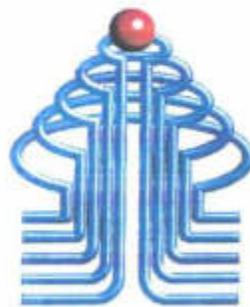


LAPORAN PENELITIAN

PENGGUNAAN COAL SLAG (TERAK BATUBARA)  
SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH DASAR  
JALAN RAYA

Dikerjakan Oleh :

Ir. Idrus M.Sc  
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN

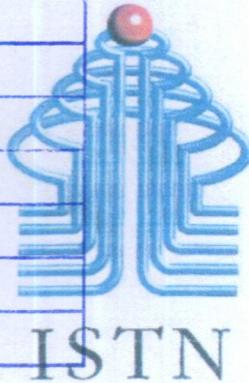


ISTN

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL  
J A K A R T A  
2001

**LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN PENELITIAN**

Tanggal	: 19/03/2002
No. Inventaris	:
Kode Eksemplar	:
No. Panggil	:
Sumber	:
Lokasi	:
Paraf	:



**PENGUNAAN COAL SLAG  
(TERAK BATUBARA)  
SEBAGAI BAHAN STABILISASI  
TANAH DASAR JALAN RAYA**

Dikerjakan Oleh:  
Ir .Idrus M.Sc, (Staff Pengajar Jurusan Teknik  
Sipil)

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Harry Hartawan, M.T

Program Studi Teknik Sipil  
Institut Sain dan Teknologi Nasional  
Jakarta 2001

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rakhmat dan Karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian ini dengan sebaik-baiknya.

Pembuatan Laporan Penelitian ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus diselesaikan pada Fakultas Teknik Sipil - Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta.

Laporan Penelitian ini berjudul **"Penggunaan Coal Slag (Terak Batubara) Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Jalan Raya"**.

Dalam menyusun laporan penelitian ini, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan - kekurangan, karena keterbatasan dan kemampuan yang ada. Walaupun demikian laporan penelitian ini telah dibuat dengan usaha semaksimal mungkin dengan dukungan dan bantuan yang diberikan dari berbagai pihak.

Penulis menyadari bahwa Laporan Penelitian ini masih kurang sempurna, oleh karena itu segala saran dan kritikan yang membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Akhir kata, mudah - mudahan laporan Penelitian ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi perkembangan ilmu Teknik Sipil.

Jakarta, 2001  
Penulis

(Ir. IDRUS M.Sc)

## DAFTAR ISI

### ABSTRAK

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR NOTASI .....	xi

### BAB I : PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan .....	3
1.3. Ruang Lingkup .....	3
1.4. Metodologi Penulisan .....	4
1.5. Sistematika Penulisan .....	4

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Tanah .....	7
2.1.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASTHO ..	7
2.1.2. Klasifikasi Tanah Sistem Unified .	12
2.2. Tanah Dasar Sebagai Bagian	
Konstruksi Jalan Raya .....	17
2.3. Stabilisasi Tanah Dasar .....	19
2.3.1. Prinsip - Prinsip Stabilisasi .....	20

2.3.2. Metoda - Metoda Stabilisasi .....	22
2.4. Pengertian Umum Tentang Tanah Lempung	
2.4.1. Mineral Primer .....	25
2.4.2. Mineral Sekunder .....	25
2.5. Coal Slag (Terak Batubara) sebagai bahan Stabilisasi .....	27
2.5.1. Karakteristik dan Spesifikasi Coal Slag (Terak Batubara) .....	28
2.5.2. Reaksi Coal Slag (Terak Batubara) Dengan Tanah Lempung .....	29
2.6. Teori - Teori Laboratorium .....	31
2.6.1. Berat Jenis ( Specific Gravity )..	31
2.6.2. Analisa Ukuran Butir .....	32
2.6.3. Batas - Batas Atterberg .....	34
2.6.4. Pemasatan ( Compaction ) .....	36
2.6.5. California Bearing Ratio ( CBR )..	39
2.6.6. Kuat Tekan Bebas ( Unconfined Compressive Strenght ) .....	44

### BAB III : PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM

3.1. Diagram Alir Program Kerja .....	46
3.2. Persiapan Material .....	48
3.3. Prosedur Pencampuran .....	48
3.4. Prosedur Pemeriksaan .....	49
3.4.1. Pemeriksaan Berat Jenis .....	49
3.4.2. Pemeriksaan Analisa Ukuran Butir..	50

3.4.3. Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg.	51
3.4.4. Pemeriksaan Pemasatan .....	52
3.4.5. Pemeriksaan California Bearing Ratio ( CBR ) .....	53
3.4.6. Pemeriksaan Kuat Tekan Bebas .....	54

#### BAB IV : PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Tanah Kapuk Jakarta Barat ..	56
4.2. Pengaruh Coal Slag Terhadap Plastisitas Tanah .....	64
4.3. Pengaruh Coal Slag Terhadap Berat Jenis..	71
4.4. Pengaruh Coal Slag Terhadap Hubungan Antara Kepadatan dan Kadar Air .....	73
4.5. Pengaruh Coal Slag Terhadap Kekuatan Tanah .....	79
4.5.1. California Bearing Ratio .....	79
4.5.2. Kuat Tekan Bebas .....	88

#### BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan .....	91
5.2. Saran .....	94

DAFTAR PUSTAKA .....	95
LAMPIRAN .....	96

## DAFTAR TABEL

		Kriteria	Halaman
1.	Tabel 2.1.	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO ...	8
2.	Tabel 2.2.	Mineral Silikat Primer & Silikat Sekunder Yang Umum Dijumpai Dalam Tanah .....	26
3.	Tabel 4.1.	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO ...	62
4.	Tabel 4.2.	Hasil Analisa Kimia Tanah .....	57
5.	Tabel 4.3.	Hasil Analisa Mineral Lempung .....	58
6.	Tabel 4.4.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Batas - Batas Atterberg .....	68
7.	Tabel 4.5.	Hasil Pemeriksaan Specific Gravity.	71
8.	Tabel 4.6.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Karakteristik Pematatan Standar ...	74
9.	Tabel 4.7.	Pengaruh Coal Slag Terhadap CBR Tidak Terendam (Unsoaked) Dengan Berbagai Masa Pemeraman .....	81
9.	Tabel 4.8.	Pengaruh Coal Slag Terhadap CBR Terendam (Soaked) Dengan Berbagai Masa Pemeraman .....	81
10.	Tabel 4.9.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Pembengkakan (Swelling) Dengan Berbagai Masa Pemeraman .....	86
11.	Tabel 4.10.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Kuat Tekan Bebas Dengan Berbagai Masa Pemeraman .....	89

## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
1.	Gambar 2.1. Grafik Batas Cair & Indeks Plastis Untuk Tanah Lanau-Lempung .....	10
2.	Gambar 2.2. Grafik Indeks Kelompok .....	11
3.	Gambar 2.3. Grafik Pembagian Ukuran Butir ....	15
4.	Gambar 2.4. Susunan Lapis Konstruksi Jalan ...	17
5.	Gambar 2.5. Grafik Pembagian Ukuran Butir ....	33
6.	Gambar 2.6. Hubungan Berat Isi & Kadar Air ...	37
7.	Gambar 2.7. Grafik CBR Pada Pembebanan Standar & Koreksi Hasil Pembebanan .....	42
8.	Gambar 2.8. Penentuan Nilai Kepadatan Dan CBR.	43
9.	Gambar 2.9. Skema Pengujian Tekan Bebas .....	44
10.	Gambar 4.1. Grafik Pembagian Ukuran Butir ....	60
11.	Gambar 4.2. Grafik Indeks Kelompok .....	61
12.	Gambar 4.3. Grafik Plasticity Chart Tanah Lempung Kapuk .....	63
13.	Gambar 4.4. Pengaruh Coal Slag Terhadap Plastisitas Tanah .....	69
14.	Gambar 4.5. Pengaruh Coal Slag Terhadap Perubahan Klasifikasi Tanah Lempung..	70
15.	Gambar 4.6. Pengaruh Penambahan Coal Slag Terhadap Perubahan Berat Jenis (Gs)..	72
16.	Gambar 4.7. Pengaruh Coal Slag Terhadap Berat Isi Kering Max. Pada Percobaan Pemadatan Standar .....	75

17. Gambar 4.8.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Hubungan Antara Kadar Air Optimum Dengan Kadar Coal Slag .....	76
18. Gambar 4.9.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Hubungan Antara Kadar Air & Kepadatan ..	77
19. Gambar 4.10.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Nilai CBR Pada Keadaan Tidak Terendam (Unsoaked) .....	83
20. Gambar 4.11.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Nilai CBR Pada Keadaan Terendam (Soaked) ..	84
21. Gambar 4.12.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Pengembangan Dengan Berbagai Masa Pemeraman .....	87
22. Gambar 4.13.	Pengaruh Coal Slag Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas .....	90

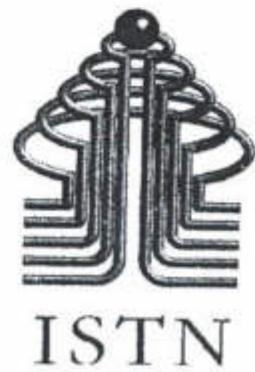
## DAFTAR NOTASI

Simbol	Penjelasan
Inggris	
a	Variabel fungsi $x^2$ pada persamaan regresi tingkat dua
b	Variabel fungsi $x$ pada persamaan regresi tingkat dua
C	Kalibrasi pada pemeriksaan CBR dan Kuat Tekan Bebas
CBR unsoaked	Nilai CBR kering (tidak direndam)
CBR soaked	Nilai CBR rendam
CH	Jenis tanah lempung dengan batas cair tinggi
c	Konstanta pada persamaan regresi tingkat dua
d	Diameter contoh
Gs	Berat jenis tanah
Gt	Berat jenis air pada temperatur percobaan
LL	Batas cair pada percobaan Atterberg
ML & OL	Jenis tanah lanau dengan batas cair rendah dan organik dengan batas cair rendah
N	Jumlah pukulan pada uji batas cair
PC	Semen portland type I

Simbol	Penjelasan
PI	Indeks Plastisitas pada percobaan Atterberg
PL	Batas plastis pada percobaan Atterberg
qu	Nilai Kuat Tekan Bebas maksimum
SL	Batas susut pada percobaan Atterberg
Swell	Pengembangan yang terjadi pada uji CBR soaked
t	Waktu
V	Volume tanah
Va	Volume udara
Vd	Volume kering tanah
Vs	Volume butiran tanah
W1	Berat piknometer kosong
W2	Berat piknometer + tanah
W3	Berat piknometer + tanah + air
W4	Berat piknometer + air
Wn	Kadar air pada pukulan ke N pada uji batas cair
Wopt	Kadar air optimum pada percobaan pemadatan
Wr	Kadar air rencana
Ws	Berat kering tanah
Wt	Berat tanah basah
Ww	Berat air
w	Kadar air tanah

Simbol	Penjelasan
Yunani	
$Y$	Berat isi butiran
$Y_d$	Berat isi kering
$Y_{dmax}$	Berat isi kering maksimum
$Y_w$	Berat isi air

**BAB I**  
**PENDAHULUAN**



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. LATAR BELAKANG.

Dalam masa pembangunan sekarang ini, jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam fungsinya untuk menghubungkan daerah yang satu dengan daerah lainnya.

Dengan meningkatnya pembangunan akan meningkatkan pula kepadatan lalu lintas yang melalui jalan raya, yang tentunya menuntut tingkat pelayanan yang semakin tinggi. Hal ini dapat dicapai antara lain dengan menentukan tebal perkerasan konstruksi jalan raya yang sesuai.

Pada saat ini, sebagian besar jalan raya di Indonesia menggunakan konstruksi perkerasan lentur / flexible pavement, dimana kekuatan tanah dasarnya memegang peranan penting dalam menentukan tebal perkerasan yang dibutuhkan.

Mengingat kekuatan konstruksi ini banyak tergantung dari kekuatan tanah dasarnya, maka kekuatan tanah dasar perlu mendapat perhatian yang lebih serius.

Tanah sebagai bahan konstruksi jalan mempunyai kemungkinan penggunaan yang luas, sebab dalam kenyataannya tanah dalam keadaan asli merupakan suatu

bahan yang mempunyai karakteristik yang kompleks dan bervariasi. Dalam beberapa hal tanah belum tentu langsung dapat digunakan sebagai lapis dasar perkerasan (sub grade).

Untuk dapat digunakan sesuai dengan syarat-syarat yang ditentukan dalam konstruksi perkerasan jalan raya, ada beberapa alternatif yang dapat digunakan :

1. menerima tanah tersebut sebagaimana standar kualitas tanah yang ada,
2. mengganti dengan tanah lain yang lebih baik,
3. mengubah atau memperbaiki karakteristik yang ada sehingga didapatkan karakteristik yang lebih baik sesuai dengan syarat yang dikehendaki.

Alternatif terakhir inilah yang disebut stabilisasi tanah (soil stabilization).

Ada beberapa macam metode stabilisasi tanah yang biasa digunakan pada konstruksi jalan, termasuk didalamnya stabilisasi mekanis dan stabilisasi dengan bahan kimia.

Dalam tulisan ini akan dipelajari stabilisasi tanah dengan bahan coal slag (terak batubara).

Coal slag adalah hasil sampingan atau limbah dari pembakaran batubara yang akan digunakan untuk memperbaiki karakteristik tanah dengan cara menurunkan indeks plastisitas tanah, sehingga kekuatan tanah meningkat.

Untuk keperluan tersebut, maka dilakukan penelitian pada tingkat laboratorium, dengan menggunakan tanah dari daerah Kapuk, Cengkareng, Jakarta Barat.

Dengan demikian dapat diketahui pengaruh penggunaan coal slag sebagai bahan stabilisasi tanah (soil stabilizer) untuk jalan, yang digunakan pada jenis tanah tersebut.

### 1.2. MAKSUD DAN TUJUAN.

Maksud dari studi ini adalah memperdalam pengertian dan pemahaman tentang stabilisasi tanah dasar untuk jalan raya, khususnya stabilisasi tanah dasar dengan bahan coal slag.

Tujuannya adalah :

1. Mengetahui dan membandingkan karakteristik dari tanah yang digunakan, dalam keadaan asli dan setelah dicampur dengan coal slag.
2. Mengetahui besarnya kadar bahan stabilisasi coal slag yang efektif digunakan dalam campuran.

### 1.3. RUANG LINGKUP

Lingkup pembahasan dititik beratkan pada stabilisasi tanah dasar jalan raya, dalam hal ini adalah tanah dari daerah Kapuk, dengan bahan coal slag.

Kriteria yang digunakan untuk mengetahui pengaruh stabilisasi dengan coal slag, didasarkan pada faktor

kekuatan tanah, dengan menggunakan parameter California Bearing Ratio ( CBR ) dan Kuat Tekan Bebas ( Unconfined Compressive Strength ), serta perubahan sifat/karakteristik tanah, berdasarkan percobaan Batas-batas Atterberg.

Penulisan ini hanya terbatas pada hasil percobaan yang dilakukan di laboratorium, sesuai dengan diagram alir pekerjaan yang digunakan.

#### 1.4. METODOLOGI PENULISAN

Metoda yang digunakan dalam penulisan ini adalah dengan melakukan penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Institut Sains & Teknologi Nasional, Jakarta.

Untuk itu sebagai pendekatan masalah adalah :

- mempelajari buku pustaka,
- melakukan percobaan di laboratorium,
- menganalisa hasil percobaan dihubungkan dengan teori,
- membuat kesimpulan dan saran.

#### 1.5. SISTEMATIKA PENULISAN.

Penulisan tugas akhir ini terbagi dalam 5 bab, dengan tahapan secara garis besar adalah sebagai berikut:

## **BAB I : PENDAHULUAN**

Dikemukakan mengenai latar belakang permasalahan dari penulisan tugas akhir ini, dilengkapi dengan maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup serta metodologi yang digunakan, ditutup dengan sistematika penulisan.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.**

Dalam bab ini diuraikan mengenai teori yang menunjang masalah yang akan dibahas, meliputi teori klasifikasi tanah, tanah dasar sebagai bagian konstruksi jalan raya, stabilisasi tanah dasar, coal slag sebagai bahan stabilisasi, dan pengujian di laboratorium.

## **BAB III : PROSEDUR PENGUJIAN DI LABORATORIUM.**

Dalam bab ini diuraikan mengenai diagram alir yang digunakan untuk pengujian di laboratorium, persiapan material yang digunakan, serta prosedur pencampuran dan pemeriksaannya.

## **BAB IV : PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN.**

Dalam bab ini diberikan semua hasil-hasil yang didapat, dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya akan dibahas mengenai keadaan tanah dalam keadaan asli

itu sendiri, pengaruh coal slag terhadap plastisitas tanah, pengaruh coal slag terhadap hubungan antara kepadatan dan kadar air, serta pengaruh coal slag terhadap kekuatan tanah.

#### BAB V :KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian, serta dikemukakan pula saran yang mungkin dapat dipakai dalam pekerjaan stabilisasi tanah dengan coal slag.

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. KLASIFIKASI TANAH

Klasifikasi tanah adalah cara untuk menentukan jenis tanah, sehingga diperoleh gambaran tentang karakteristik / sifat tanah. Karena metoda stabilisasi sangat berpengaruh kepada jenis tanah yang akan distabilisasi, maka klasifikasi dari suatu jenis tanah merupakan persyaratan yang harus diketahui lebih dahulu, sebelum pekerjaan stabilisasi tanah dapat dilaksanakan.

Ada dua cara yang paling umum digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah, yaitu klasifikasi tanah sistem AASTHTO dan klasifikasi tanah sistem Unified.

##### 2.1.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASTHO.

Klasifikasi tanah ini dikembangkan oleh American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), sehingga disebut Klasifikasi Tanah Sistem AASTHO.

Sistem ini menunjukkan kelakuan dari tanah dan disusun seperti pada tabel 2.1.

Untuk mendapatkan kelompok tanah dengan menggunakan sistem ini, diperlukan data dari hasil pengujian

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASTHO

KLASIFIKASI UMUM	BAHAN BERBUTIR KASAR 35% atau kurang lewat No. 200										BAHAN BERBUTIR HALUS 35% atau lebih lewat No. 200									
	A-1		A-3	A-2						A-4	A-5	A-6	A-7							
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7													
Klasifikasi Kelompok	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
Analisa saringan (% lolos)	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
No. 10	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
No. 40	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
No. 200	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
Sifat fraksi yang lewat No. 40:	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
Batas Cair	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
Indeks Plastisitas	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
Jenis Umum	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max
Tingkat umum sebagai tanah dasar	50 max	30 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max	50 max	30 max	15 max

CATATAN: Indeks Plastisitas untuk subkelompok A-7-5 < LL - 30, sedang  
Indeks Plastisitas untuk subkelompok A-7-6 > LL - 30.

Untuk mendapatkan kelompok tanah dengan menggunakan sistem ini, diperlukan data dari hasil pengujian tanah terhadap ukuran butir, batas cair dan indeks plastisitas. Selanjutnya dengan menjalankan proses dari kiri ke kanan dari tabel tersebut akan didapatkan kelompok yang tepat sesuai dengan data yang didapat.

Sistem AASTHO membagi tanah dalam tujuh kelompok tanah yang dimulai dari kelompok A-1 sampai dengan A-7.

Kelompok A-1 sampai A-3 merupakan bahan berbutir kasar dengan menggunakan kriteria 35% atau kurang bahan lolos saringan No. 200. Sedangkan kelompok A-4 sampai A-7 merupakan bahan berbutir halus yang terdiri dari lanau dan lempung dengan kriteria lebih dari 35% bahan lolos saringan No. 200.

Kelompok A-1 merupakan tanah yang sangat baik, mempunyai plastisitas yang kecil, kelompok ini mempunyai 2 sub kelompok, yaitu A-1a dan A-1b.

