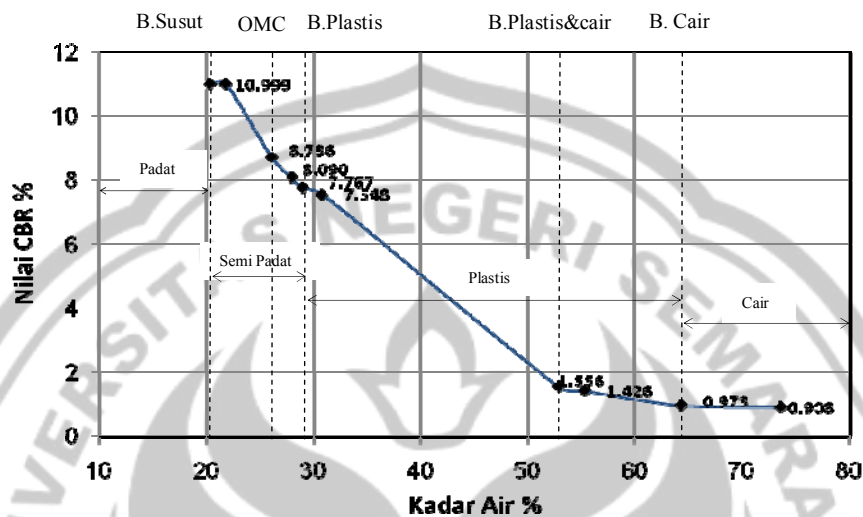
Pemadatan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan kepada tanah yang sedang dipadatkan, air akan berfungsi sebagai pembasah pada partikel-partikel tanah. Adanya air menjadikan partikel-partikel tanah mudah bergerak dan bergeser membentuk kedudukan yang lebih rapat.

Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat dan menurun setelah berat volume kering maksimum tercapai pada saat kadar air optimum. Tetapi penambahan kadar air yang terjadi menjadikan penurunan nilai daya dukung tanah pada jenis tanah lempung. Hal ini karena lempung mudah menyerap

air. Semakin banyak air yang diserap maka kondisi tanah semakin jenuh dan menurunkan nilai daya dukung tanah pada pengujian CBR.

