



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202051986, 22 November 2020.

## Pencipta

Nama : **Enden Mina ST., MT, Rama Indera Kusuma, ST., MT dkk**

Alamat : Villa Permata Hijau Cluster Garnet Blok C1 No.2 Kel. Serdang Kec. Kramatwatu Kab. Serang , Serang , BANTEN, 42161

Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Enden Mina ST., MT, Rama Indera Kusuma, ST., MT. dkk**

Alamat : Villa Permata Hijau Cluster Garnet Blok C1 No.2 Kel. Serdang Kec. Kramatwatu Kab. Serang , Serang , BANTEN, 42161

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Karya Tulis**

Judul Ciptaan : **Pemanfaatan Semen Slag Sebagai Campuran Stabilisasi Tanah Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR Terendam (Soaked California Bearing Ratio)**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 22 November 2020, di Cilegon

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, dihitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000221376

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Enden Mina ST., MT	Villa Permata Hijau Cluster Garnet Blok C1 No.2 Kel. Serdang Kec. Kramatwatu Kab. Serang
2	Rama Indera Kusuma, ST., MT	Perum GCD Blok E.06 No.07B RT.001 RW.005 Kel. Kalitimbang Kec. Cibeber
3	Zahirah Ismi Sausan ST	Jl. Cempaka Warna RT/RW 009/004 Kel. Cempaka Putih Timur Kec. Cempaka Putih

**LAMPIRAN PEMEGANG**

No	Nama	Alamat
1	Enden Mina ST., MT	Villa Permata Hijau Cluster Garnet Blok C1 No.2 Kel. Serdang Kec. Kramatwatu Kab. Serang
2	Rama Indera Kusuma, ST., MT.	Perum GCD Blok E.06 No.07B RT. 001 RW. 005 Kel. Kalitimbang Kec. Cibeber
3	Zahirah Ismi Sausan ST	Jl. Cempaka Warna RT/RW 009/004 Kel. Cempaka Putih Timur Kec. Cempaka Putih





# Pemanfaatan Semen Slag Sebagai Campuran Stabilisasi Tanah Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR Terendam (Soaked California Bearing Ratio)

Enden Mina<sup>1</sup>, Rama Indera Kusuma<sup>2</sup>, Zahirah Ismi Sausan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Kota Cilegon – Banten Indonesia

[zahirahismi@gmail.com](mailto:zahirahismi@gmail.com)

## ABSTRAK

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan bahan aditif pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Kondisi perkerasan Jalan Raya Munjul, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang merupakan daerah yang mengalami kerusakan pada struktur lapis perkerasan dikarenakan memiliki daya dukung tanah sangat rendah dengan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) sebesar 2,8 % yang didapatkan dari hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), oleh karena itu harus dilakukannya stabilisasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai CBR *soaked* baik sebelum maupun sesudah distabilisasi menggunakan semen *slag* dengan variasi 10 %, 20 %, dan 30 % dengan pemeraman selama 0 hari, 3 hari, dan 7 hari serta klasifikasi tanah di lokasi studi kasus berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh klasifikasi tanah pada ruas jalan tersebut termasuk ke dalam jenis OH, yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi. Hasil pengujian *atterbberg limit* menunjukkan bahwa penambahan semen *slag* pada tanah lempung mengalami penurunan indeks plastisitas dari 20,11 % menjadi 12,79 % dan dapat meningkatkan nilai CBR *soaked* menjadi 10,867 % dengan persentase kadar semen *slag* 10 % serta mampu menurunkan nilai *swelling* dari 1,937 % (pengembangan tinggi) menjadi 0,427 % (pengembangan rendah). Disimpulkan bahwa semen *slag* dapat digunakan sebagai alternatif bahan tambah stabilisasi tanah karena mampu menaikkan nilai daya dukung dan menurunkan potensi pengembangan tanah.