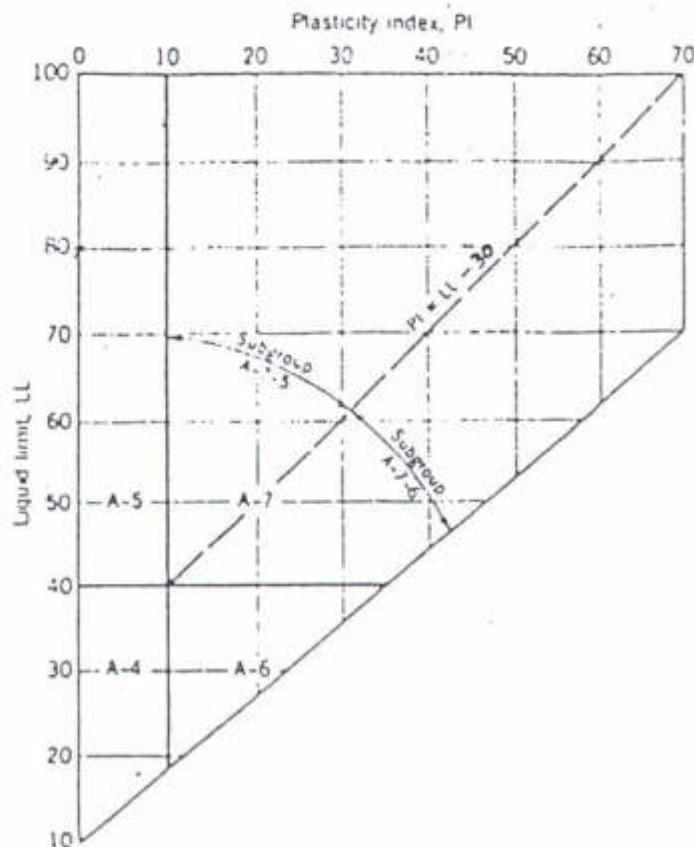
Kelompok A-3 disusun lebih dulu dari A-2, karena menunjukkan keadaan bahan yang lebih baik dari kelompok A-2 tetapi tidak sebaik kelompok A-1. Bahan yang termasuk dalam kelompok ini adalah bahan yang non plastis.

---

<sup>1</sup> Bowles, Joseph E., Physical And Geotechnical Properties of Soils, Mc Graw Hill Book Co., Singapore, 1984.

Kelompok A-2 merupakan peralihan antara kelompok bahan berbutir kasar dan berbutir halus. Kelompok ini mempunyai 4 subkelompok, yaitu A-2-4 sampai A-2-7.

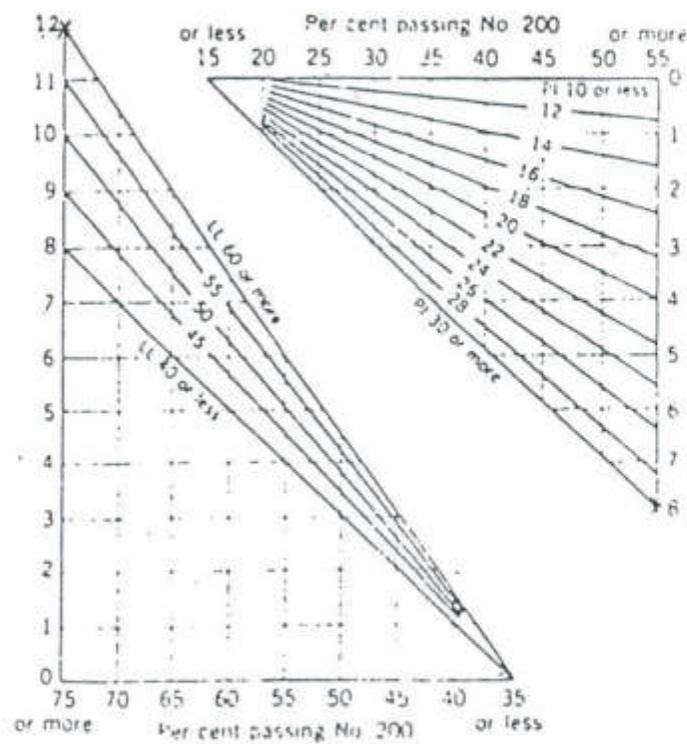
Kelompok A-4 sampai A-7 merupakan bahan berbutir halus yang terdiri dari lanau dan lempung. Kelompok A-4 sampai A-6 tidak mempunyai subkelompok, sedangkan kelompok A-7 mempunyai 2 subkelompok, yaitu A-7-5 dan A-7-6. Bahan termasuk sub kelompok A-7-5 jika  $PI < LL - 30$  dan termasuk subkelompok A-7-6 jika  $PI > LL - 30$ . Untuk mempermudah dapat dipergunakan gambar 2.1



Gambar 2.1. Grafik Batas Cair dan Indeks Plastis

Untuk Tanah Lanau - Lempung (A-4 sampai A-7)

Untuk menentukan tingkat relative dari bahan didalam suatu subkelompok, maka diberikan indeks kelompok (group index, GI). Indeks kelompok adalah fungsi dari persentase bahan lolos saringan No. 200 dan batas atterbeng. Indeks kelompok disusun seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Grafik Indeks Kelompok

Secara umum klasifikasi tanah sistem AASHTO menganggap tanah sebagai berikut :

1. Lebih buruk untuk dipakai dalam pembangunan jalan, apabila kelompoknya berada di kanan dalam tabel 2.1., yaitu tanah A-6 lebih tidak memuaskan jika dibanding- kan dengan tanah A-5.
2. Lebih buruk untuk dipakai dalam pembangunan jalan, apabila indeks kelompok bertambah untuk subkelompok tertentu, misal tanah A-6(3) adalah lebih tidak memuaskan dari pada tanah A-6(1).

#### 2.1.2. Klasifikasi Tanah Sistem Unified

Sistem ini dikembangkan oleh Prof. A. Casagrande, dimana di dalam sistem ini dibahas mengenai bentuk dan hal yang biasa terdapat pada unsur pokok dari tanah yang termasuk di dalamnya mengenai ukuran butir, gradasi, derajat keliatan, dan bahan organik yang terkandung pada tanah tersebut.<sup>2</sup>

Sistem ini membagi tanah dalam tiga kelompok, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar.

Didefinisikan sebagai tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 200 kurang dari 50%. Termasuk di-

---

<sup>2</sup> Krebs, Robert D. and Richard D. Walker, Highway Materials, Mc. Graw-Hill Book Inc, USA, 1971.

dalamnya ialah kerikil dan tanah kekerikilan, pasir dan tanah kepasiran. Yang termasuk didalam kerikil ialah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 4 < 50%, sedang tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 4 > 50% termasuk golongan pasir. Baik pasir maupun kerikil masih dibagi lagi berdasarkan ukuran butir, gradasi dan sifat plastisitasnya yang dominan dalam menentukan jenis kelompoknya.

## 2. Tanah berbutir halus.

Didefinisikan sebagai tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No. 200 lebih dari 50%. Tanah berbutir halus ini terdiri atas Lanau (M, mo, silt) dan Lempung (C, clay), yang didasarkan pada batas cair dan indeks plastisitasnya.

Tanah Organik (O, organic) juga termasuk dalam fraksi ini. Jadi pembagian kelompok didalam tanah berbutir halus ini berdasarkan pada hubungan antara batas cair (LL, liquid limit) dan indeks plastisitas (PI, plasticity Index), serta melihat ada atau tiadanya bahan organik.

## 3. Tanah Organik Tinggi.

Adalah tanah dengan tekstur organis yang tinggi, tidak dibagi lagi, tetapi diklasifikasikan dalam satu kelompok Peat (Pt).<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Shirley L. H. Ir, Geoteknik dan Mekanika Tanah, Nova, Bandung, 1971.

Simbol huruf yang dipakai untuk menentukan kelompok tanah adalah sebagai berikut :

- . Kerikil - G (Gravel)
- . Pasir - S (Sand)
- . Lanau - M (Mo, Silt)
- . Lempung - C (Clay)
- . Organik - O (Organic)
- . Humus - Pt (Pt)

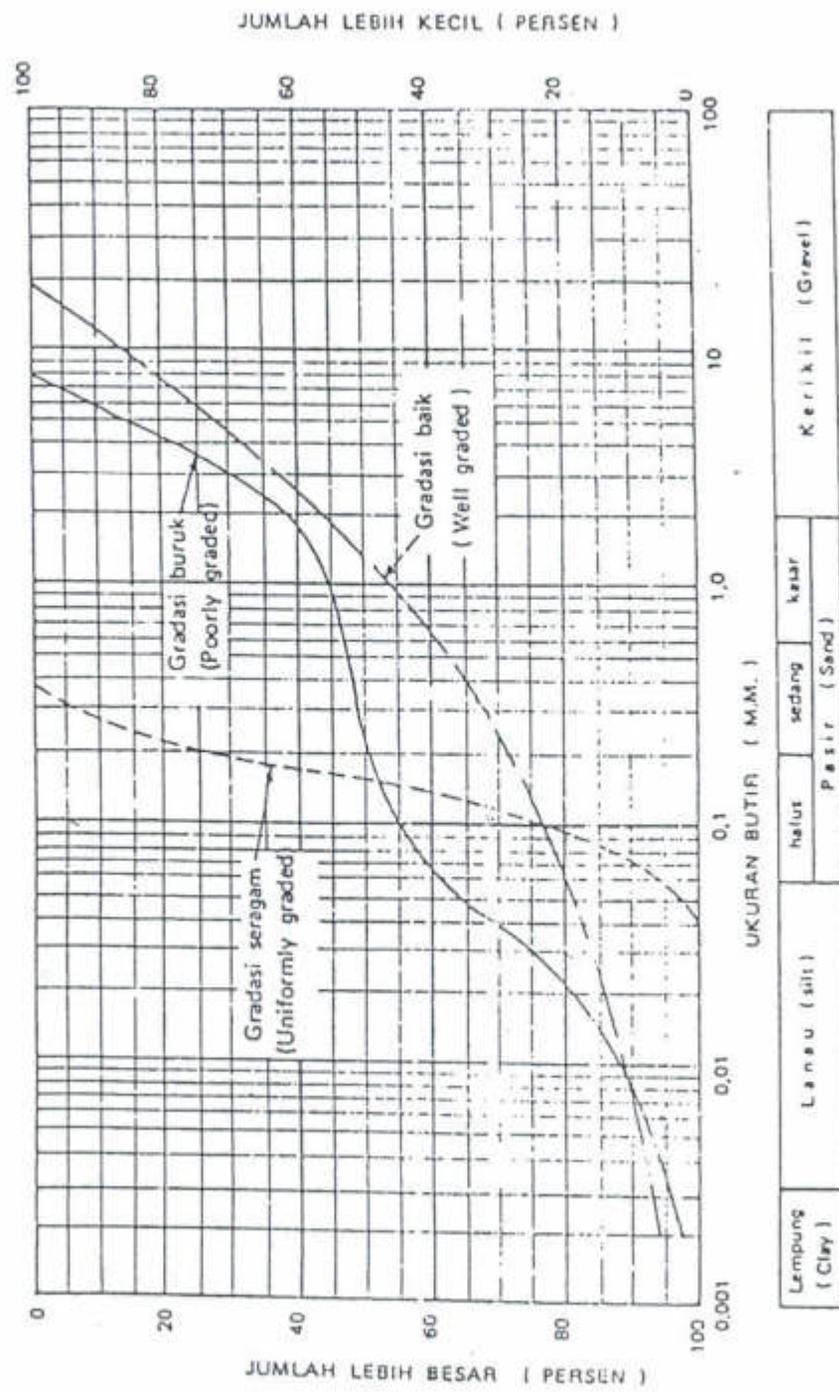
Untuk tanah berbutir kasar, kerikil dan pasir, dapat dikombinasikan dengan keadaan :

- . Bergradasi baik - W (Well Graded)
- . Bergradasi buruk - P (Poor Graded)
- . Kelanauan - M (Silty)
- . Kelempungan - C (Clayey)

Untuk tanah berbutir halus, yaitu lanau, lempung dan organik, dikombinasikan dengan :

- . Batas cair tinggi - H (High Plasticity)
- . Batas cair rendah - L (Low Plasticity)

Klasifikasi kedalam golongan lanau atau lempung dilakukan dengan mempergunakan Diagram Plastisitas (Plasticity Chart), yang merupakan grafik indeks plasti- sitas (PI) terhadap batas cair (LL), dimana digambarkan sebuah garis diagonal yang disebut Garis-A (A-Line) dan satu garis tegak lurus ditarik pada batas cair 50.



Gambar 2.3. Grafik Pembagian Ukuran Butir

dan MH) atau tanah-tanah organik (OL dan OH). Garis tegak lurus, pada batas cair 50 memisahkan lanau dan lempung yang batas cairnya rendah (L) dan batas cairnya tinggi (H). Jika LL kurang dari 50 disebut batas cair rendah dan jika LL lebih dari 50 disebut batas cair tinggi.<sup>4</sup>

## 2.2. TANAH DASAR SEBAGAI BAGIAN KONSTRUKSI JALAN RAYA.

Konstruksi jalan raya terdiri dari tanah dasar (subgrade) dan perkerasan jalan (pavement). Bagian-bagian perkerasan jalan adalah merupakan lapis-lapis material yang dipilih dan dikerjakan menurut persyaratan tertentu sesuai dengan macam dan fungsinya untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi : lapis pondasi bawah (subbase course), lapis pondasi (base course), dan lapis permukaan (surface course).

---

<sup>4</sup> Wesley, L. D., Dr. Ir., Mekanika Tanah, Badan Penerbit Umum, Jakarta, 1977.

Sehingga susunan konstruksi jalan adalah seperti terlihat pada gambar 2.4.<sup>5</sup>, berikut ini.



Gambar 2.4. Susunan Lapis Kontruksi Jalan

Sesuai dengan permasalahan yang akan dibahas yaitu stabilisasi tanah yang menyangkut tanah dasar, maka lapis tanah dasar saja yang akan ditinjau dalam penulisan ini.

Tanah dasar adalah bagian yang berada di bawah struktur perkerasan. Fungsinya sebagai pendukung tegangan desak akibat beban lalulintas yang telah disebarkan melalui lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari karakteristik dan daya dukung tanah dasar, terutama pada perkerasan lentur/flexible pavement. Kekuatan tanah dasar akan menentukan tebal tipisnya ketebalan lapisan konstruksi perkerasan diatas

<sup>5</sup> Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya, No.01/PD/B/1933

nya. Semakin tinggi kekuatan tanah dasar, maka semakin tipis ketebalan perkerasan yang harus dibuat. Sebaliknya jika kekuatan tanah dasar kecil, maka ketebalan perkerasan semakin besar.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada tanah dasar adalah:<sup>6</sup>

- Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tertentu akibat beban lalu lintas.
- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- Tidak seragamnya daya dukung tanah.
- Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas yang berulang sehingga terjadi penurunan.

Untuk mencegah timbulnya persoalan diatas serta mengingat begitu pentingnya peranan dan pengaruh dari tanah dasar terhadap perkerasan jalan, maka tanah dasar hendaknya dipersiapkan dengan mantap agar konstruksi jalan raya nantinya dapat berfungsi dengan baik.

Biasanya kemantapan suatu tanah dilihat dari kekuatan tanah tersebut ditinjau dari daya dukungnya. Cara-cara yang umum dipakai sekarang ini merupakan cara

---

<sup>6</sup> Ibid., hal. 15.

empiris, yaitu cara yang tidak berdasarkan pada teori yang benar-benar tepat. Cara ini berdasarkan sebagian pada teori dan sebagian pada pengalaman, dan masing-masing memakai cara tersendiri untuk menentukan kekuatan tanah.

Cara yang paling umum dipakai, terutama di Indonesia, untuk mengetahui daya dukung dasar adalah CBR (California Bearing Ratio).<sup>1</sup> Tetapi ada cara lain yang juga digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar yaitu cara Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compressive Strength).

Dalam penelitian ini dilakukan pemeriksaan laboratorium untuk kedua cara tersebut. Selanjutnya nilai-nilai yang didapat dari hasil pemeriksaan digunakan untuk mengetahui tingkatan kekuatan tanah yang digunakan dalam fungsinya sebagai bagian konstruksi jalan raya, sesuai dengan syarat-syarat yang telah ditetapkan.

### **2.3. STABILISASI TANAH DASAR**

Pada pembangunan suatu badan jalan, keadaan dari tanah perlu ditinjau untuk mengetahui apakah tanah tersebut cukup memadai untuk digunakan sebagai lapis dasar perkerasan.

---

<sup>1</sup> Wesley, op. cit., hal. 13

Tanah belum tentu dapat langsung digunakan sebagai lapis dasar (subgrade), entah keseluruhan atau sebagian dari syarat-syarat yang ditentukan. Jarang dijumpai tanah yang demikian saja dapat dipakai serta dipadatkan hingga mencapai nilai kekuatan (daya dukung) sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam hal ini stabilisasi tanah (soil stabilizati-on), adalah salah satu cara yang dapat dipakai untuk meningkatkan mutu dari tanah dasar sebelum digunakan. Karena dengan stabilisasi tanah berarti mencampur tanah dengan suatu bahan tertentu, yang berguna untuk mengubah atau memperbaiki mutu tanah asal, sehingga nantinya diharapkan akan diperoleh sifat-sifat tanah yang lebih baik sesuai dengan yang dikehendaki.

### 2.3.1. Prinsip-prinsip Stabilisasi.

Sifat-sifat/karakteristik tanah dapat diperbaiki dengan berbagai cara seperti dipadatkan, dicampur dengan bahan-bahan kimia seperti semen, kapur, garam dapur, maupun dengan bahan-bahan lain. Pada kenyataannya tidak satu metoda perbaikan tanahpun yang dapat dilakukan pada setiap jenis tanah dengan hasil yang sama baiknya. Hal ini disebabkan keaneka ragaman sifat masing-masing jenis tanah yang berbeda satu sama lainnya.

Ada tiga cara perbaikan tanah untuk konstruksi jalan raya, yaitu<sup>8</sup> :

1. Cara Mekanis.

Perbaikan tanah dilakukan tanpa penambahan bahan bahan lain. Perbaikan karakteristik tanah dapat dicapai dengan :

- membuang udara (mengurangi volume rongga) dari tanah dengan cara pemadatan;
- kadar air dijaga dalam suatu batas yang konstan, misalnya dengan drainase;
- perbaikan gradasi, yaitu penambahan fraksi tanah yang masih kurang.

2. Cara Fisik.

Cara ini memanfaatkan perubahan-perubahan fisik yang terjadi, seperti :

- perubahan temperatur, misal stabilisasi dengan aspal, aspal harus dicairkan dulu dengan jalan dipanaskan agar bisa dicampur;
- hidrasi (pemadaman), contoh proses hidrasi semen akan membentuk ikatan antar partikel tanah sehingga campuran semen dengan tanah akan mengeras;
- absorpsi (penyerapan), contoh penyerapan air oleh kapur pada stabilisasi dengan kapur;

---

<sup>8</sup> Kedzy, A., Stabilized Earth Roads, Elsvier Scientific Publishing Company, New York, 1979.

- evaporasi (penguapan), misal penguapan aspal emulsi.

### 3. Cara Kimiawi.

Dengan cara ini reaksi-reaksi kimia yang terjadi akan mengakibatkan perubahan sifat tanah, diantaranya :

- pertukaran ion, partikel tanah akan menyerap ion sehingga ion kompleks yang sama terbentuk dalam karakteristik tanah yang sama;
- presipitasi (pemisahan), partikel yang tidak dapat larut akan terpisah dari larutan asal dan bereaksi sebagai bahan stabilisasi (stabilizer);
- polimerisasi, pembentukan berat dan ukuran molekul;
- oksidasi, stabilisasi terjadi melalui proses oksidasi tetapi proses ini sukar untuk di mengerti.

#### 2.3.2. Metoda-metoda Stabilisasi Tanah.

Pada konstruksi jalan raya, perbaikan tanah dasar merupakan stabilisasi tanah dangkal, hal mana memungkinkan berbagai macam metode perbaikan yang digunakan. Metode stabilisasi tanah yang lazim digunakan pada konstruksi jalan diantaranya adalah :

- Stabilisasi mekanis, merupakan metoda dasar bagi stabilisasi tanah, karena perbaikan tanah dengan

- metoda lainnya tanpa terkecuali selalu diikuti dengan pemadatan;
- Stabilisasi dengan kapur, aspal, semen, garam dapur, abu sekam;
  - Dan banyak metoda lainnya yang menggunakan bahan kimia.