Berikut adalah grafik hubungan antara kadar air dengan nilai CBR pada

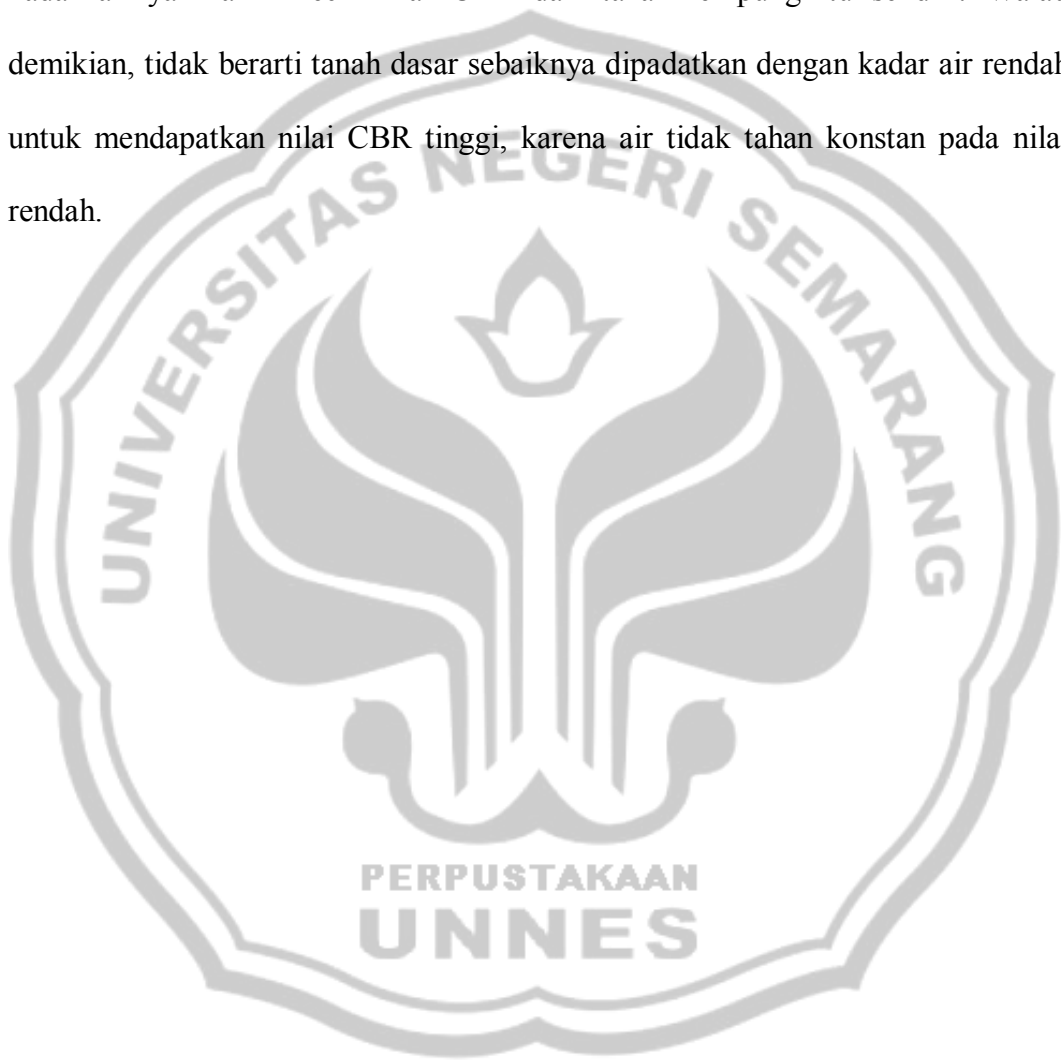
**Gambar 4.6.**



**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Kadar Air dengan Nilai CBR

Pada **Gambar 4.6** dan **Tabel 4.2** menunjukkan bahwa nilai CBR terbesar pada kadar air 20,25 % = 10,999% dengan berat volume kering 1,23 g/cm<sup>3</sup>, dan nilai CBR terkecil adalah 0,908 % dengan kadar air 73,62 % dan berat volume kering 0,86 g/cm<sup>3</sup>. Besarnya nilai CBR yang dicapai pada penambahan kadar air disebabkan kondisi tanah pada kadar air 20,25 % dalam kondisi daerah rentang padat (keadaan keras) sehingga tekanan pada pengujian tinggi yaitu 10,999 %. Kondisi ini berbeda pada saat penambahan kadar air 73,62 % nilai CBR mengalami penurunan drastis, disebabkan jika tanah lempung telah melewati plastisitasnya, yang terjadi adalah penurunan daya dukung/kekuatan seiring bertambahnya kadar air. Sedangkan pada kadar air 26 % dimana batas kadar air optimum nilai CBR lebih kecil dari kadar air 20,25 % menggambarkan kondisi

yang tidak real dilapangan. Untuk mendapatkan nilai nilai CBR yang real dimana pengaruh kandungan air pada tanah dasar terhadap nilai CBR, dimana kekuatan tanah dasar banyak bergantung pada kadar airnya perlu dilakukan penelitian CBR soaked (rendaman) dengan memakai batasan kadar air optimum. Makin tinggi kadar airnya makin kecil nilai CBR dari tanah lempung itu sendiri. Walau demikian, tidak berarti tanah dasar sebaiknya dipadatkan dengan kadar air rendah untuk mendapatkan nilai CBR tinggi, karena air tidak tahan konstan pada nilai rendah.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan uraian dalam pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari penelitian sifat fisik tanah yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang menurut system klasifikasi *Unified Soil Classification System* tanah yang berasal dari desa Pulorejo kecamatan Purwodadi kabupaten Grobogan KM 6,8 adalah termasuk tanah dalam golongan CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clay*). Sedangkan menurut AASTHO Menurut sistem klasifikasi tanah AASTHO pada **Tabel 2.3** dari data pengujian diperoleh  $F = 94,08 \%$ , karena lebih besar dari  $35 \%$  lolos saringan no. 200, maka termasuk jenis lanau atau lempung  $LL = 30,14 \%$  kemungkinan dapat dikelompokkan A-5 ( $41 \%$  minimum), A-7-5 atau A-7-6 ( $41 \%$  minimum);  $PI = 47,63 \%$  kemungkinan kelompok A-7-5 atau A-7-6. Untuk membedakan keduanya dihitung  $LL - 30 = 77,77 \%$  -  $30 = 47,77 \%$ , dimana  $PI < (LL - 30)$ . Untuk  $IP = 47,63 \%$  dengan  $47,63 \%$  <  $47,77 \%$  tanah dikelompokkan A-7-5 termasuk tanah berlempung biasa sampai jelek.
2. Berdasarkan penelitian sifat mekanik tanah yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang nilai

CBR tertinggi adalah 10,999 % pada batas susut dengan kadar air 20,25 % dan nilai CBR 0,908 % terendah pada batas cair dengan penambahan kadar air 73,62 %.