**Kata Kunci:** CBR, Semen *Slag*, Stabilisasi, *Swelling*, Tanah Lempung

## ABSTRACT

*Soil stabilization is a process to improve soil properties by adding additives to the soil, in order to increase soil strength and maintain shear strength. The pavement condition of Munjul Road, Pasir Tenjo Village, Sindang Resmi Subdistrict, Pandeglang Regency is an area that has damaged in the pavement layer structure which has very low bearing capacity with a California Bearing Ratio (CBR) value is 2,8 % which from the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) test result, which need soil stabilization.*

*This research aims to determine the CBR soaked value both before and after stabilization using cement slag with variations 10 %, 20 %, and 30 % with curing for 0 days, 3 days, and 7 days with soil classification in the case study location based on Unified Soil Classification System (USCS).*

*Based on the results of this study, it can concluded that the soil is classified as OH type, namely organic clay soil with high plasticity. Atterbberg limit test results show that the addition of cement slag has decreased the soil plasticity index from 20,11 % to 12,79 %, increase the CBR soaked value to 10,867 % with a percentage of cement slag 10 %, and able to decrease swelling values from 1,937 % (high swelling) to 0,427 % (low swelling). It can concluded that cement slag could be used as an alternative material for soil stabilization because it able to increase the soil bearing capacity value and decrease the swelling potential.*

**Keywords:** CBR, Ground Granulated Blast Furnace Slag, Stabilization, Swelling, Clay Soil

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan konstruksi perkerasan jalan raya pada umumnya sering ditemui tanah dasar di sekitar lokasi proyek yang tidak memenuhi syarat sifat teknis tanah bila digunakan untuk pembangunan perkerasan jalan. Syarat sifat teknis tanah yang dimaksud salah satunya adalah daya dukung tanah berupa nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dengan tingkatan *very poor* atau nilainya kurang dari 3 % (Bowles, 1992), apabila kondisi ini ditemukan perlu adanya upaya untuk melakukan perbaikan guna meningkatkan sifat-sifat teknis tanah tersebut. Cara yang paling mudah dilakukan untuk melakukan perbaikan tanah salah satunya dengan proses stabilisasi tanah.

Kondisi perkerasan pada ruas jalan studi kasus merupakan daerah yang mengalami kerusakan pada struktur lapis permukaan jalan. Pengujian daya dukung tanah dengan cara uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) pada lokasi tersebut, didapatkan bahwa tingkat daya dukung tanah merupakan kategori *very poor* sebesar 2,8 % (< 3 %), oleh karena itu perlu dilakukan stabilisasi tanah guna meningkatkan daya dukung tanah pada lokasi tersebut.

Stabilisasi tanah yang dilakukan yaitu dengan mencampurkan semen *slag* dengan tanah dari lokasi penelitian. Semen *slag* yang digunakan yaitu berasal dari PT. Krakatau Semen Indonesia (KSI). Semen *slag* dapat meningkatkan daya dukung tanah karena memiliki sifat *cementitious* yang mampu mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan air.

Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik tanah berdasarkan klasifikasi dan sifat fisik tanah berdasarkan tabel *Unified Soil Classification System* (USCS) dan mengetahui pengaruh dari semen *slag* terhadap nilai *California Bearing Ratio*

*soaked* (CBR) sebelum dan sesudah stabilisasi tanah dengan kadar bahan tambah 0 %, 10 %, 20 %, dan 30 % dengan pemeraman 0, 3, dan 7 hari.

### 1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Jalan Raya Munjul, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang.



**Gambar 1.** Kerusakan Jalan di Lokasi Studi Kasus

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini menggunakan tinjauan dari beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya:

Penelitian pertama dengan judul *Comparative Study on Stabilization of Soil with Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBS) and Fly Ash* yang diteliti oleh Dayalan (2016) dari *New Horizon College of Engineering*, Bengaluru. Penelitian tersebut menunjukkan beberapa perbandingan antara bahan campur semen *slag* dengan *fly ash*. Perbandingan ditinjau berdasarkan batas *atterberg*, kadar air optimum, kepadatan kering maksimum, dan nilai CBR. Tinjauan indeks plastisitas menunjukkan semakin tinggi kadar persentase semen *slag* akan mengurangi indeks plastisitas tanah, sedangkan pada campuran dengan *fly ash* kenaikan kadar persentase tidak berpengaruh terhadap nilai indeks plastisitas dikarenakan tidak adanya pola kenaikan ataupun penurunan nilai indeks plastisitas. Tinjauan kadar air optimum menunjukkan bahwa apabila kadar bahan tambah semen *slag* maupun *fly ash* bertambah, maka nilai kadar air optimum akan menurun, nilai kadar air

campuran *fly ash* lebih tinggi daripada campuran semen *slag*. Tinjauan kepadatan kering maksimum menunjukkan bahwa apabila kadar bahan tambah semen *slag* maupun *fly ash* bertambah, maka nilai kepadatan kering maksimum akan meningkat, nilai kepadatan kering maksimum bahan campur *fly ash* lebih tinggi daripada campuran semen *slag*. Tinjauan perbandingan yang terakhir adalah nilai CBR, untuk kedua bahan campur tersebut sama-sama mengalami kenaikan sampai di kadar persentase tertentu, kemudian menurun, yaitu *fly ash* optimum pada kadar 15 %, sedangkan untuk semen *slag* optimum pada 20 %, nilai CBR bahan campur semen *slag* lebih besar dibandingkan menggunakan *fly ash*. [12]