Pada penulisan ini, hanya akan dibahas stabilisasi tanah dasar dengan menggunakan bahan coal slag (terak batubata).

#### 2.4. PENGERTIAN UMUM TENTANG LEMPUNG

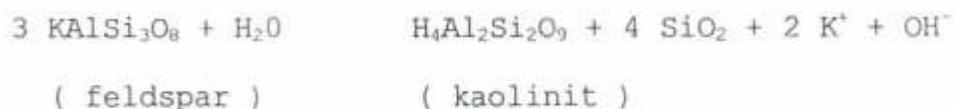
Lempung adalah salah satu bahan alami yang banyak terdapat pada permukaan kulit bumi dan telah lama dipergunakan oleh manusia.

Istilah lempung adalah istilah yang agak kabur bila tidak didefinisikan secara jelas, karena lempung dipergunakan dalam tiga arti, yaitu sebagai kelompok mineral berbutir halus, sebagai suatu jenis batuan, dan sebagai istilah ukuran besar butir.

Lempung sebagai istilah besar butir, dipergunakan untuk menyatakan besar butir yang paling halus. Maksimum ukuran besar butir yang termasuk didalam tingkat ukuran lempung adalah kurang dari 2 mikron menurut skala Wentworth. Lempung Sebagai istilah batuan adalah bahan berbutir halus, terdapat secara alami dan

bersifat tanah , tersusun oleh mineral-mineral lempung (senyawa alumina silikat) dan mineral non lempung sebagai pengotornya.

Edward P.Mc. Namara mendefinisikan lempung sebagai bahan tanah hasil penguraian bebatuan terutama feldspar, yang mengandung senyawaan alumina silikat hidrat, berbentuk butir halus dalam tingkat ukuran 2 mikron. Menurut Grim, mineral lempung terbentuk dari hasil penghancuran oleh iklim terhadap mineral primer atau bebatuan yang mengandung mineral feldspar, mika, piroksen, dan amfibola. Beberapa reaksi pembentukan mineral lempung yang berasal dari mineral primer feldspar dan mika dapat dilihat sebagai berikut :



Dalam keadaan alaminya, lempung terdiri dari mineral primer dan mineral sekunder.

#### 2.4.1. Mineral Primer

Mineral primer adalah mineral yang ada dalam batuan beku dan komposisinya tidak mengalami perubahan yang berarti. Mineral primer yang terdapat pada lempung antara lain : kwarsa, feldspar, mika, piroksen, amfibola, dan lain - lain.

#### 2.4.2. Mineral Sekunder

Mineral sekunder adalah mineral yang dihasilkan waktu batuan beku ( mineral primer) mengalami proses pelapukan atau proses hidrotermal. Lempung termasuk dalam mineral sekunder ini.

Tabel 2.2. Mineral silikat primer dan silikat sekunder yang umum dijumpai dalam tanah.

Kelompok/nama		Rumus
<u>Mineral Silikat Primer</u>		
Kwarsa		$\text{SiO}_2$
Feldspar	Ortoklas	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$
	Na-plagioklas	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
	Ca-plagioklas	$\text{CaAlSi}_3\text{O}_8$
Piroksen	Augit	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_4(\text{Mg}, \text{Fe})_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$
	Hipersten	$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$
	Diopsida	$(\text{Mg}, \text{Ca})\text{SiO}_3$
Amfibola	Hornblende	$(\text{Ca}, \text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
	Aktinolit	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Mika	Biotit	$\text{KAl}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
	Muskovit	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
<u>Mineral Silikat Sekunder</u>		
Mineral lempung	Kaolinit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
	Montmorilonit	$(\text{Al}, \text{Mg})_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$
	Illit	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{K}$

## 2.5. COAL SLAG ( TERAK BATUBARA ) SEBAGAI BAHAN

### STABILISASI

Penggunaan Coal Slag sebagai bahan stabilisasi tanah merupakan hal baru, untuk itu perlu diadakan penelitian sampai sejauh mana Coal Slag dapat digunakan.

Coal Slag atau Terak Batubara ini mampu merubah karakteristik tanah untuk meningkatkan stabilitas tanah dengan cara :

- menurunkan indeks plastisitas (PI, plasticity indeks)
- meningkatkan kapasitas daya dukung

Untuk mendapatkan hasil yang baik dari stabilisasi dengan bahan ini, maka setelah mencampur dengan tanah diperlukan masa pemeraman (curing), sebelum tanah dipadatkan.

Dengan adanya masa pemeraman, maka campuran tanah dan Coal Slag akan homogen, dan bahan-bahan yang terdapat didalam Coal Slag mempunyai kesempatan untuk bereaksi dengan tanah.

Pemakaian Coal Slag akan menurunkan kadar air optimum tanah, sehingga berat isi (kerapatan) kering maksimum akan meningkat.

Kadar Coal Slag yang digunakan adalah perbandingan antara berat Coal Slag kering dengan berat tanah kering. Dalam penelitian ini kadar Coal Slag yang digunakan adalah 3%, 5%, 7% dan 9%.

Dengan adanya variasi kadar Coal Slag ini akan diselidiki apakah penambahan kadar Coal Slag akan dapat meningkatkan kekuatan tanah atau ada nilai optimum dari kadar Coal Slag yang efektif digunakan untuk hasil yang baik. Tanah yang cocok untuk distabilisasi dengan Coal Slag adalah tanah yang termasuk golongan lempung<sup>9</sup>

#### 2.5.1. Karakteristik Dan Spesifikasi Coal Slag

Coal Slag atau Terak Batubara adalah abu sisa pembakaran batubara yang dihasilkan oleh stasiun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Abu ini dikenal sebagai abu dasar tungku yang secara kasat mata terdiri atas campuran butiran klinker dan butiran kokas halus yang terpisah. Coal Slag yang dipergunakan adalah klinker berwarna hitam yang berbentuk serpihan, keras dan tajam serta berpori, umumnya mempunyai berat jenis yang lebih besar dari berat jenis bahan lain. Mempunyai daya serap yang cukup tinggi akibat besarnya butiran-butiran dan adanya pori-pori yang kosong pada saat pendinginan.

---

<sup>9</sup> Ingles, O.G. and JB. Metcaf, Soil Stabilization Principle And Practice, Butterworths, Sydney, 1972.

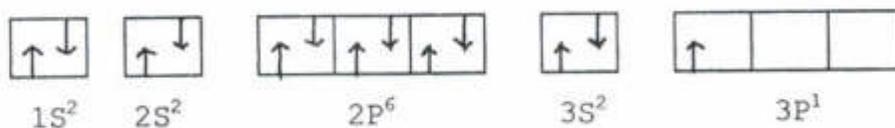
### 2.5.2. Reaksi Coal Slag Dengan Tanah Lempung

Dalam prosesnya, pencampuran Coal Slag pada tanah lempung sebenarnya tidak mengubah komposisi kimia tanah, tetapi mengubah komposisi mineral serta besar ukuran butir.

Dalam analisa mineral yang dilakukan, tanah lempung tersebut mempunyai nama-nama mineral dan rumus kimianya sebagai berikut :

<u>NAMA MINERAL</u>	<u>%</u>	<u>RUMUS KIMIA</u>
Quartz	45.399	SiO <sub>2</sub>
Albite	30.307	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Montmorillonite	13.436	Na <sub>3</sub> (AlMg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>
Muscovite	10.859	K(AlV) <sub>2</sub> (SiAl) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH)

Atom Al pada mineral tanah tersebut mempunyai nomor atom 13, dengan konfigurasi elektron :



sehingga mempunyai satu pasang elektron sunyi (satu pasang elektron tak berikatan) dengan bagan sebagai berikut :



akan bersatu dan membentuk ikatan antara atom C dengan atom Al dengan ikatan kovalen koordinat yang merupakan ikatan kompleks, yaitu suatu ikatan yang besar dan berantai panjang sehingga atom-atom lainnya pada

mineral-mineral yang terdapat pada tanah lempung tersebut akan ikut bersatu ke dalam ikatan kompleks tersebut.

Di dalam ikatan kompleks yang terjadi, maka :

a) Atom Al berfungsi sebagai liganda yang dapat memberikan dua pasang elektron sunyi, karena liganda adalah unsur-unsur yang dapat berfungsi memberikan pasangan elektron sunyi.

b) Atom C dari Coal Slag yang kekurangan 4 Elektron berfungsi sebagai inti dari ikatan kompleks tersebut, karena 1 atom C dapat mengikat 2 atom Al dari tanah lempung. Ikatan kompleks ini sering disebut "clay".

Pada reaksi pembentukannya, ikatan ini akan memisahkan diri dari air ( $H_2O$ ).

Setelah ikatan ini terbentuk dalam tanah dan berada dialam terbuka, maka "clay" tersebut akan mengeras dan menahan masuknya air ke dalam tanah. Hal ini sangat berguna sekali untuk tujuan stabilisasi tanah.

## 2.6. TEORI-TEORI LABORATORIUM

Sebelum stabilisasi tanah dengan coal slag dilaksanakan, maka material yang akan digunakan harus diketahui jenis maupun karakteristiknya.

Pada penelitian ini, pemeriksaan laboratorium dilakukan sesuai dengan standar pemeriksaan yang digunakan Laboratorium Mekanika Tanah Institut Sains & Nasional, Jakarta. Standar-standar yang digunakan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI), Manual Pemeriksaan Bahan Jalan (MPBJ), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) dan American Society for Testing and Materials (ASTM), ditambah dengan buku-buku teks dan laporan-laporan hasil penelitian yang digunakan sebagai pendukung teori-teori laboratorium yang diperlukan.

### 2.6.1. Berat Jenis (Specific Gravity).

Berat Jenis ( $G_s$ , specific gravity) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Berat jenis dinyatakan sebagai bilangan tanpa satuan. Nilai rata-rata adalah sebesar 2,65 dengan variasi yang kecil, yaitu jarang dibawah 2,4 atau diatas 2,8. Berat jenis diperlukan untuk mendukung percobaan - percobaan lainnya, seperti hidrometer dan pepadatan.

### 2.6.2. Analisa Ukuran Butir.

Sifat-sifat suatu macam tanah banyak tergantung kepada ukuran butirnya. Besarnya butir merupakan dasar untuk menentukan klasifikasi tanah dan pengujian pengujian lainnya. Besarnya butir tanah biasanya digambarkan pada grafik, yaitu grafik lengkung gradasi ( grading curve ) atau grafik lengkungan pembagian butir ( particle size distribution curve ) seperti terlihat pada gambar 2.5.

Tanah yang ukuran butirnya terbagi rata antara yang besar sampai yang kecil dikatakan bergradasi baik (well graded). Bila terdapat kekurangan atau kelebihan salah satu ukuran butir tertentu dikatakan bergradasi buruk (poorly graded). Bila semua hampir sama dikatakan bergradasi seragam (uniformly graded).

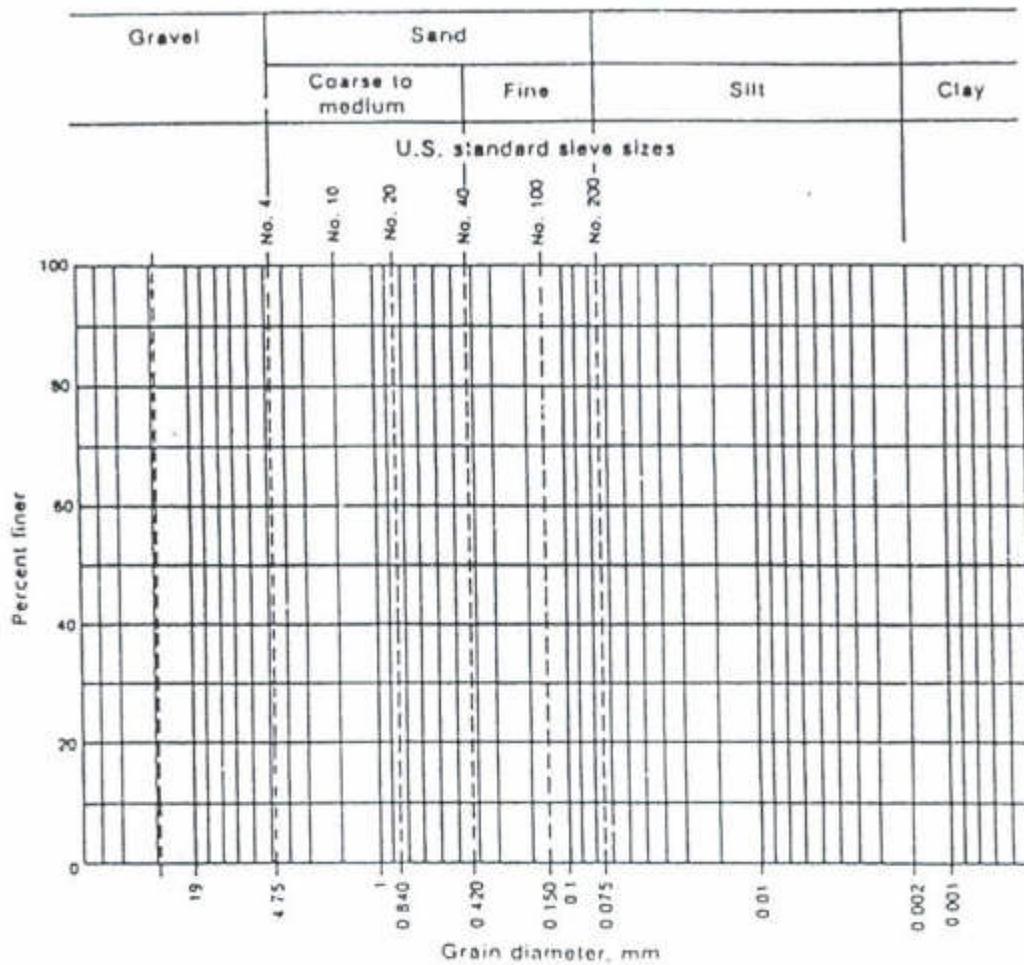
Untuk menentukan ukuran butir tanah, digunakan cara :

#### 1. Analisa Saringan

Dilakukan untuk butiran yang kasar, tanah dikeringkan dan disaring pada serangkaian saringan dengan ukuran lubang tertentu, dengan ukuran terkecil adalah 0.074 mm (No. 200).

#### 2. Analisa Hidrometer.

Untuk menentukan pembagian ukuran butir dari tanah yang lolos saringan No. 200.



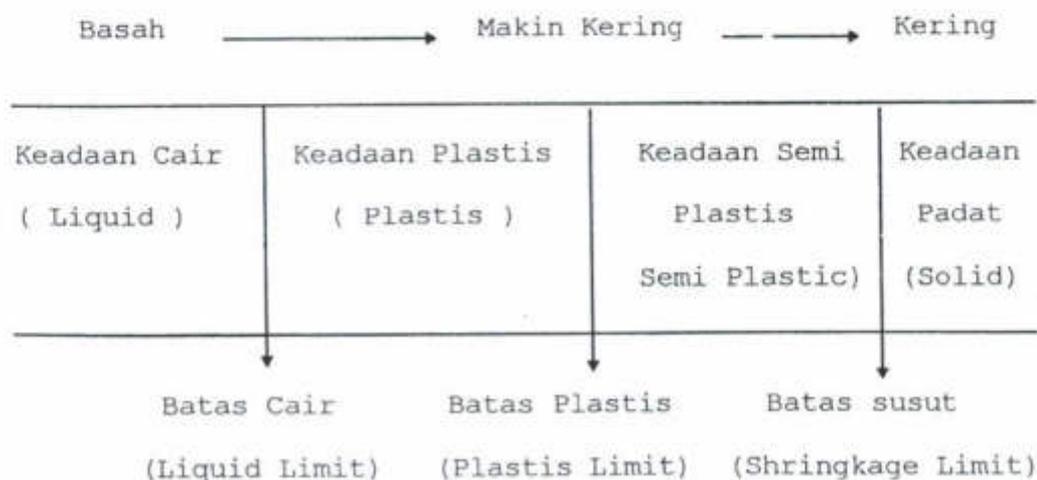
Gambar 2.5. Grafik Pembagian Ukuran Butir

### 2.6.3. Batas-batas Atterberg (Atterberg limits)

Tujuan percobaan Batas-batas Atterberg adalah untuk mengetahui nilai dari Batas Cair (LL, liquid limit), Batas Plastis (PL, plastic limit), dan Batas Kerut (SL, shrinkage limit). Yang paling penting adalah batas cair dan batas plastis. Keduanya digunakan untuk menentukan nilai Indeks Plastisitas (PI, Plasticity Index).

Penentuan batas-batas atterberg ini dilakukan hanya pada bagian tanah yang lolos saringan No.40 (0.42mm). Metode ini menggambarkan proses keadaan tanah yang mana bila tanah itu dibiarkan mengering perlahan sampai tidak terjadi perubahan volume lagi maka tanah tersebut akan melalui proses- proses tertentu, yaitu dari keadaan cair menjadi keadaan plastis dan akhirnya menjadi keadaan padat/kaku.

Keadaan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



dengan ketentuan istilah yang digunakan sebagai berikut

:

- Batas Cair : kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, merupakan batas atas dari daerah plastis.
- Batas Plastis : kadar air tanah pada batas antara keadaan plastis dan semi plastis, merupakan kadar air minimum dimana tanah masih dalam keadaan plastis.
- Batas Susut : kadar air tanah pada batas antara keadaan semi plastis dan padat.

Sifat-sifat plastisitas tanah biasanya dinyatakan sebagai Indeks Plastisitas (PI, plasticity index), yang merupakan selisih antara batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Atau dengan notasi sebagai berikut :

$$PI = LL - PL.$$

Pada keadaan inilah yang dinamakan daerah dimana tanah dalam keadaan plastis.

Tanah dengan batas cair tinggi akan mengakibatkan nilai indeks plastisitas tinggi, biasanya tanah ini mempunyai sifat teknis yang buruk, yaitu kekuatannya rendah dan sulit untuk memadatkannya. Indeks plastisitas biasa dipakai sebagai salah satu syarat untuk bahan yang akan dipakai pada pembuatan jalan.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Wesley, op. cit., hal. 13

#### 2.6.4. Pemadatan (Compaction)

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis. Cara mekanis yang dipakai untuk memadatkan tanah ada bermacam-macam, di lapangan biasanya dipakai cara menggilas, sedangkan di laboratorium dipakai cara memukul.

Dengan pemadatan diharapkan tanah dapat :

- dinaikkan kekuatannya;
- diperkecil kompresibilitasnya dan daya rembesan airnya;
- diperkecil pengaruh air terhadap tanah tersebut.

Tujuan pemadatan dilaboratorium adalah untuk mendapatkan nilai kadar air optimum, dan nilai kerapatan/berat isi kering mengetahui kekuatan tanah seperti CBR dan Kuat Tekan Bebas, serta sebagai patokan pelaksanaan pemadatan di lapangan. <sup>11</sup>

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pemadatan yaitu daya (energi) pemadatan yang diberikan, jenis tanah, kadar air dan berat isi kering. Faktor-faktor ini saling berhubungan satu dengan lainnya. <sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Indreswari Herman Ir., Pemeriksaan Laboratorium Untuk Tanah Dasar, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

<sup>12</sup> Bowles, op. cit., hal. 8.

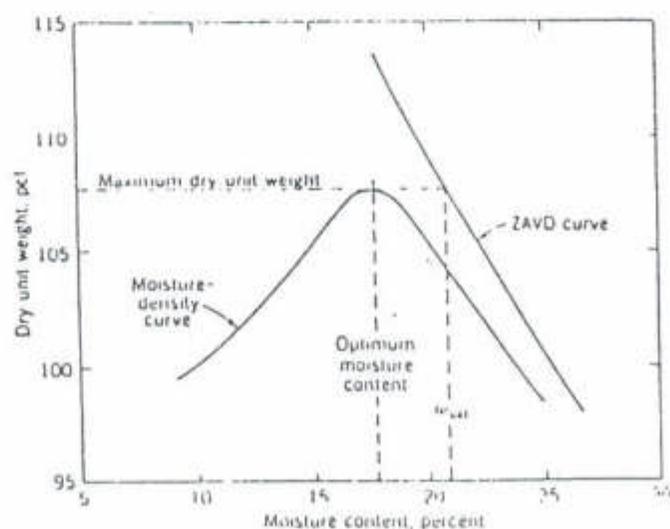
Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan berat isi kering, ( $\gamma_d$ , dry density), yaitu perbandingan berat butir tanah dapat dengan volume tanah seluruhnya.