3. Adanya penambahan air yang dilakukan dalam pemadatan dengan energi tekanan ( $342,374 \text{ kJ/m}^3$ ) yang sama hingga mendekati batas cair (daerah rentang cair) menyebabkan berat volume kering mengalami penurunan. Makin tinggi kadar air yang ditambahkan, maka makin kecil nilai CBR dari tanah lempung itu sendiri. Perubahan kandungan air pada tanah dasar berpengaruh terhadap nilai CBR, dimana kekuatan tanah dasar banyak bergantung pada kadar airnya.
4. Terdapat pengaruh untuk usaha pemadatan yang tetap dengan penambahan kadar air pada uji CBR laboratorium, dimana nilai CBR tertinggi = 10,999 % dicapai pada penambahan kadar air 20,25 % dan 21, 80 % (batas susut).

## **5.2 SARAN**

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk memperhitungkan pengaruh air terhadap kekuatan tanah dengan percobaan CBR terendam dengan penambahan kadar air pada kondisi kadar air optimum, karena perilaku air yang tidak tahan konstan pada nilai yang rendah.
2. Untuk meminimalisir penyerapan air pada perkerasan jalan, maka adanya tambahan bangunan drainase disisi bahu jalan yang mampu menampung debit air ketika musim penghujan tiba. Sehingga genangan air dan kerusakan perkerasan akibat air dapat berkurang.

3. Perlu penelitian lebih lanjut yang berkaitan peningkatan daya dukung tanah dasar dan pemilihan bahan perkerasan yang dipergunakan.
4. Pelaksanaan pekerjaan pemadatan tanah dilapangan sebaiknya dilakukan sebelum musim penghujan tiba, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan proses pelaksanaan, karena sifat tanah lempung yang mudah jenuh dan menyerap air ketika musim penghujan dapat menghambat proses pekerjaan pemadatan yang sedang berlangsung.





## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. *Buku Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah*. Laboratorium Mekanika Tanah. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Aldillah, J. 2009. *Mining Engineering. California Bearing Ratio (CBR Method) dan Ukuran Butir*, (Online), (<http://california-bearing-ratio-cbr-method-dan.htm>, diakses 5 Juni 2009).
- Ayuningtyas, FS. 2008. *Stabilisasi Tanah Lempung Desa PuloKulon Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan Menggunakan Campuran Bubuk Batu Bata dan Kapur Terhadap Nilai CBR*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil S1 FT UNNES.
- Bowles J.E, alih bahasa oleh Hainim J.K. 1991. *Sifat – sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Daryanto. 2000. *Pengaruh Penambahan abu Sekam Padi Terhadap Nilai CBR Laboratorium Tanah Lempung untuk Stabilisasi Subgrade*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.
- Das B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama,
- Junaedi, Tas'an. 2008. *Perilaku Soil Cement Base Akibat Adanya Resapan Air*. Prosiding pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II, Universitas Lampung, 17-18 November.
- Oglesby C.H dan Hicks R.G, 1996, *Teknik Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga
- Setiawan, Arif. 2008, *Pemanfaatan Abu Sekam Padi (RHA) dan Portland Cement (PC) sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Ditinjau dari Nilai Swelling dan CBR*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.
- Sumarji. 1998. *Kajian Hubungan Nilai CBR Tanah Lempung yang Dipadatkan pada Kadar Air Optimum Terhadap Perubahan Kadar Air*. Journal Page 2, (Online), ([http://mstt.ugm.ac.id/abstrak/abs\\_2.htm](http://mstt.ugm.ac.id/abstrak/abs_2.htm), diakses 26 Agustus 2009)

- Terzaghi K dan Peck R.B. 1993, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.
- Usman, Taufik. 2008. *Pengaruh Stabilisasi Tanah Berbutir Halus yang Distabilisasi Menggunakan Abu Merapi pada Batas Konsistensi dan CBR Rendaman*. Yogyakarta: Tugas Akhir S, Jurusan Teknik Sipil FT UII.
- Yulianti, Fera. 2007. *Stabilisasi Tanah Lempung Purwodadi dengan Campuran Abu Batu Bara dan Kapur Ditinjau dari Nilai CBR dan Swelling*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.