Penelitian kedua dengan judul *Comparative Study on Stabilization of Soil with Ground Granulated Blast Furnace Slag* oleh Rasool (2017) dari *Universal Institutions of Engineering and Technology*, Lalru. Hasil pengujian laboratorium didapatkan jenis tanah Lalru tergolong tanah lempung berpasir yang memiliki sifat plastisitas yang rendah. Variasi kadar campuran dalam penelitian ini, yaitu 0 %, 6 %, 12 %, 18 %, dan 24 %. Campuran semen *slag* 24 % merupakan campuran yang optimum bagi tanah Lalru untuk mendapatkan nilai CBR yang terbaik. [17]

Peneliti ketiga dengan judul *Stabilisation of Soft Clay using Ground Granulated Blast Furnace Slag and Lime* oleh Padmaraj (2017) dari *National Institute of Technology Calicut*, Kerala. Hasil pengujian laboratorium didapatkan jenis tanah tergolong tanah liat yang memiliki sifat plastisitas yang rendah. Tinjauan penelitian ini mengenai pengaruh campuran semen *slag* terhadap nilai kuat tekan bebas dan CBR, dengan hasil penelitian nilai kuat tekan bebas optimum dan CBR optimum didapatkan pada kadar

penambahan semen *slag* sebesar 10 %, peningkatan lebih jauh ketika diberikan tambahan kapur 5 % sebagai activator. [15]

### 3. LANDASAN TEORI

#### 3.1 Definisi Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasikan (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. [8]

#### 3.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu system pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Klasifikasi sistem *Unified Soil Classification System* (USCS) mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu: tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. [8]

#### 3.3 Kadar Air

Kadar air tanah adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. [3]

$$\omega = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

$\omega$  = Kadar air (%)

$W_1$  = Berat cawan (gram)

$W_2$  = Berat tanah basah dan berat cawan (gram)

$W_3$  = Berat tanah kering dan berat cawan (gram)

#### 3.4 Berat Jenis Butir

Berat jenis butir ( $G_s$ ) adalah perbandingan antara berat volume butir tanah ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ) pada temperature dan volume yang sama. Nilai  $G_s$  tidak berdimensi. [2]

### 3.5 Batas Cair

Batas cair tanah (LL) adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. [5]

$$LL = W_n \left( \frac{N}{25} \right)^{\tan \beta} \quad (2)$$

Keterangan:

LL = Batas cair (%)

W<sub>n</sub> = Kadar air (%)

N = Jumlah ketukan

$\tan \beta = 0,121$

### 3.6 Batas Plastis

Batas plastis (PL) adalah batas terendah kondisi kadar air ketika tanah masih dalam kondisi plastis. [4]

$$PL = \frac{\text{Massa Air}}{\text{Massa Tanah Kering}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

PL = Batas Plastis (%)

$$PI = LL - PL \quad (4)$$

Keterangan:

PI = Indeks Plastisitas (%)

LL = Batas Cair (%)

PL = Batas Plastis (%)

### 3.7 Analisa Besar Butir

Analisa saringan adalah suatu usaha untuk mendapatkan ukuran distribusi tanah dengan menggunakan saringan. Analisa saringan dilakukan dengan cara mengayak dengan menggetarkan contoh tanah melalui analisa satu set ayakan, dimana lubang lubang atau diameter dari ayakan tersebut berurutan dan makin kecil. Analisa saringan ini dilakukan pada tanah yang tertahan pada saringan No. 200. [6]

### 3.8 Pematatan Tanah

Uji *proctor* standar digunakan untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum dan kerapatan kering tanah. Kerapatan kering laboratorium selanjutnya digunakan untuk perbandingan dengan

kerapatan kering lapangan dalam uji *sand cone test* untuk mendapatkan kepadatan tanah dilapangan. [10]

### 3.9 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah pada umumnya terdiri dari stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. [11]