Bila berat isi (kerapatan) butiran tanah adalah " $\gamma$ " dan kadar air adalah " $w$ ", maka kerapatan kering adalah

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

Setelah dilaksanakan pemadatan dengan metode standar, maka kadar air optimum tanah, berat isi tanah, juga berat isi kering maksimumnya, dapat ditentukan.

Proses ini diulangi sedikitnya lima kali dengan kadar air yang berlainan, sehingga dapat dibuat grafik hubungan antara berat isi kering dan kadar air, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.6. berikut ini.



Gambar 2.6. Hubungan Berat Isi dan Kadar Air.

Grafik ini menunjukkan bahwa untuk suatu metode pemadatan tertentu akan diperoleh suatu nilai kadar air tertentu, yang dikenal sebagai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) yang akan menghasilkan nilai berat isi kering maksimum ( $\gamma_d$  maks).

Pada nilai kadar air yang rendah, sebagian besar tanah cenderung menjadi kaku dan sukar untuk dipadatkan. Dengan menambah kadar air, tanah menjadi lebih mudah dibentuk dan dipadatkan sehingga akan dihasilkan kerapatan yang lebih tinggi. Tetapi pada kadar air yang tinggi, kerapatan kering menjadi berkurang sejalan dengan bertambahnya kadar air, yang mana air tersebut akan mengisi pori tanah dan volume tanah bertambah.

Secara teoritis seluruh udara yang mengisi rongga-rongga antar butir tanah dapat dikeluarkan dengan pemadatan dan memberikan tanah padat dalam kondisi jauh sempurna (complete saturation), sehingga akan menghasilkan nilai kerapatan kering maksimum untuk suatu kadar air yang ditetapkan. Akan tetapi pada kenyataannya hal tersebut tidak pernah tercapai karena ada udara yang terperangkap tetap berada didalam tanah tersebut.

Nilai kerapatan kering maksimum yang mungkin terjadi, yang disebut sebagai kerapatan kering dengan

ruang pori tanpa udara (zero air void density) atau kerapatan jenuh ini dapat dihitung dengan mengetahui besarnya berat jenis ( $G$ , specific gravity) dari tanah tersebut.<sup>13</sup>

Sehingga kerapatan jenuh ( $D$ ,  $\gamma_w$ ), dirumuskan

$$D = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + G \cdot w}$$

dengan :  $\gamma_w$  = berat isi air.

$w$  = kadar air.

#### 2.6.5. California Bearing Ratio (CBR)

Salah satu cara untuk menentukan nilai kekuatan tanah dan agregat adalah California Bearing Ratio (CBR).

CBR merupakan perbandingan antara kekuatan suatu jenis tanah dengan kekuatan bahan agregat yang dianggap standar. Satuan yang digunakan untuk CBR adalah persen (%).

Nilai CBR tanah dasar yang didapat dipakai untuk menentukan tebal lapisan perkerasan di atasnya. Jadi di atas suatu bahan dengan nilai CBR tertentu, lapisan perkerasan tidak boleh kurang dari suatu nilai tertentu.

<sup>13</sup> K.A. Zamhari Ir., Analisa Penyelidikan Tanah Dasar TB 12, Ditjen Bina Marga, Dep Pekerjaan Umum.

Pengukuran nilai CBR menggunakan alat yang disebut Penetrometer, caranya dengan melakukan tes penetrasi menggunakan dongkrak mekanis (piston penetrasi). Luas piston 3 in<sup>2</sup> (1935 mm<sup>2</sup>) dengan kecepatan penetrasi 0,05 inch (1,27 mm) per menit. Sedangkan benda uji direncanakan pada kadar air optimum dan berat isi kering maksimum mendekati hasil pemadatan.

Nilai CBR dihitung pada harga penetrasi 0,1 dan 0,2 inch dengan membagi beban penetrasi ini masing-masing dengan beban sebesar 3000 dan 4500 pound.

Nilai yang diambil untuk suatu disain adalah pada penetrasi 0,1 inch (2,54 mm). Jika ditemui nilai pada penetrasi 0,2 inch (,08 mm) lebih besar dari pada 0,1 inch, maka percobaan harus diulangi, bila tetap menghasilkan nilai yang sama, maka nilai CBR diambil pada penetrasi 0,2 inch.<sup>14</sup>

Dalam bentuk rumusan dinyatakan :

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban benda uji saat piston menembus 0,1 "}}{\text{Beban standar saat piston menembus 0,1 "}} \times 100\%$$

Di laboratorium biasanya dilakukan dua macam percobaan yaitu yang direndam (soaked) dan percobaan

---

<sup>14</sup> Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1989.

yang tidak direndam (unsoaked) dengan masing-masing menghasilkan nilai CBR yang berbeda.

Pada percobaan CBR rendam, perendaman benda uji dilakukan selama 96 jam (4 hari). Selama perendaman itu benda uji diberi keping pemberat yang disesuaikan dengan tekanan yang akan bekerja setelah pekerjaan diatasnya.

Penentuan waktu perendaman (soaked time) selama 4 hari dianggap akan memberikan nilai terkecil yang mungkin terjadi pada tanah dasar selama masa pakai jalan tersebut.<sup>15</sup>

Sedangkan untuk percobaan CBR yang tidak direndam, setelah benda uji selesai dipadatkan, maka dapat langsung dilakukan pengujian CBR.

Jika bagian permulaan grafik CBR cekung keatas, maka pada titik nol harus diadakan koreksi, Cara melakukan koreksi ini, yaitu titik nol digeser kekanan sehingga tidak terdapat lagi bagian yang cekung keatas. Faktor utama yang mempengaruhi CBR adalah tekstur, kadar air dan kepadatan tanah. Karena itu untuk menentukan CBR rencana, pada setiap pengujian diperlukan tiga daya pemadatan yang berbeda-beda sesuai dengan standar yang biasa digunakan, yaitu 10, 30, dan 65 pukulan (tumbukan).<sup>16 17</sup>

---

<sup>15</sup> Wesley, op. cit., hal. 13

<sup>16</sup> K.A. Zamhari, op. cit., hal. 31

<sup>17</sup> Indreswari, op. cit., hal 29

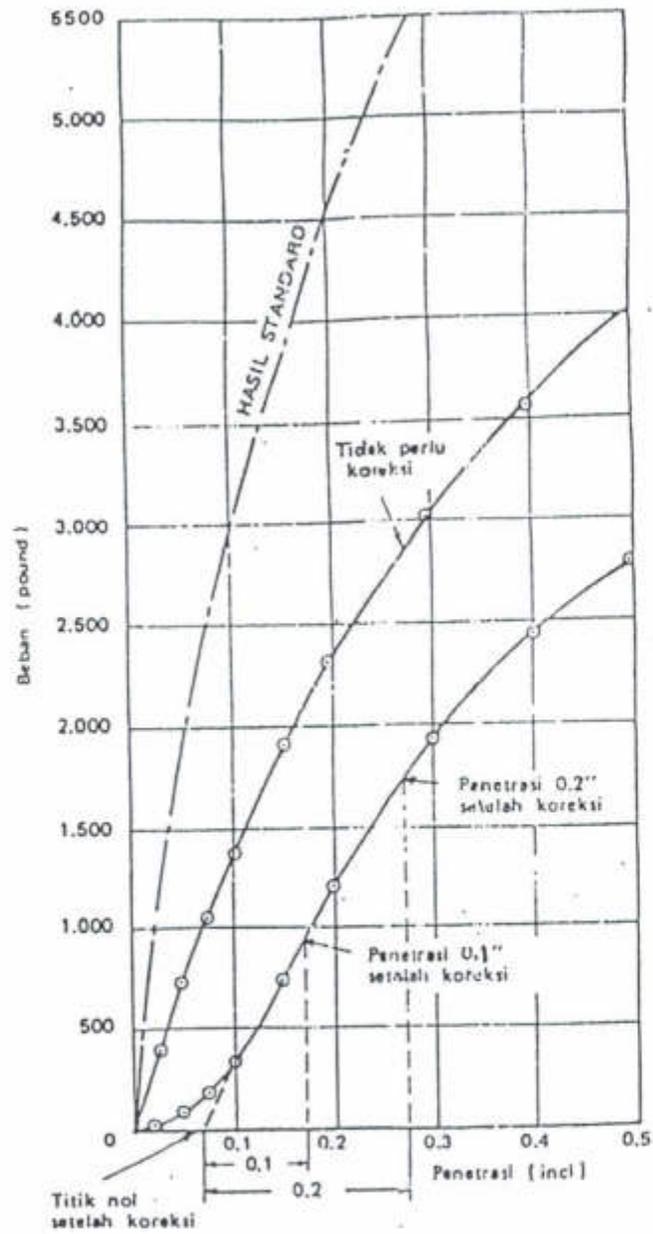
Percobaan CBR dapat dilakukan dengan contoh asli (undisturbed samples) atau dengan contoh yang dipadatkan (compacted samples), secara langsung di lapangan atau di laboratorium. Pada penelitian ini, pengujian CBR dilakukan di laboratorium dengan menggunakan contoh yang dipadatkan.

Kemudian dengan menggunakan grafik Penentuan Nilai Kepadatan dan CBR, didapatkan nilai CBR rencana, dimana nilai CBR rencana ditetapkan pada 95% kepadatan maksimum.<sup>18 19</sup> Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 2. 8.

---

<sup>18</sup> Ibid, hal. 34.

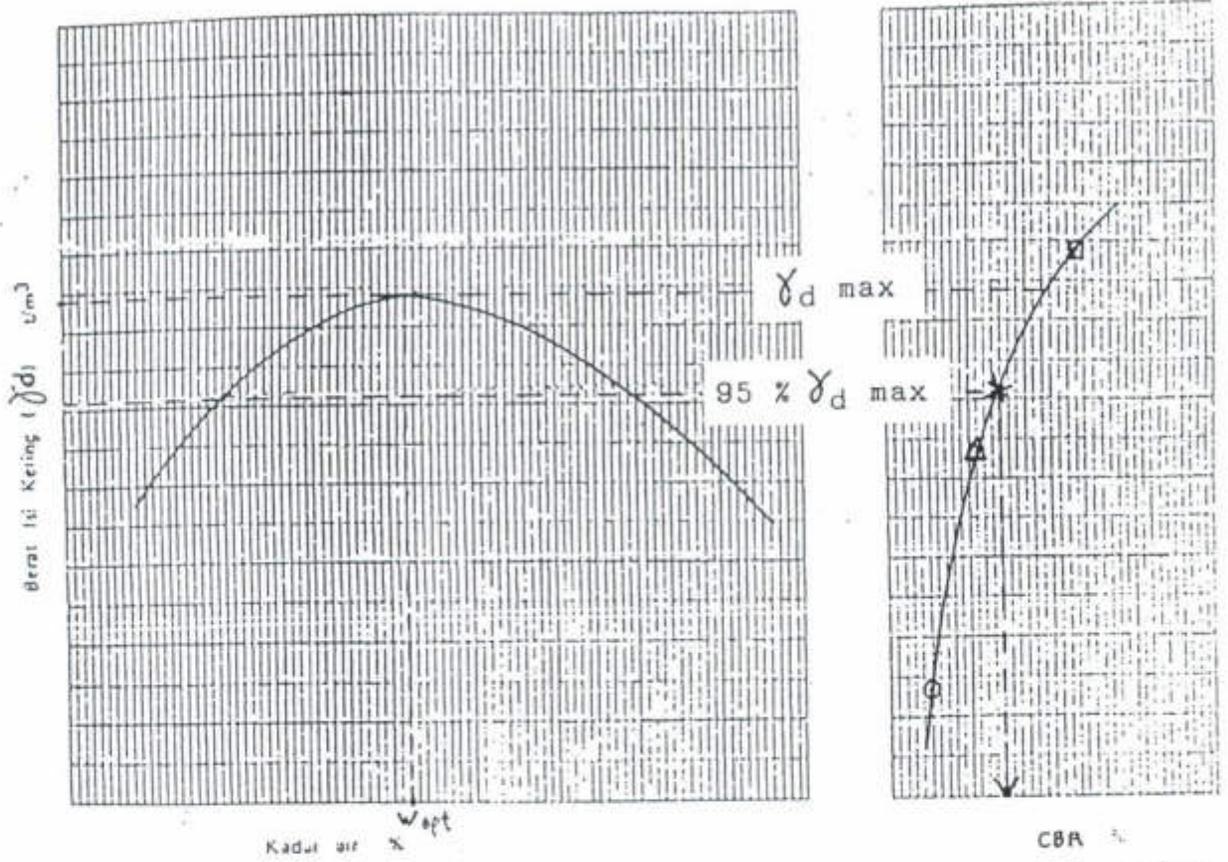
<sup>19</sup> Irman Nurdin Ir., Hermin Tjahjati Ir. M.Sc., Lenneke Ir., at al, Laboratory Works Soil (Ds-05/So), Institute of Road Engineering, Ministry of Public Works, Bandung, 1990



Gambar 2.7. Grafik CBR Pada Pembebanan Standar dan Koreksi Hasil Pembebanan.

PENENTUAN NILAI KEPADATAN DAN CBR

PB. 0111 - 0112 - 0113 - 76.



Ket: ○ 10 pukulan per lapis  
 △ 30 pukulan per lapis  
 □ 65 pukulan per lapis

Cara penyiapan : .....

Berat jenis : .....

Kadar air opt : ..... %

$\gamma_d$  maximum : ..... t/m<sup>3</sup>

95%  $\gamma_d$  max : ..... t/m<sup>3</sup>

CBR : .....

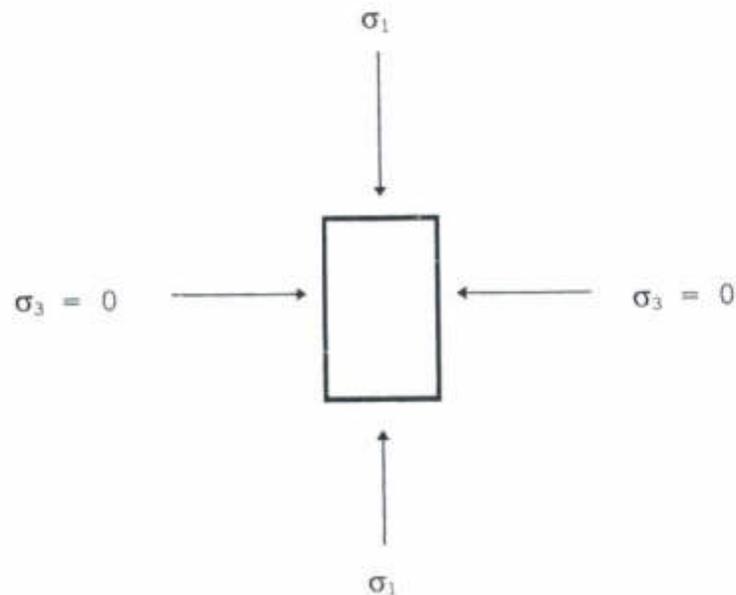
Gambar 2.8. Penentuan Nilai Kepadatan dan CBR.

### 2.6.6. Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compressive Strength).

Percobaan ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya kekuatan tekan bebas contoh tanah, yaitu besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan.

Benda uji dibuat dengan mencetak pada mold pemadatan dengan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum sesuai hasil percobaan pemadatan standar. Setelah itu dicetakkan ke dalam mold kuat tekan bebas dengan diameter minimal 3,3 cm dan tingginya 2 x diameter, untuk dilakukan pengujian.

Gambar skematik dari prinsip pembebanan dalam percobaan ini dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Skema Pengujian Tekan Bebas

Tegangan aksial yang diterapkan diatas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya, karena tegangan selnya ( $\sigma_3$ ) = 0 maka :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_{f1} = \Delta\sigma_f = q_u$$

dengan  $q_u$  adalah kuat geser tanah pada pengujian tekan bebas.

**BAB III  
PROSEDUR  
PENGUJIAN LABORATORIUM**



## BAB III

### PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM

#### 3.1. DIAGRAM ALIR PROGRAM KERJA

Diagram alir menunjukkan berbagai tingkatan dari program kerja yang dilakukan di laboratorium.

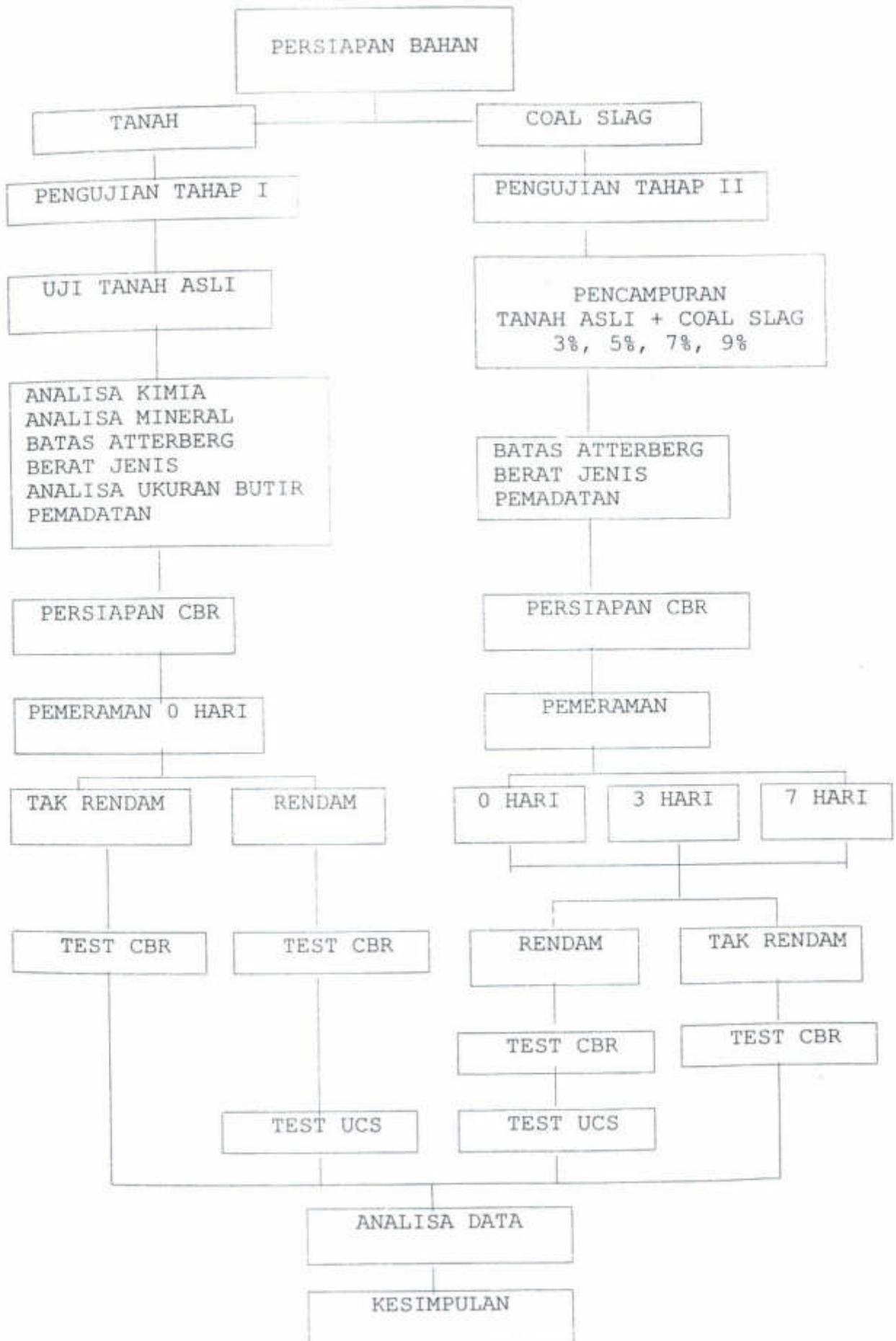
Pekerjaan persiapan bahan meliputi persiapan tanah dan coal slag.

Pemeriksaan yang dilakukan meliputi :

- Berat Jenis,
- Analisa Ukuran Butir,
- Batas-batas Atterberg,
- Pemadatan,
- California Bearing Ratio ( CBR ),
- Kuat Tekan Bebas ( Unconfined Compressive Strength ).

Pada tanah asli, pemeriksaan CBR dan Kuat Tekan Bebas tidak dilakukan pemeraman (curing). Sedangkan untuk campuran tanah + Coal Slag dilakukan pemeraman untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap kekuatan tanah yang dicampur dengan Coal Slag. Lamanya masa pemeraman (curing time) adalah 3 dan 7 hari.

Setelah dilakukan pemeriksaan, maka data hasil pemeriksaan tersebut dianalisa, sehingga dapat dibuat kesimpulan dari penelitian ini.



### 3.2. PERSIAPAN MATERIAL.

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini, diambil dari daerah Kapuk, Cengkareng, Jakarta Barat. Tanah dari lokasi tersebut diambil dari kedalaman lebih 0,8 meter, dengan terlebih dahulu membuang lapisan atasnya.

Setelah tanah tersebut diambil dengan cara penggalian, kemudian ditempatkan pada loyang dan dibiarkan di udara terbuka ( diangin-angin ). Tanah akan menjadi kering udara dan gembur. Selanjutnya tanah ditumbuk dengan palu karet, lalu disaring.

Untuk keperluan pemeriksaan Pemadatan, CBR, Kuat Tekan Bebas, dan Analisa Ukuran Butiran digunakan tanah lolos saringan No. 4 (4,76 mm). Sedangkan untuk pemeriksaan Berat Jenis dan batas-batas Atterberg digunakan tanah lolos saringan No. 40 (0,420 mm).

### 3.3. PROSEDUR PENCAMPURAN.

Pada pencampuran tanah dengan Coal Slag, kadar coal slag yang dipergunakan dihitung terhadap berat kering tanah, karena tanah kering mempunyai kadar air yang tetap. Dalam penelitian ini kadar Coal Slag yang digunakan adalah 3 %, 5 %, 7 % dan 9 % yang masing-masing dihitung terhadap berat tanah kering.

Sebagai perhitungan dari proporsi campuran tanah dengan Coal Slag adalah sebagai berikut :

- Berat tanah kering 1000 gram

Maka kebutuhan Coal Slag untuk kadar :

$$- 3 \% \longrightarrow \frac{3}{100} \times 1000 = 30 \text{ gram}$$

$$- 3 \% \longrightarrow \frac{5}{100} \times 1000 = 50 \text{ gram}$$

$$- 3 \% \longrightarrow \frac{7}{100} \times 1000 = 70 \text{ gram}$$

$$- 3 \% \longrightarrow \frac{9}{100} \times 1000 = 90 \text{ gram}$$

#### 3.4. PROSEDUR PEMERIKSAAN.

Pada bagian ini diterangkan mengenai prosedur pemeriksaan yang dilakukan. Prosedur pemeriksaan ini meliputi metoda / cara pemeriksaan, peralatan beserta dimensi ukurannya.

##### 3.4.1. Pemeriksaan Berat Jenis.

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

Metoda yang digunakan sesuai dengan MPBJ PB-0108-76 / AASHTO T-100-74 / ASTM D-854-58.

Dalam pengujian ini tanah yang digunakan adalah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan No. 4 (4,76 mm). Untuk mengetahui berat jenis (Gs) tanah material digunakan Piknometer kapasitas 50 ml.

Tanah yang akan diperiksa dihaluskan terlebih dahulu, kemudian diambil 5 gram dan dimasukkan kedalam piknometer, beratnya ditimbang (W2), sedangkan berat piknometer = (W1).

Ditambahkan air pada piknometer hingga setengahnya kemudian direbus. Setelah tidak ada gelembung udara, piknometer diambil dan ditambahkan air sampai penuh.

Setelah didinginkan, ditimbang beratnya (W3). Tanah dan air dikeluarkan, lalu piknometer diisi air sampai penuh dan ditimbang lagi (W4).

Maka perhitungan berat jenis tanah (Gs) adalah :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_1)}$$

#### 3.4.2. Pemeriksaan Analisa Ukuran Butir.

Pembagian ukuran butir (gradasi) merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah.

Pengujian dilakukan dengan cara Analisa Saringan dan Hidrometer, dengan menggunakan metoda MPBJ PB-0201-76 / SK SNI M-08-1989-F / AASHTO T-27-74 / ASTM C-136-46.

Material yang digunakan adalah yang lolos saringan No. 4 (4,76 mm) untuk analisa saringan dan No. 200 (0,074 mm) untuk analisa hidrometer. Adapun susunan saringan yang digunakan untuk analisa saringan adalah No. 4 (4,76 mm), No. 30 (0.590 mm), No. 40 (0,420 mm), No. 50 (0,297 mm), No. 0149 mm), No. 200 (0,074 mm). Material tersebut merupakan material yang kering oven.

Selanjutnya dengan menggunakan Grafik Pembagian Ukuran Butir, Tabel Kalsifikasi Tanah AASHTO dan Diagram Plastisitas, dapat ditentukan jenis dan klasifikasi dari tanah yang digunakan jika digabungkan dengan hasil pemeriksaan batas-batas atterberg.

#### 3.4.3. Pemeriksaan Batas-batas Atterberg.

Dari pengujian ini dapat diketahui nilai dari batas cair (LL, liquid limit), batas plastis (PL, plastic limit). Dari kedua nilai tersebut didapatkan nilai indeks plastisitas (PI, plasticity index).

Dengan memakai tabel Klasifikasi Tanah AASTHO, dan Plasticity Chart / Grafik Plastisitas, nilai-nilai tersebut digunakan untuk mengetahui klasifikasi tanah yang digunakan. Metode pengujian yang digunakan untuk batas cair (LL) adalah MPBJ PB-0109-76 / AASTHO T-89-81 / ASTM D-423-66, sedangkan untuk batas plastis (PL) adalah MPBJ PB-0110-76 / AASTHO T-90-81 / ASTM D-424-74.

Tanah yang digunakan adalah yang lolos saringan No. 40 (0,420 mm).

Untuk batas cair digunakan alat batas cair Casagrande. Alat ini diputar dengan kecepatan putar 2 rotasi per detik. Pemutaran dilakukan sampai dasar alur benda uji yang dibuat bersinggungan sepanjang kira-kira 1,25 cm. Batas cair (LL) adalah kadar air benda uji pada ketukan ke 25.

Batas plastis ditentukan dengan menggiling benda uji sampai terjadi retak pada saat benda uji mencapai diameter 3 mm (1/8 in). Indeks plastisitas (PI) ditentukan dari selisih antara batas cair dan batas plastis.

#### 3.4.4. Pemeriksaan Pemadatan.

Pemeriksaan ini untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat isi (kerapatan) tanah dengan cara memadatkan di dalam cetakan silinder.

Dalam pemeriksaan ini digunakan Pemadatan Standar Metoda A dimana peralatan yang digunakan adalah cetakan diameter 102 mm dengan alat penumbuk 2,5 kg yang mempunyai tinggi jatuh 30 cm. Sedangkan material yang digunakan lolos saringan No. 4 (4,75 mm).

Metoda ini sesuai dengan MPBJ PB-0111-76 / AASHTO T-99-81 / ASTM D-698-70.

Tanah uji sebanyak 2000 gr diberi air yang telah ditentukan kemudian diaduk sampai merata, setelah itu dipadatkan dalam 3 lapisan dengan tebal yang kira-kira sama dan masing-masing dipadatkan dengan 25 pukulan.

Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara kadar air dan berat isi kering, sehingga didapatkan kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) dan berat isi kering maksimum ( $\gamma_d \max$ ) pada masing-masing komposisi.

#### 3.4.5. Pemeriksaan California Bearing Ratio (CBR).

CBR laboratorium adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Metoda pemeriksaan mengikuti MPBJ PB-0113-76 / AASHTO T-193-81 / ASTM D-1883-73.

Sebelum dilakukan pemeriksaan CBR, benda uji dipadatkan dahulu dalam mold ( cetakan ) berdiameter 152,4 mm dan tinggi 177,8 mm, menggunakan alat penumbuk 2,5 kg dengan tinggi jatuh 300 mm, dan piringan pemisah ( spacer disk ) diameter 150,8 mm tebal 61,4 mm.

Benda uji dipersiapkan pada kadar air optimum dari masing-masing komposisi campuran, kemudian dipadatkan dalam 3 lapisan dengan jumlah tumbukan 65 kali (pukulan).

Benda uji dibuat dalam 2 keadaan yaitu kering / tanpa rendaman (unsoaked) dan basah / rendam (soaked),

masing-masing dengan masa pemeraman (curing) 0,3 dan 7 hari. Untuk CBR rendam, masa perendaman adalah 4 hari (96 jam). Selama perendaman benda uji diberi keping pemberat yang sama dengan keping pemberat untuk pengujian CBR yaitu 4,5 kg dan tripod pengukur pengembangan (swelling).

Pengukuran nilai CBR menggunakan alat penetrometer. Luas piston penetrasi  $1935 \text{ mm}^2$  ( $3 \text{ in}^2$ ) dengan kecepatan penetrasi adalah 0,05 in (1,27 mm) per menit.

Pembacaan dilakukan pada penetrasi 0,312 mm, 0,62 mm, 1,25 mm, 1,87 mm, 2,5 mm, 3,75 mm, 5 mm, 7,5 mm, 10 mm, dan 12,5 mm.

Nilai beban dihitung dengan cara mengalikan nilai pada pembacaan arloji dengan harga kalibrasi penetrometer. Harga kalibrasi penetrometer yang digunakan adalah 2,82.

Nilai CBR dihitung pada harga penetrasi 0,1 in (2,54 mm) dan 0,2 in (5,08 mm), umumnya diambil pada penetrasi 0,1 in (2,54 cm).

#### 3.4.6. Pemeriksaan Kuat Tekan Bebas.

Yang dihitung pada pemeriksaan ini adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksialnya mencapai 20%.

Metoda yang digunakan adalah MPBJ PB-0114-76 / AASHTO T-208-70 / ASTM D-2166-66.

Pada penelitian ini, benda uji dibuat dalam keadaan dengan perendaman (unsoaked) dengan masa pemeraman 0,3 dan 7 hari.

Mula-mula benda uji dicetak pada mold (cetakan) pemadatan kemudian dicetak kedalam mold kuat tekan bebas yang mempunyai diameter 350 mm dan tinggi 70 mm. Bahan untuk benda uji sama dengan benda uji untuk CBR. Alat pengukur kuat tekan bebas ini mempunyai harga kalibrasi  $0,0785 \text{ kg/cm}^2$ .

Pembacaan beban dilakukan pada regangan 0,5%, 1%, 2%, dan seterusnya sampai benda ujio mengalami keruntuhan, dengan kecepatan regangan sebesar 0,5% - 2%, biasanya diambil 1% per menit. Jika regangan telah mencapai 20% tetapi benda uji belum runtuh, maka pembacaan dihentikan.

Dengan membagi harga beban dengan luas terkoreksi, maka didapatkan nilai tegangannya.

**BAB IV  
PENYAJIAN DATA  
DAN PEMBAHASAN**



**ISTN**

## BAB IV

### PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diberikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pembahasannya meliputi karakteristik tanah dalam keadaan asli, serta pengaruh coal slag terhadap plastisitas tanah, hubungan antara kepadatan dan kadar air dan kekuatan tanah.

#### 4.1. KARAKTERISTIK TANAH KAPUK JAKARTA BARAT.

Hasil dari pemeriksaan tanah asli adalah :

1. Berat Jenis : 2,568
2. Analisa Ukuran Butir :
  - Analisa Saringan :
    - Lolos saringan No. 40 (0,420 mm) : 98,77%.
    - Lolos saringan No. 200 (0,074 mm) : 93,91%.
  - Analisa Hidrometer :
    - Kerikil (gravel) : 0,0701%
    - Pasir (sand), 0.06 - 2 mm : 6,0177%.
    - Lanau (silt), 0,002 - 0,6 mm : 43,9122%.
    - Lempung (clay), 0,001 - 0,002 mm : 50 %.
3. Batas-batas Atterberg :
  - Batas Cair (LL) : 66,90%.
  - Batas Plastis (PL) : 27,66%.
  - Indeks Plastisitas (PI) : 38,44%

## 4. Pemadatan standar :

- Kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) : 32,06%.
- Kepadatan kering maksimum ( $\gamma_d \text{ max}$ ) : 1,38 gr/cm<sup>3</sup>.

## 5. Kekuatan tanah :

- CBR kering (unsoaked) : 3,52 %.
- CBR rendam (soaked) : 1,66 %.
- Kuat tekan bebas : 0.544 kg/cm<sup>2</sup>.

Komposisi tanah Kapuk yang diperoleh dari analisa kimia tanah dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Analisa Kimia Tanah

Bahan	% berat
SiO <sub>2</sub>	49,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,58
CaO	2,42
MgO	0,97
K <sub>2</sub> O	1,16
Na <sub>2</sub> O	1,96
TiO <sub>2</sub>	1,11
LOI	10,39
Total Alkali	-

Tabel 4.3. Hasil Analisa Mineral Tanah

Nama Mineral	Rumus Kimia
Quartz	$\text{SiO}_2$
Albite	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
Montmorillonite	$\text{Na}_3(\text{AlMg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Muscovite	$\text{K}(\text{AlV})_2(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}(\text{OH})$

Dari hasil-hasil tersebut diatas maka dapat ditentukan klasifikasi tanah sebagai berikut :

- Besarnya butir tanah merupakan dasar untuk menentukan klasifikasi tanah.

Pada gambar 4.1 terlihat pembagian ukuran butir dimana tanah termasuk berbutir halus yang banyak mengandung lempung.

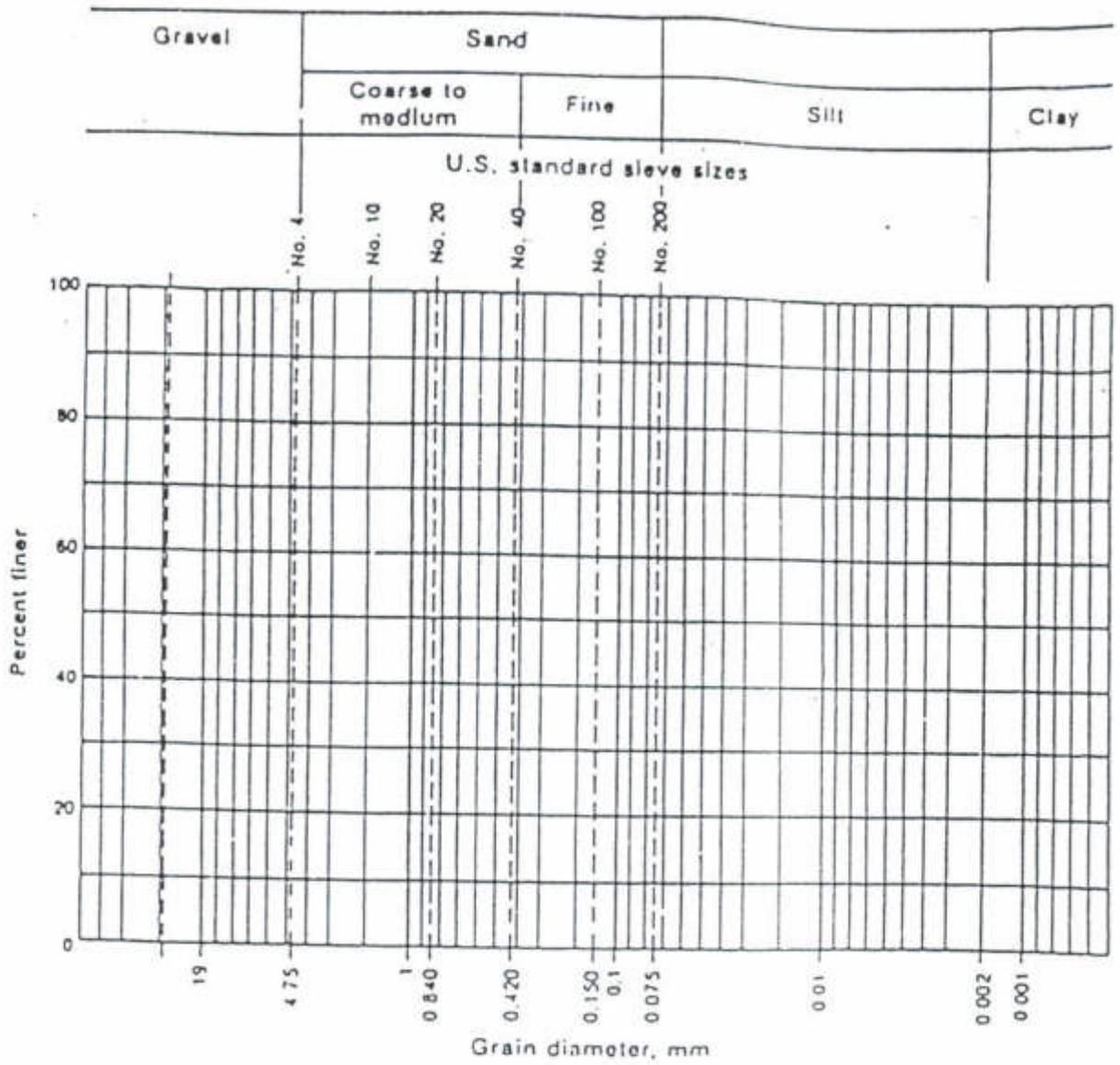
- Klasifikasi AASHTO.

Tanah tersebut termasuk kelompok A-7 ( tabel 4.1. ), untuk menentukan sub kelompok digunakan grafik pada gambar 4.2. dengan perhitungan  $LL - 30 = 66,9 - 30 = 36,9$   $50 < PI$ , dengan  $PI = 38,44$ , maka tanah adalah kelompok A-7-6. Jadi klasifikasi tanah tersebut adalah A-7-6. Merupakan tanah kelempungan yang umumnya buruk untuk digunakan sebagai tanah dasar ( tabel 4.1 ).

- Klasifikasi Unified.

Seperti terlihat pada gambar 4.3. tanah tersebut adalah jenis CH yaitu lempung dengan batas cair tinggi.

Dengan demikian, tanah Kapuk adalah tanah lempung dengan klasifikasi A-7-6, persentase lolos saringan No. 200 (0,075mm) sebesar 93,91% dan dengan batas cair tinggi, merupakan tanah yang buruk untuk dapat digunakan sebagai tanah dasar jalan raya . Untuk meningkatkannya perlu distabilisasi dengan terak batubara ( Coal Slag ).