### 3.10 Semen Slag

Semen *slag* adalah *slag* baja hasil residu pembakaran tanur yang sudah dihaluskan, memiliki sifat *cementitious* layaknya semen yang dapat berfungsi sebagai bahan perekat agregat. [16]



Gambar 2. Semen Slag

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019

### 3.11 California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium

Pengujian CBR digunakan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, fondasi bawah dan fondasi, termaksud material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang. Pada pengujian CBR laboratorium *soaked* pelaksanaan *pesoaked* benda uji dilakukan selama 96 jam. [7]

### 3.12 Pengembangan (*swelling*)

Pengembangan atau *swelling* adalah perubahan tinggi benda uji setelah direndam dalam air untuk jangka waktu tertentu sesuai yang ditentukan. [7]

## 4. METODE PENELITIAN

### 4.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam proses perancangan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

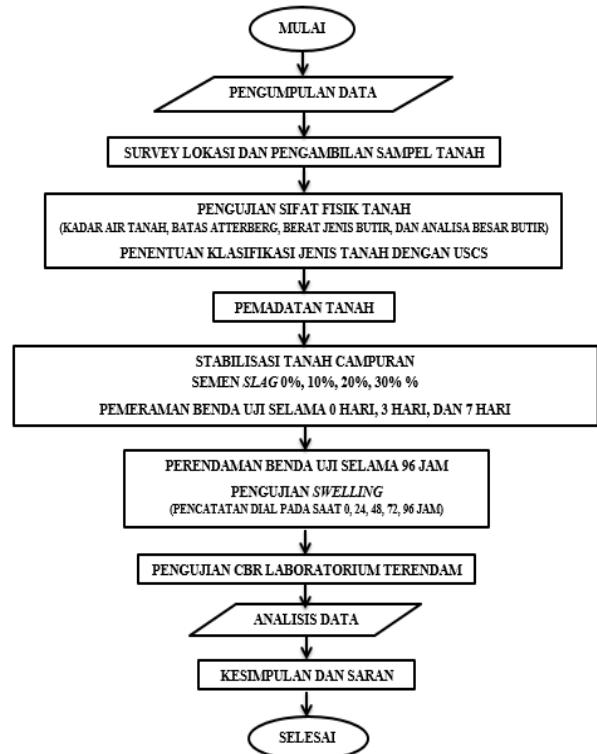
Tahap pertama adalah pengumpulan data yaitu pencarian sumber pustaka dan mengumpulkan informasi lokasi (studi kasus: Jalan Raya Munjul, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindangresmi, Kabupaten Pandeglang). Tahap kedua yaitu survey lokasi dan pengambilan sampel tanah untuk meninjau dan mengkaji nilai CBR lapangan. Tahapan ketiga yaitu pengujian sifat fisik tanah meliputi kadar air, batas cair, batas plastis, berat jenis butir, dan analisa besar butir berdasarkan SNI yang berlaku, kemudian diklasifikasikan menurut USCS.

Tahapan keempat, yaitu pemadatan tanah bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Tahapan kelima, yaitu stabilisasi tanah dan proses pemeraman, dalam tahap ini tanah dicampur dengan semen *slag* dengan variasi 0 %, 10 %, 20 %, dan 30 %. Setelah tanah dicampurkan semen *slag* dilakukan pemeraman selama 0 hari, 3 hari, dan 7 hari dengan cara dibungkus kantong plastik, lalu disimpan dalam temperatur suhu yang tetap.

Tahapan keenam adalah *pesoaked* benda uji dan pengujian *swelling*, dalam tahap ini *pesoaked* dilakukan selama 4 hari, kemudian dicatat pengembangan tanah di dalam *mold* (*swelling*) diukur dengan *dial* penurunan pada permukaan tanah. Tahapan ketujuh adalah melakukan pengujian CBR laboratorium *soaked*, dalam tahap ini setiap variasi campuran memakai 3 *mold* yang masing-masing dipadatkan dengan tumbukan berbeda-beda, 10 tumbukan, 30 tumbukan, dan 65 tumbukan untuk setiap lapisannya. Tahap kedelapan adalah analisis data dan tahapan terakhir adalah kesimpulan dan saran,

menjawab tujuan penelitian yang terdapat pada bagian pendahuluan.