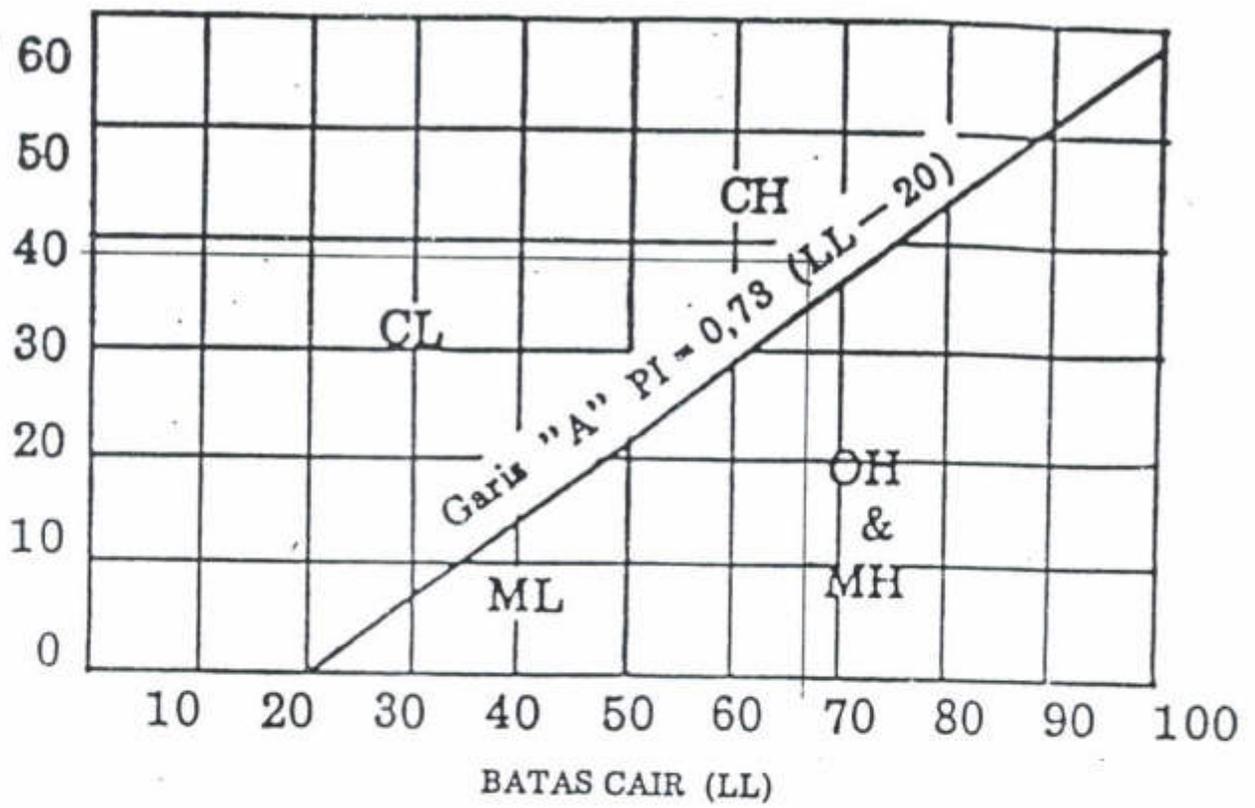




Gambar 4.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

KLASIFIKASI UMUM	BAHAN BERBUTIR HALUS 35% atau lebih lewat No. 200			BAHAN BERBUTIR KASAR 35% atau kurang lewat No. 200						
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			
Analisa saringan (% lolos)										
No. 10	50 max	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .
No. 40	30 max	50 max	51 min	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi yang lewat No. 40:										
Batas Cair	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .	.. . . .
Indeks Plastisitas	6 max	.. . . .	N. P., /	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	40 max 10 max	41 min 11 min
Jenis Umum	Fragmen batuan kerikil dan pasir	Pasir halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lem- pungan.	Tanah lanauan	Tanah lempungan					
Tingkat umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik			Cukup sampai buruk						

CATATAN: Indeks Plastisitas untuk subkelompok A-7-5 < LL - 30, sedang  
Indeks Plastisitas untuk subkelompok A-7-6 > LL - 30.



Gambar 4.3. Grafik Plasticity Chart Tanah Lempung Kapuk

#### 4.2. PENGARUH COAL SLAG TERHADAP PLASTISITAS TANAH.

Uji perubahan sifat tanah yang dikaitkan pada kebutuhan pada konstruksi jalan, adalah dengan mengetahui perubahan sifat plastisitas tanah. Dari tabel 4.4. dapat dilihat hasil pemeriksaan batas-batas atterberg, sedangkan gambar 4.4. menggambarkan perubahan sifat plastis dari tanah akibat penambahan jumlah kadar Coal slag.

Hasil pemeriksaan batas-batas atterberg menunjukkan bahwa penambahan kadar coal slag mengakibatkan batas cair (LL) turun, batas plastis (PL) naik, sehingga menyebabkan turunnya nilai indeks plastis (PI) tanah tersebut. Tetapi hal ini hanya dapat terjadi sampai pada kadar coal slag 7 % berat tanah kering saja, karena penambahan coal slag melebihi kadar 7 % berat tanah kering mengakibatkan keadaan yang sebaliknya, dimana nilai PI nya kembali menjadi besar, sehingga kadar 7 % berat tanah kering merupakan kadar coal slag optimum.

Dengan penambahan kadar coal slag sebesar 7 % berat tanah kering, didapatkan nilai batas cair sebesar 58,20 %, batas plastis sebesar 34,99 % dan indeks plastisitas sebesar 23,21 %. Dibandingkan dengan tanah dalam keadaan asli tanpa penambahan coal slag, hasil ini menunjukkan penurunan sebesar 9 % untuk nilai batas cair, kenaikan sebesar 9 % untuk nilai batas

plastis dan penurunan sebesar 18 % untuk nilai indeks plastisitas. ( tabel 4.4. )

Penurunan indeks plastis disebabkan oleh terjadinya reaksi penggumpalan butiran ( flokulasi ) dan ini berakibat pada berkurangnya luas permukaan spesifik ( specific surface area ) dari tanah yang sudah dicampur dengan coal slag, sehingga akan mengurangi penyebaran air pada lapisan tanah dan batas cair akan turun. Tanah lempung itu yang bergumpal itu akan bersifat atau berkelakuan seperti lanau ( silt ), yang mempunyai plastisitas yang rendah.

Pada gambar 4.4. persamaan garis untuk perubahan batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas akibat penambahan Coal Slag dapat dilihat pada persamaan regresi tingkat dua sebagai berikut :

- Untuk Batas Cair (LL)

$$LL = 66,85 - 2,198 X + 0,157 X^2$$

- Untuk Batas Plastis (PL)

$$PL = 27,32 - 0,64 X - 0,32 X^2$$

- Untuk Indeks Plastis (PI)

$$PI = 33,83 - 3,36 X + 0,168 X^2$$

dimana:

X = Prosentase Penambahan Coal Slag

Dengan Batasan Pengamatan  $0 \leq X \leq 9$

Persamaan tersebut dapat dibuat berdasarkan dari gambar 4.4. dimana nilai konstanta (c) sudah didapat.

Lalu pada gambar dapat ditentukan titik baliknya, sehingga didapat nilai a dan b yang diproyeksikan ke sumbu x dan y.

Nilai a ( fungsi  $x^2$  ) dan nilai b ( fungsi x ) berdasarkan rumus:

$$X = \frac{-b}{2a} \quad \text{dan} \quad Y = \frac{-(b^2 - 4ac)}{4a}$$

Sehingga didapat persamaan kwadrat  $Y = ax^2 + bx + c$ , untuk masing - masing persamaan perubahan batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas akibat penambahan Coal Slag.

Sebagai contoh perhitungan, untuk persamaan perubahan batas cair ( LL ) pada gambar 4.4.

Nilai Konstanta ( c ) = 66,85

Titik balik ( x ; y ) = ( 7 ; 59,16 )

- mencari nilai a ( fungsi  $x^2$  ) dan b ( fungsi x ) ?

$$x = 7 \longrightarrow \frac{-b}{2a} = 7$$

$$b = -14 a$$

$$y = 59,16 \longrightarrow \frac{-(b^2 - 4ac)}{4a} = 59,16$$

$$\frac{-((-14)^2 - 4(a.66,85))}{4a} = 59,16$$

$$\frac{-(196^2 - 267,4 a)}{4a} = 59,16$$

$$\begin{aligned}
 -(49a - 66,85) &= 59,16 \\
 -49a &= -7,69 \\
 a &= 0,157 \\
 b = -14a &\longrightarrow b = 2,198
 \end{aligned}$$

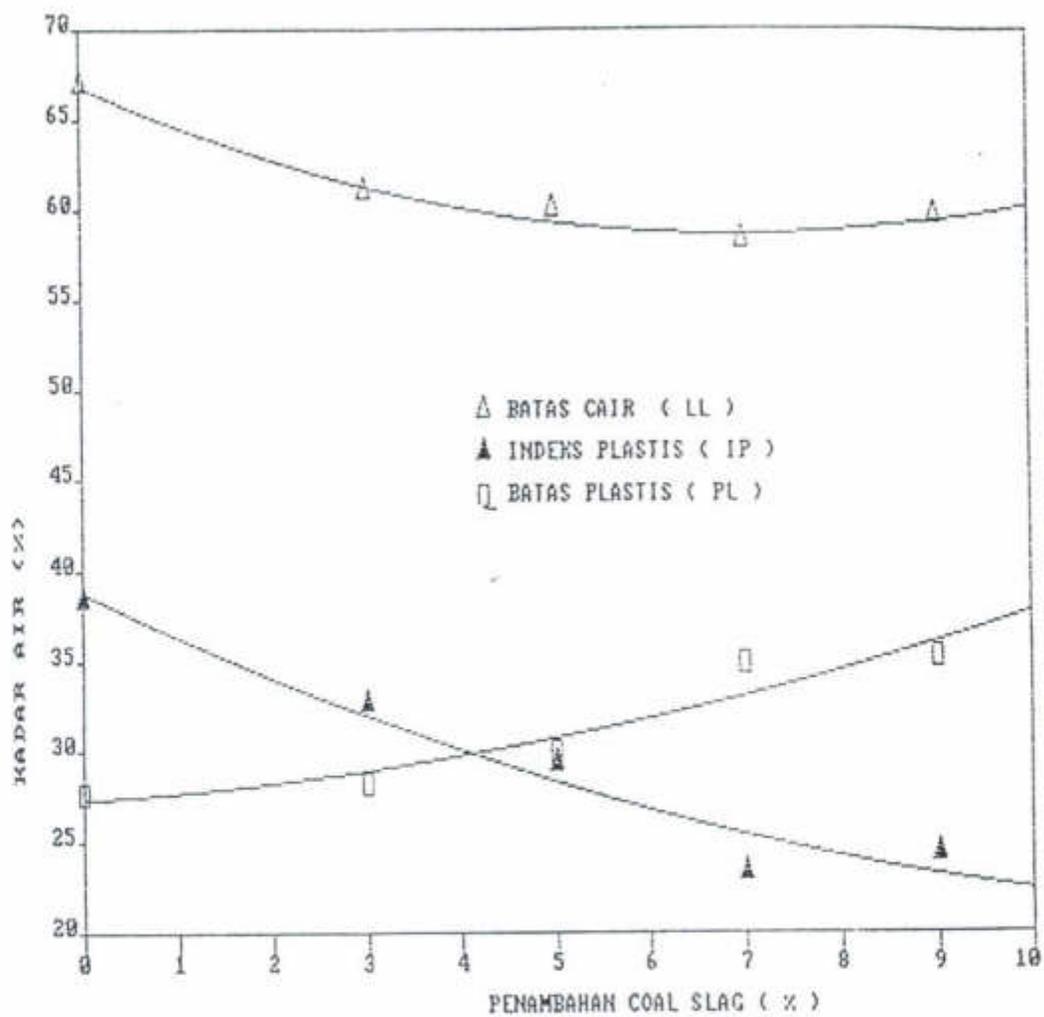
$$\text{Persamaan LL} \longrightarrow y = 0,157 X^2 - 2,198 X + 66,85$$

Penambahan Coal Slag ini juga berpengaruh pada perubahan klasifikasi tanah lempung Kapuk dari jenis lempung dengan plastisitas tinggi (CH) menjadi jenis lanau yang elastis (MH) dan tanah organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi (OH), hal ini karena terjadinya flokulasi (penggumpalan) pada tanah lempung dan Coal Slag memberikan sifat tarik - menarik dari permukaan partikel lempung, serta mengisi ruang dan retakan - retakan dari material lempung sehingga pada gilirannya akan memperbesar kohesi antar partikelnya, seperti terlihat pada gambar 4.4.1.

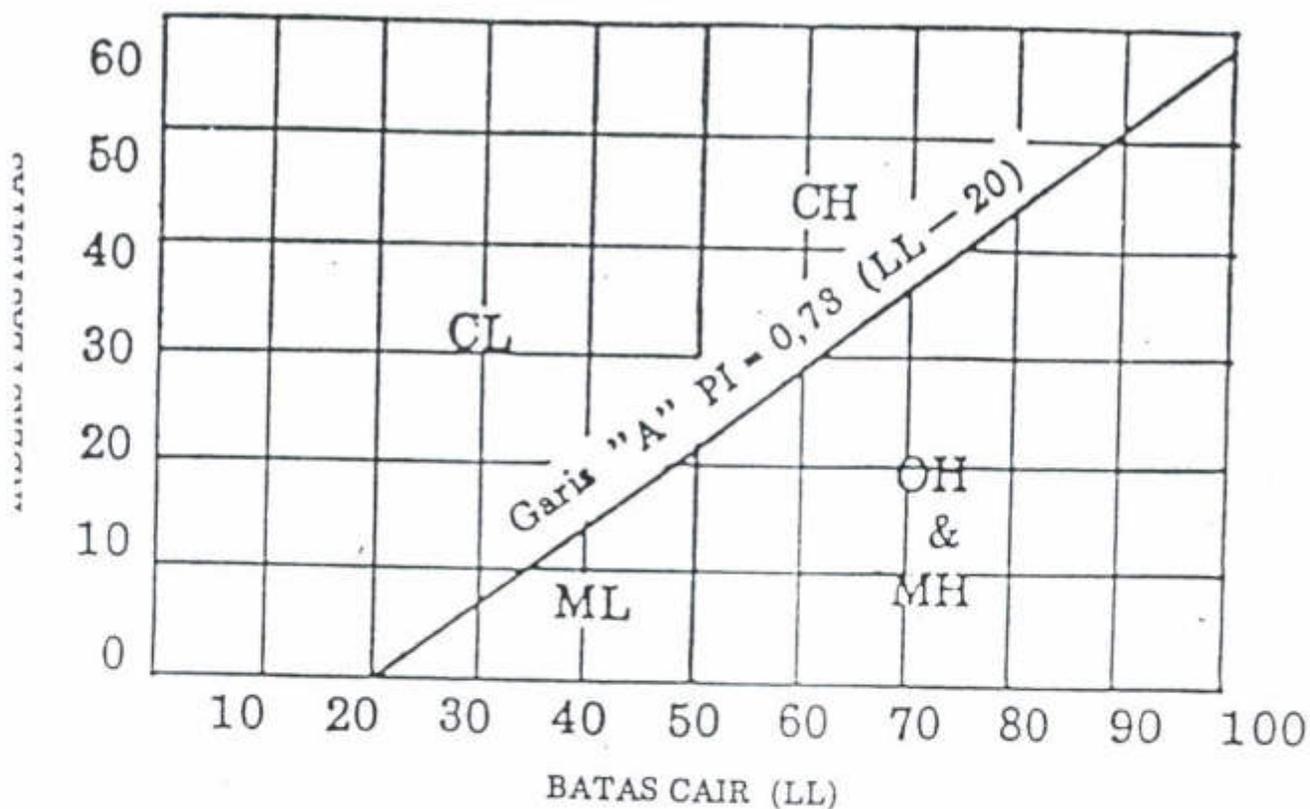
Dihubungkan dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi jalan, ternyata hasil ini berguna sekali. Karena dengan hasil yang didapat nilai batas cair dan indeks plastis menentukan sekali. Dalam hal ini semakin kecil nilai batas cair dan indeks plastis, semakin baik mutu tanah tersebut sebagai bahan konstruksi jalan.

Tabel 4.4. Pengaruh Coal Slag Terhadap  
Batas - Batas Atterberg

No	Bahan	LL (%)	PL (%)	PI (%)
1	Tanah Asli	66.90	27.66	38.44
2	Tanah + Coal Slag 3 %	61.00	28.28	32.72
3	Tanah + Coal Slag 5 %	60.00	30.05	29.25
4	Tanah + Coal Slag 7 %	58.20	34.99	23.21
5	Tanah + Coal Slag 9 %	59.50	35.29	24.21



Gambar 4.4. Pengaruh Coal Slag Terhadap Plastisitas Tanah



- Keterangan :
- △ Tanah + Coal Slag 3%
  - Tanah + Coal Slag 5%
  - Tanah + Coal Slag 7%
  - Tanah + Coal Slag 9%

Gambar 4.4.1. Pengaruh Coal Slag Terhadap Perubahan Klasifikasi Tanah Lempung Kapuk

% Coal Slag	Klasifikasi
3 %	CH
5 %	OH & MH
7 %	OH & MH
9 %	OH & MH

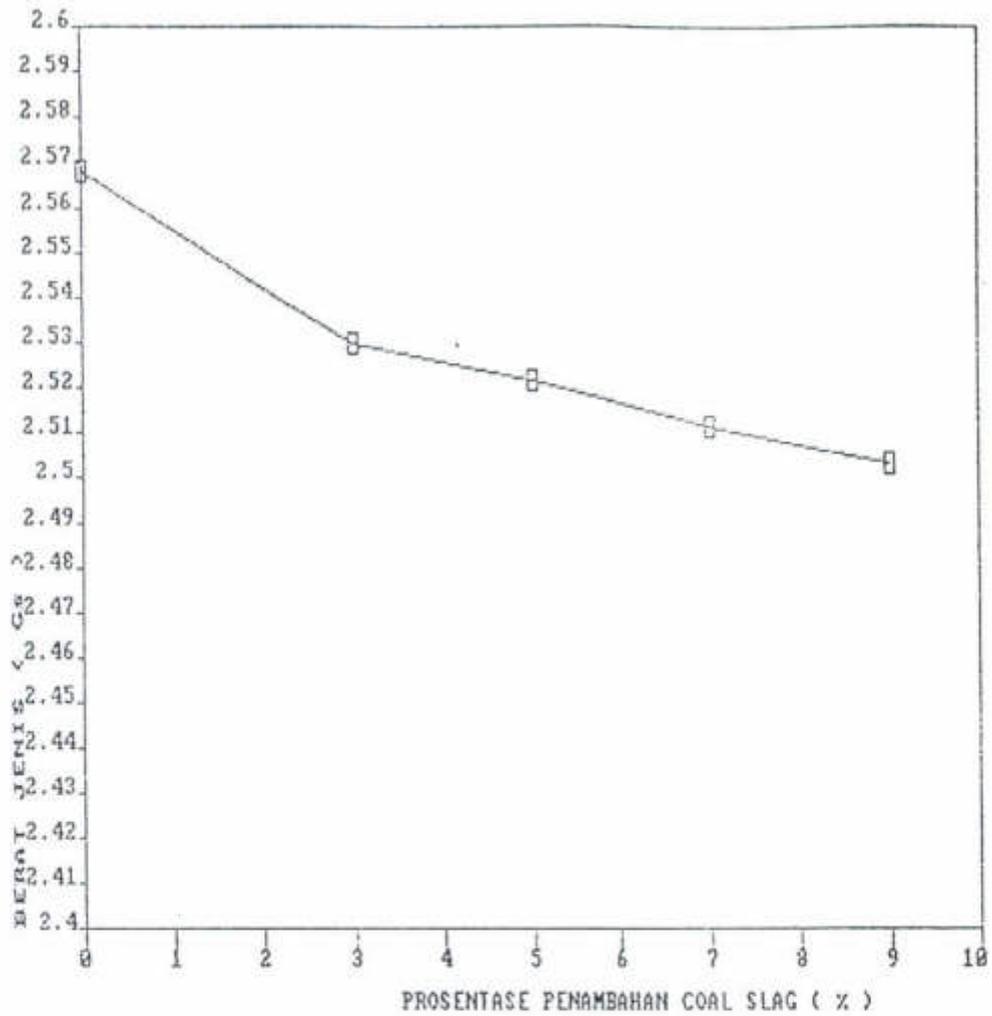
#### 4.3. PENGARUH COAL SLAG TERHADAP BERAT JENIS

Hasil yang ada pada tabel 4.5. menunjukkan bahwa pengaruh Coal Slag menunjukkan kecenderungan berat jenis ( GS ) menurun terhadap penambahan kadar Coal Slag. Hal ini disebabkan karena berat jenis Coal Slag lebih ringan dibandingkan dari berat jenis tanah.

Pada gambar 4.6. dapat dilihat grafik hubungan antara kadar Coal Slag terhadap perubahan berat Jenis.

Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Specific Gravity

No.	Bahan	Gs
1	Tanah Asli	2.568
2	Tanah Asli + Coal Slag 3 %	2.530
3	Tanah Asli + Coal Slag 5 %	2.522
4	Tanah Asli + Coal Slag 7 %	2.511
5	Tanah Asli + Coal Slag 9 %	2.503



Gambar 4.6. Pengaruh Penambahan Coal Slag Terhadap Perubahan Berat Jenis ( Gs )

#### 4.4. PENGARUH COAL SLAG TERHADAP HUBUNGAN ANTARA KEPADATAN DAN KADAR AIR.

Jika tanah kita campur dengan coal slag dengan kadar tertentu, maka akan terjadi perubahan karakteristik tanah dari keadaan aslinya. Hal ini mempengaruhi kepadatan (kerapatan) tanah tersebut, sehingga kepadatannya akan berubah. Demikian pula kadar air yang diperlukan untuk menghasilkan kepadatan maksimum. Hasil pemeriksaan kepadatan standar terhadap tanah asli dan tanah yang dicampur coal slag dengan berbagai variasi kadar. Seperti halnya dalam pemeriksaan batas-batas atterberg, penambahan kadar coal slag mengakibatkan titik balik dari perubahan kadar air optimum dan kepadatannya.

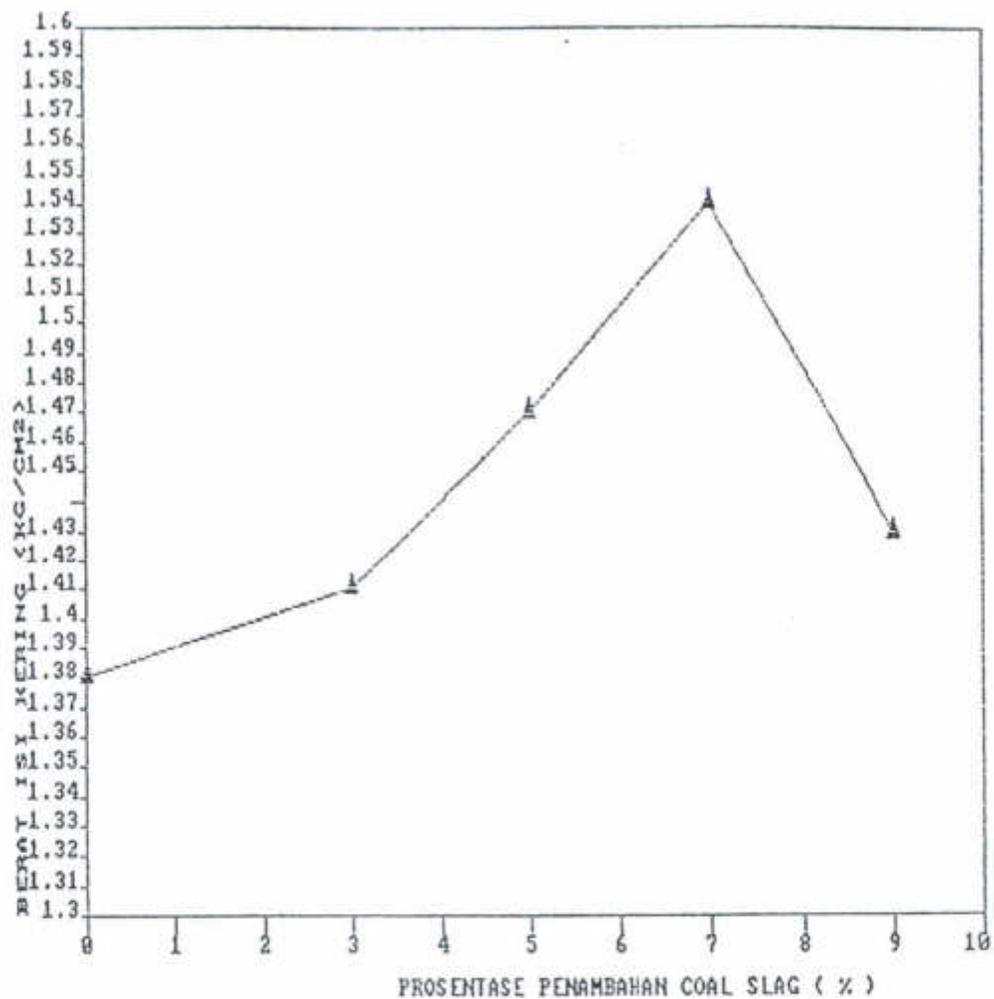
Pada gambar 4.7. terlihat bahwa penambahan kadar Coal Slag juga memberi kenaikan pada kepadatannya, titik balik terjadi pada kadar coal slag 7 % berat tanah kering, dimana kadar tersebut memberikan kepadatan kering maksimum yang terbesar .

Pada gambar 4.8. penambahan Coal Slag justru menurunkan kadar air optimum dan mencapai titik balik pada kadar Coal Slag 7 % berat tanah kering. Sehingga coal slag dengan kadar 7 % merupakan kadar optimum.

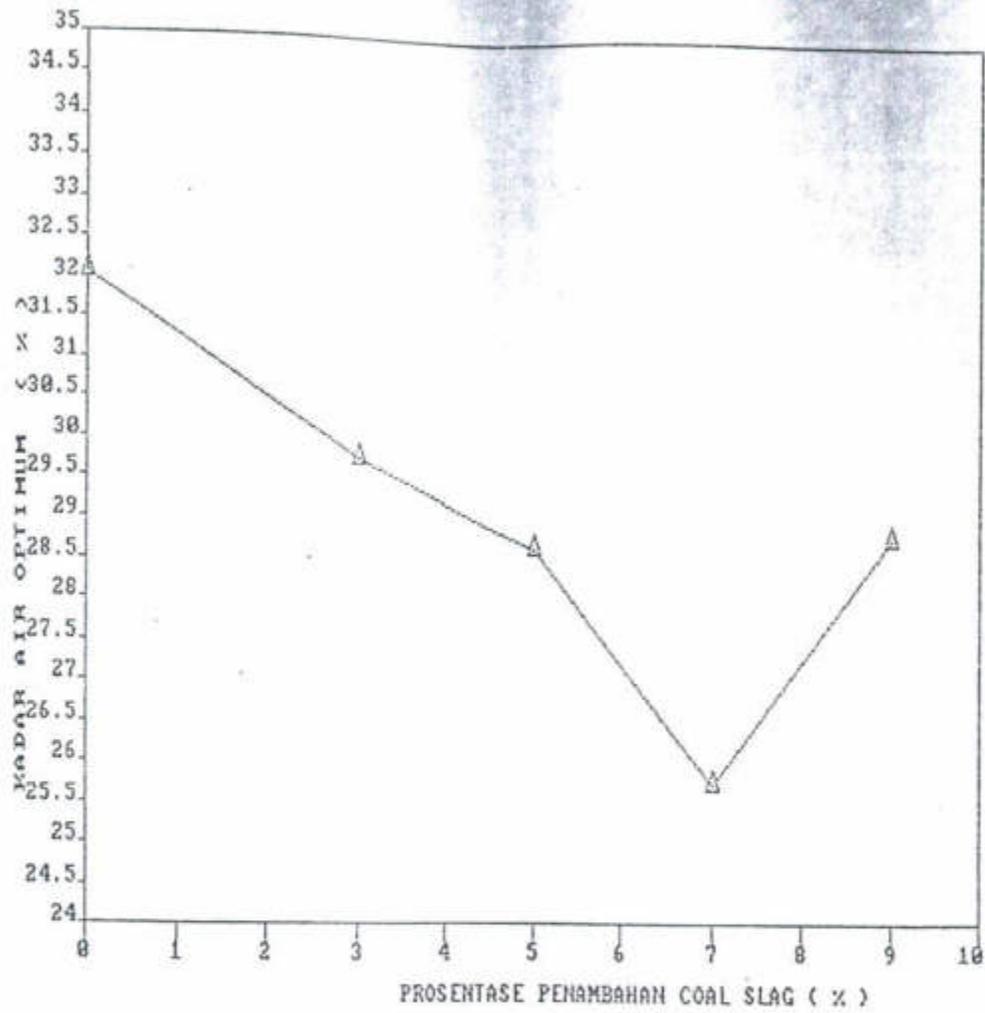
Penambahan kadar coal slag menurunkan kadar air optimum dan menaikkan nilai kepadatan kering maksimum campuran, dan setelah mencapai titik optimum pada kadar coal slag 7 % berat tanah kering, maka nilai kadar air

Tabel 4.6. Pengaruh Coal Slag Terhadap Karakteristik Pematatan Standar

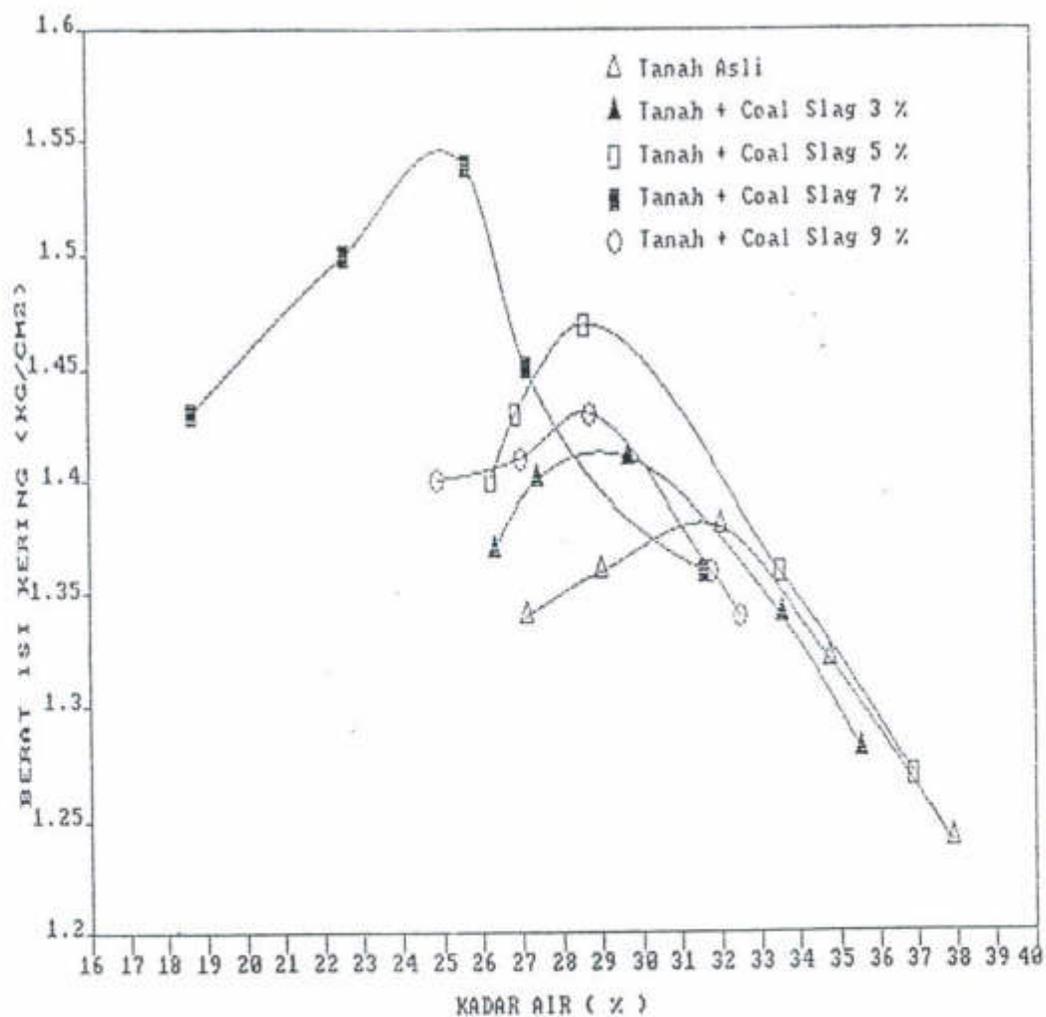
No	Bahan	W opt (%)	$\gamma_d$ max (gr/cm <sup>2</sup> )
1	Tanah Asli	32.06	1.38
2	Tanah + Coal Slag 3 %	29.73	1.41
3	Tanah + Coal Slag 5 %	28.66	1.47
4	Tanah + Coal Slag 7 %	25.70	1.54
5	Tanah + Coal Slag 9 %	28.78	1.43



Gambar 4.7. Pengaruh Coal Slag Terhadap Berat Isi Kering max. Pada Percobaan Pematatan Standar



Gambar 4.8. Pengaruh Coal Slag Terhadap Hubungan Antara Kadar Air Optimum Dan Kadar Coal Slag



Gambar 4.9. Pengaruh Coal Slag Terhadap Hubungan Antara Kadar Air Dan Kepadatan

optimum menjadi naik kembali sedangkan nilai kepadatan kering maksimum menjadi turun kembali.

Dapat dilihat pada tabel 4.6. bahwa pada pemakaian kadar coal slag 7 %, memberikan nilai kepadatan maksimum terbesar yaitu  $1,54 \text{ gr/cm}^3$  dan nilai kadar air terkecil yaitu 25,7 %. Dibandingkan dengan tanah dalam keadaan asli, maka diperoleh kenaikan nilai kepadatan maksimum sebesar  $0,16 \text{ gr/cm}^3$  dan penurunan nilai kadar air optimum sebesar 6,36 %.

Hal ini dapat terjadi karena pada saat penggumpalan, Coal Slag dapat mengisi ruang pori dan menjadikan lebih kecil sehingga terbentuk suatu partikel baru yang lebih padat. Sebaliknya terjadi penurunan nilai kepadatan setelah kadar Coal Slag melebihi 7 % dimungkinkan terjadi karena pada saat akan dilakukan pemadatan tidak dilakukan pemeraman terlebih dahulu sehingga pencampurannya tidak merata dan mengakibatkan pengikatannya tidak sempurna.

Dengan demikian, dalam hubungannya antara kepadatan dan kadar air optimum pada gambar 4.9., maka penambahan coal slag pada tanah akan menurunkan nilai kadar air optimum, sehingga nilai kepadatan kering maksimum meningkat.

#### 4.5. PENGARUH COAL SLAG TERHADAP KEKUATAN TANAH.

Pada bagian ini akan dibahas mengenai pengaruh coal slag terhadap kekuatan tanah menggunakan hasil pemeriksaan nilai California Bearing Ratio (CBR) dan Kuat Tekan Bebas.

##### 4.5.1. California Bearing Ratio (CBR).

Pemeriksaan CBR dilakukan dalam keadaan tidak terendam (unsoaked) dan keadaan terendam (soaked). Masing-masing keadaan dengan variasi waktu pemeraman (curing time) 0, 3 dan 7 hari.

Nilai-nilai CBR tersebut merupakan nilai CBR pada tingkat pemadatan maksimum yang dapat dilihat pada tabel 4.7. dan tabel 4.8..

Dapat dilihat bahwa penambahan kadar coal slag dan lamanya masa pemeraman dapat menaikkan nilai CBR, dan mencapai optimumnya pada kadar coal slag 7% berat tanah kering.

Sebenarnya pada keadaan tidak terendam (unsoaked), nilai CBR pada kadar coal slag 7% berat tanah kering dengan masa pemeraman 7 hari memberikan harga yang tertinggi yaitu 29,01 %, yang memberikan kenaikan nilai CBR sebesar 25,49 % dari nilai CBR tanah asli.

Tetapi mengingat kondisi di lapangan yang tidak memungkinkan untuk menjaga tanah pada kondisi yang tetap, maka nilai CBR diambil pada keadaan terendam (soaked) selama 4 hari.

Dari nilai CBR rendaman didapat hasil bahwa masa pemeraman mempengaruhi nilai CBR. Pada masa pemeraman 0 hari nilai CBR adalah 10,36 % dan terus meningkat dengan penambahan masa pemeraman, dimana pada masa pemeraman 7 hari didapatkan nilai CBR sebesar 25,90 %.

Dibandingkan dengan tanah asli yang mempunyai nilai CBR 1,66 %, maka penambahan kadar coal slag sampai 7 % berat tanah kering dengan masa pemeraman 7 hari memberikan tambahan nilai CBR sebesar 24,24 %.

Pada gambar 4.10. dan 4.11. terlihat bahwa penambahan kadar Coal Slag dapat menaikkan nilai CBR dan mempunyai nilai optimum yang paling baik pada kadar Coal Slag 7 % dengan masa pemeraman 7 hari.

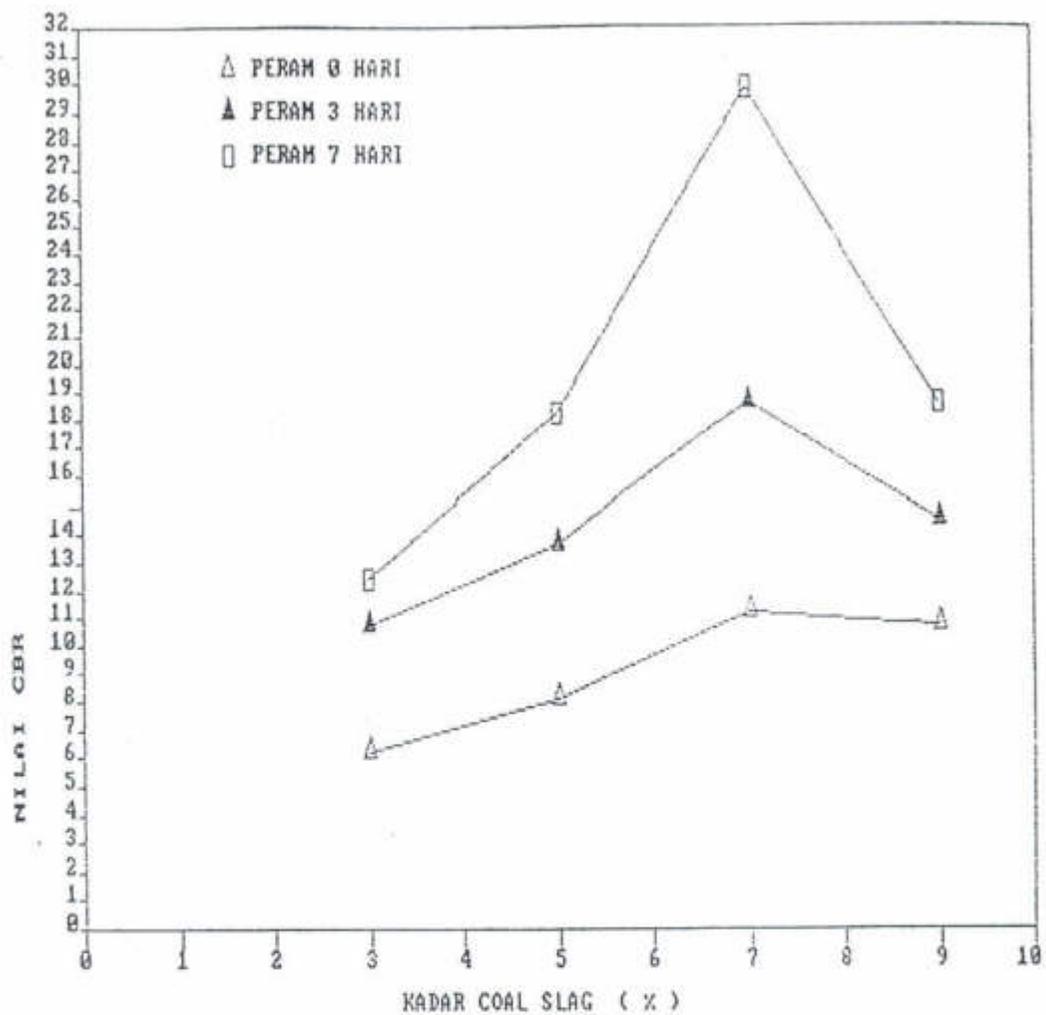
Terjadinya perubahan nilai CBR antara CBR Kering (Unsoaked) dengan CBR rendam (Soaked), yang mana nilai CBR Rendam lebih rendah dari nilai CBR kering adalah karena selama perendaman terjadi kehilangan kepadatan dan perubahan volume. Ini dapat dibuktikan dengan melihat perubahan / pengembangan (Swelling) akibat perendaman pada tabel 4.9. dan gambar 4.12., dimana dengan adanya pengembangan maka pori - pori tanah akan menjadi lebih besar yang mengakibatkan berkurangnya kepadatan.

Tabel 4.7. Pengaruh Coal Slag Terhadap CBR Tidak Terendam  
(Unsoaked) Dengan Berbagai Masa Pemeraman

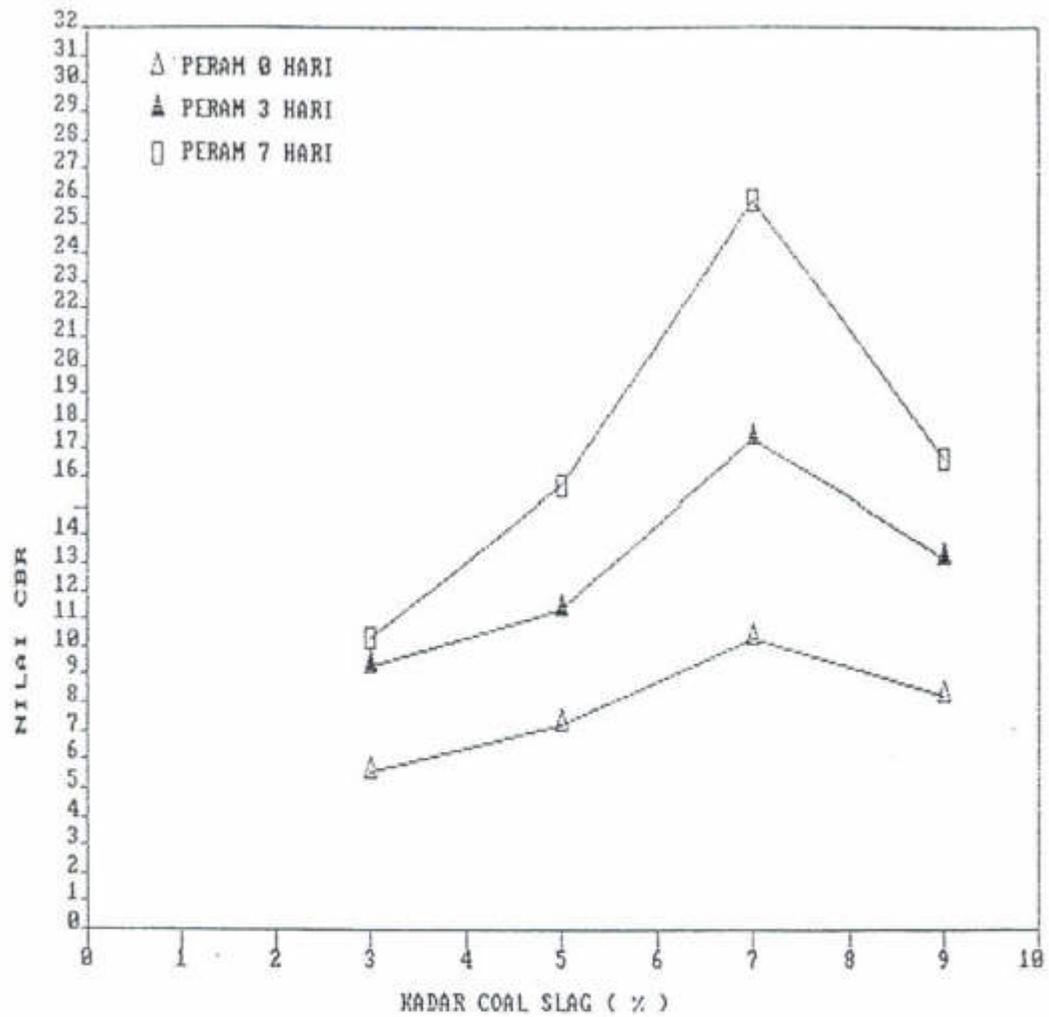
No	Bahan	CBR Kering ( Unsoaked ) ( % )		
		0 Hari	3 Hari	7 Hari
1	Tanah Asli	3.52		
2	Tanah + Coal Slag 3 %	6.21	10.77	12.43
3	Tanah + Coal Slag 5 %	8.08	13.67	18.23
4	Tanah + Coal Slag 7 %	11.19	18.65	29.01
5	Tanah + Coal Slag 9 %	10.77	14.50	18.65

Tabel 4.8. Pengaruh Coal Slag Terhadap CBR Terendam  
(Soaked) Dengan Berbagai Masa Pemeraman

No	Bahan	CBR Terendam ( Soaked ) ( % )		
		0 Hari	3 Hari	7 Hari
1	Tanah Asli	1.66		
2	Tanah + Coal Slag 3 %	5.60	9.32	10.36
3	Tanah + Coal Slag 5 %	7.25	11.39	15.74
4	Tanah + Coal Slag 7 %	10.36	17.41	25.90
5	Tanah + Coal Slag 9 %	8.29	13.26	16.78



Gambar 4.10. Pengaruh Coal Slag Terhadap Nilai CBR Pada Keadaan Tidak Terendam ( Unsoaked )



Gambar 4.11. Pengaruh Coal Slag Terhadap Nilai CBR Pada Keadaan Terendam ( Soaked )

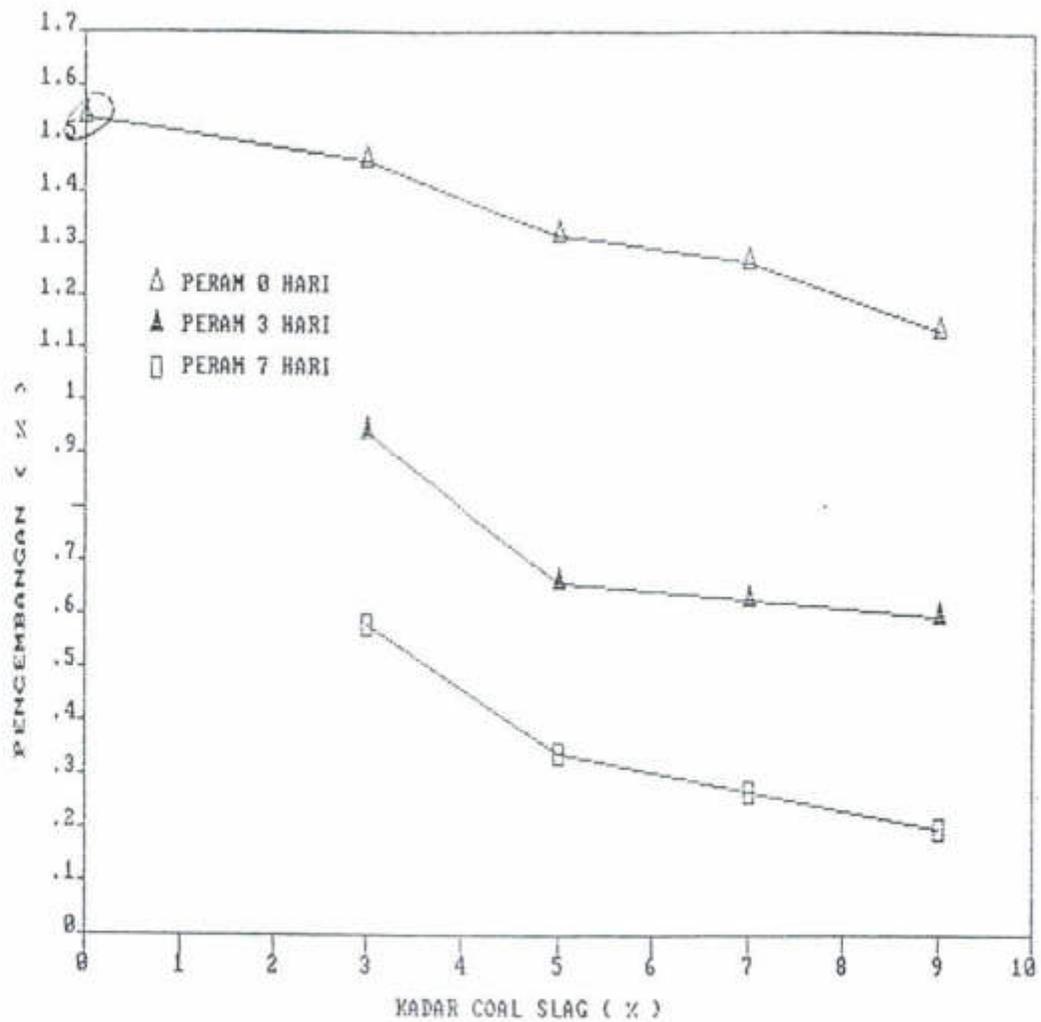
Akan tetapi penambahan Coal Slag berpengaruh juga terhadap pengembangan (swelling) selama pemeraman. Hal ini juga terlihat pada tabel 4.9. dan gambar 4.12., dimana setelah ditambahkan Coal Slag besarnya pengembangan menurun. Bahkan pada kadar Coal Slag melebihi 7 %, hampir tidak ada pengembangan yang berarti. Menurunnya pengembangan ini terjadi karena proses pengikatan Coal Slag dengan tanah sehingga gerakan partikel yang mengakibatkan bertambah besarnya ruang pori dapat dihambat dengan terjadinya proses pengikatan antar partikel tersebut.

Sedangkan terjadinya peningkatan nilai CBR pada tanah Coal Slag ini diakibatkan oleh membesarnya nilai kohesi yang terjadi pada campuran tanah ini yang dipadatkan akibat stabilisasi, sehingga partikel yang kecil akan mengelompok membentuk partikel baru yang lebih besar dan kuat.

Dihubungkan dengan persyaratan lapis perkerasan jalan raya, dengan masa pemeraman 7 hari dan masa perendaman 4 hari, kondisi ini sudah dapat mencapai persyaratan minimum untuk menjadikan tanah dasar sebagai lapis pondasi bawah (sub base course) dengan  $CBR \geq 20$ .

Tabel 4.9. Pengaruh Coal Slag Terhadap Pengembangan  
(Swelling) Dengan Berbagai Masa Pemeraman

No	Bahan	Pengembangan (Swelling) (%)		
		0 Hari	3 Hari	7 Hari
1	Tanah Asli	1.54		
2	Tanah + Coal Slag 3 %	1.46	0.94	0.58
3	Tanah + Coal Slag 5 %	1.32	0.66	0.34
4	Tanah + Coal Slag 7 %	1.27	0.63	0.27
5	Tanah + Coal Slag 9 %	1.14	0.60	0.20



Gambar 4.12. Pengaruh Coal Slag Terhadap Pengembangan  
( Swelling ) Dengan Berbagai Masa Pemeraman

#### 4.5.2. Kuat Tekan Bebas.

Seperi halnya pemeriksaan CBR, maka pemeriksaan ini memberikan hasil bahwa makin lama masa pemeraman maka kekuatannya akan semakin besar. Memang pada penelitian ini pemeriksaan kuat tekan bebas dimaksudkan untuk membandingkan keadaan kekuatan tanah yang didapatkan dari pemeriksaan CBR.

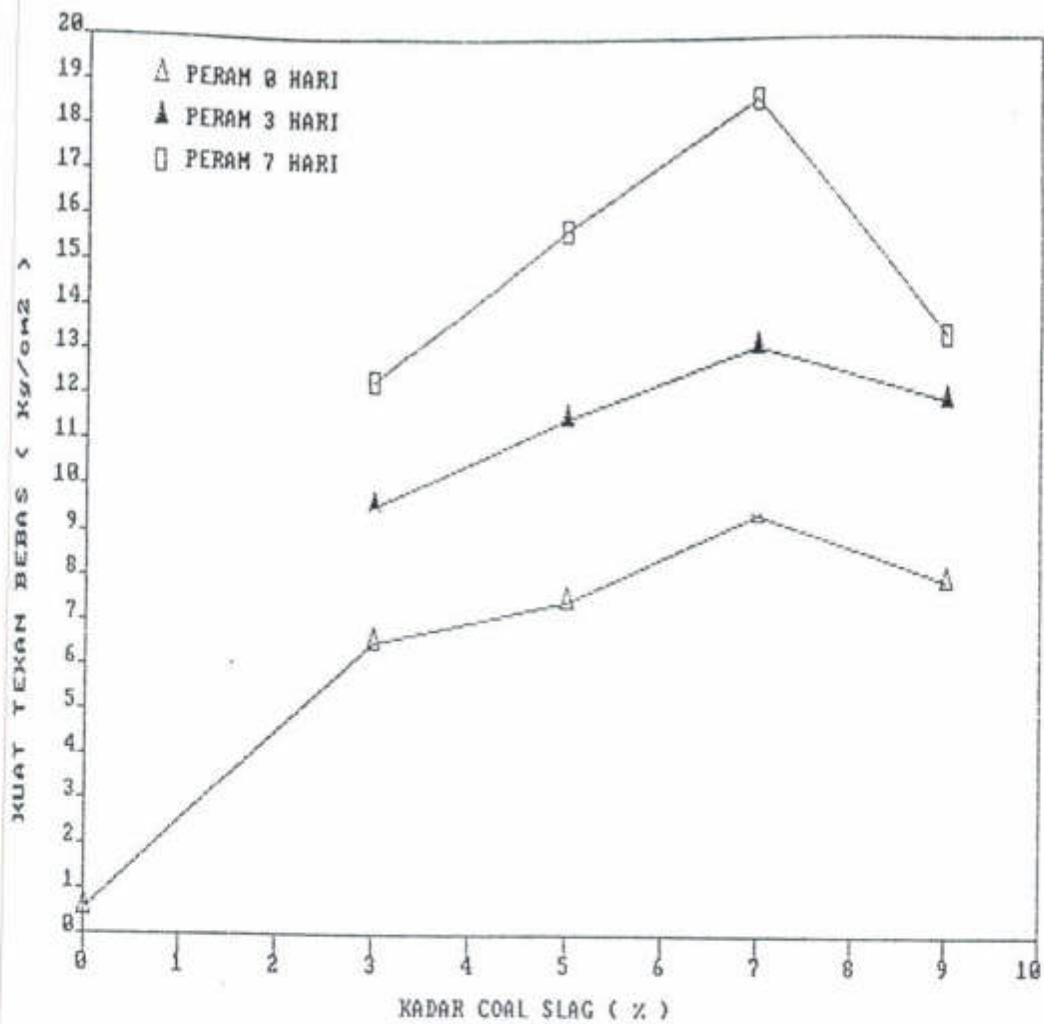
Dapat dilihat pada tabel 4.10. nilai tertinggi dari kuat tekan bebas sebesar  $18,636 \text{ kg/cm}^2$  didapat pada pemberian kadar coal slag sebesar 7 % berat tanah kering pada masa pemeraman 7 hari. Dibandingkan dengan nilai kuat tekan bebas tanah asli, maka memberikan tambahan sebesar  $18,02 \text{ kg/cm}^2$ .

Pengaruh penambahan Coal Slag terhadap nilai Kuat Tekan Bebas dengan berbagai masa pemeraman dapat terlihat pada gambar 4.13.

Peningkatan nilai Kuat Tekan Bebas selama pemeraman ini juga disebabkan oleh membesarnya nilai kohesi maupun sudut geser dalam akibat penggumpalan yang terjadi, sehingga ikatan antar partikel menjadi lebih kuat.

Tabel 4.10. Pengaruh Coal Slag Terhadap Kuat Tekan Bebas Dengan Berbagai Masa Pemeraman

No	Bahan	Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) (Kg / cm <sup>2</sup> )		
		0 Hari	3 Hari	7 Hari
1	Tanah Asli	0.544		
2	Tanah + Coal Slag 3 %	6.533	9.512	12.378
3	Tanah + Coal Slag 5 %	7.468	11.551	15.700
4	Tanah + Coal Slag 7 %	9.428	13.133	18.636
5	Tanah + Coal Slag 9 %	7.952	11.919	13.428



Gambar 4.13. Pengaruh Coal Slag Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas

**BAB V**  
**KESIMPULAN DAN SARAN**



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Dari hasil pemeriksaan terhadap contoh tanah lempung Kapuk Jakarta Barat dan campuran tanah dengan Coal Slag dalam berbagai kadar, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sifat plastis tanah lempung Kapuk akan menurun dengan diberikannya penambahan Coal Slag dan akan mencapai titik optimumnya pada kadar 7 % dari berat tanah kering. Sifat ini dapat dilihat dari pengujian batas - batas Atterberg dimana indeks plastisnya akan turun sebanding dengan banyaknya prosentase Coal Slag yang digunakan dan mencapai titik optimumnya pada kadar 7 % dari berat keringnya.

Penambahan Coal Slag pada tanah lempung Kapuk, juga berpengaruh pada perubahan klasifikasi tanah lempung Kapuk dari jenis tanah lempung dengan batas cair tinggi (CH) menjadi jenis tanah lanau yang elastis (MH) dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi (OH).

2. Terhadap karakteristik pemadatan, penambahan Coal Slag sampai pada titik optimumnya mempengaruhi nilai kadar optimum ( $W_{opt}$ ) dan kepadatan kering maksimum ( $\gamma_d \text{ maks}$ ). Dengan bertambahnya kadar Coal Slag maka kadar air optimum turun dan kepadatan kering maksimum cenderung naik. Hal ini disebabkan karena terjadinya perbaikan penggumpalan (flokulasi) pada tanah dimana Coal Slag mengisi ruang pori, sehingga ruang pori menjadi lebih kecil dan terbentuk partikel baru yang lebih padat.

Pada kadar Coal Slag optimum 7 % dari berat tanah kering, didapat nilai kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) = 25,7 %, sedangkan nilai kepadatan kering maksimum ( $\gamma_d \text{ maks}$ ) = 1,54 gr/cm<sup>3</sup>.

3. Pemakaian Coal Slag pada kadar yang optimum 7 % dengan masa pemeraman 7 hari, nilai CBR yang didapat adalah CBR kering 29,01 %, CBR rendam 25,49 %. Pengembangan (swelling) yang terjadi pada saat pemakaian Coal Slag pada tanah lempung Kapuk akan menurun sebanding dengan penambahan kadar Coal Slag, yang terkecil terjadi pada kadar Coal Slag 9 % dengan masa pemeraman 7 hari sebesar 0,2 %.

4. Dihubungkan dengan persyaratan lapis perkerasan jalan dan ditinjau dari nilai CBR rendam yang didapat, maka pencampuran Coal Slag pada tanah lempung Kapuk pada prosentase 7 % dengan masa pemeraman 7 hari dan masa perendaman 4 hari sudah dapat meningkatkan kondisi tanah dari tanah dasar ( sub grade ) menjadi lapis pondasi bawah ( sub base course ), yaitu > 20 %.
  
5. Dengan adanya peningkatan nilai kuat tekan bebas, dari tanah dasar dengan nilai 0,436 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 18,636 kg/cm<sup>2</sup> pada pencampuran dengan kadar Coal Slag 7 %, sudah dapat memenuhi syarat untuk dapat dipergunakan sebagai bahan stabilisasi lapisan tanah dasar jalan raya

## 5.2. SARAN

Melihat dari hasil yang didapat pada percobaan / penelitian yang sangat terbatas ini, penulis memberikan saran sebagai berikut :

- Untuk lebih tingginya tingkat ketelitian dalam penelitian ini, harus diperhatikan kualitas dan ketepatan dari alat - alat yang dipergunakan dalam penelitian .
- Dalam pencampuran bahan stabilisasi dengan tanah untuk percobaan pemadatan, sebaiknya campuran tersebut diperam dahulu minimal 120 menit untuk dapat tercampur dengan merata dan saling mengikat sehingga didapat tingkat kepadatan maksimum yang sesuai.
- Untuk mengetahui sejauh mana masa pemeraman ( curing time ) dapat mempengaruhi kekuatan tanah, maka diperlukan penelitian dengan masa pemeraman lebih dari 7 hari. Sehingga akan diketahui masa pemeraman yang efektif.
- Untuk lebih mengetahui sejauh mana bahan stabilisasi Coal Slag dapat dipergunakan sebagai bahan stabilisasi tanah secara luas, disarankan untuk melakukan penelitian stabilisasi terhadap jenis - jenis tanah lainnya dan dengan komposisi yang berbeda - beda.

## DAFTAR PUSTAKA



## DAFTAR PUSTAKA

1. Craig, R.f. Dan Budi Susilo S, *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta 1991.
2. Bowles, Joseph E., *Sifat - sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta 1986.
3. Wesley, L.D. Dr. Ir., *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, 1977.
4. Sunggono, K.H., Ir., *Mekanika Tanah*, Nova, Bandung, 1982.
5. Braja M.Das., Noor Endah, *Prinsip - prinsip Rekayasa Geoteknis*, Erlangga, Jakarta 1991.
6. Idrus, *Stabilisasi Pada Tanah Lempung Losari Dengan Kapur Dan Semen*, Tesis, Bidang Studi Geoteknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Pasca Sarjana, ITB, 1991.
7. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, *Buletin vol 7 no.2*, Bandung 1985.
8. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, *Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Jalan Raya*, No. 01/PD/B/1993.
9. Hary Christady Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 1*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1992