### 4.2 Alur Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Sumber: Hasil Analisis, 2019

## 5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Tanah Asli

Berikut ini adalah hasil pengujian kadar air, berat jenis, *atterberg limit*, analisa besaran butir, pemadatan, dan CBR *soaked* beserta *swelling*-nya tanpa campuran bahan tambah:

#### 5.1.1 Kadar Air

Hasil pengujian laboratorium didapatkan nilai kadar air tanah asli sebesar 11,59 %.

#### 5.1.2 Berat Jenis

Hasil pengujian berat jenis tanah diperoleh nilai  $G_s$  adalah 2,64. Tanah termasuk dalam kategori tanah lempung organik berdasarkan buku “Mekanika Tanah I, Hardiyatmo”.



### 5.1.3 Atterberg Limit

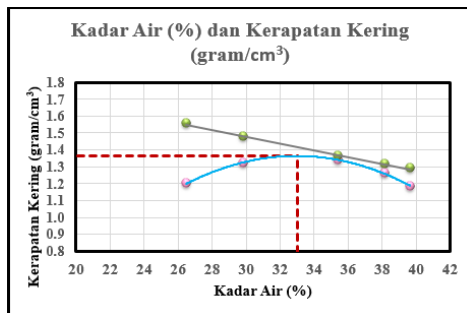
Hasil pengujian laboratorium didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 51 %, nilai batas plastis (PL) sebesar 30,89 %, dan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 20,11 %. Tanah termasuk jenis tanah lempung dan kohesif berdasarkan buku “Mekanika Tanah 1, Hardiyatmo” halaman 48.

### 5.1.4 Analisa Besar Butir

Hasil pengujian analisa besar butir tanah dengan pengujian analisa saringan menunjukkan tanah merupakan tanah berbutir halus didapat hasil tanah tersebut lebih dari 50 % lolos saringan No. 200 yaitu 64,90 %

### 5.1.5 Pemadatan Tanah

Hasil pengujian pemadatan tanah didapatkan nilai sebesar berat kering maksimum sebesar 1,375 gr/cm<sup>3</sup> dengan kadar air optimum 33,00 %.

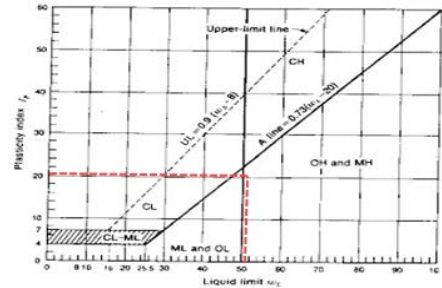


**Gambar 4.** Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Kering

Sumber: Hasil Analisis, 2019

### 5.1.6 Klasifikasi Tanah

Berdasarkan hasil pengujian analisa besar butir, batas cair, dan batas plastis kemudian disesuaikan dengan tabel sistem USCS maka tanah diklasifikasikan sebagai tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi (OH).



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Liquid Limit dan Plasticity Index

Sumber: Harry Cristady, Mekanika Tanah I, Halaman 57

## 5.2 Hasil Stabilisasi Tanah dengan menggunakan Semen Slag

### 5.2.1 Kebutuhan Tanah dan Air

Penelitian ini dilakukan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dengan bahan tambah menggunakan semen slag. Variasi bahan tambah semen slag yang akan dicampur dengan tanah adalah 0 %, 10 %, 20 %, dan 30 %. Kebutuhan masing-masing tanah, air, dan bahan aditif semen slag dianalisis sebagai berikut:

#### 1) Kebutuhan Tanah

$$\begin{aligned} \text{Volume mold} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15,16^2 \times \\ &16,765 \\ &= 3024,626 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\gamma_{\text{dry maksimum}} = 1,375 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Massa tanah maksimum} = \text{Volume mold} \times \gamma_{\text{dry maksimum}}$$

$$= 3024,626 \times 1,375$$

$$= 4158,860 \text{ gram,}$$

$$\text{dibulatkan menjadi } 4160 \text{ gram}$$

#### 2) Jumlah massa kebutuhan air

Massa air berdasarkan berat isi kering pemadatan

$$\text{Kadar air tanah } \textit{speedy} = 11,607 \%$$

$$\text{Kadar air optimum} = 33,00 \%$$

Massa air:

$$= \text{Massa tanah} \times \text{kadar air}$$

$$= 4160 \text{ gram} \times 21,393 \%$$

$$= 889,94 \text{ gram dibulatkan menjadi } 890 \text{ ml}$$



### 5.2.2 Hasil Pengujian California Bearing Ratio (CBR) Soaked

Pengujian CBR *soaked* diawali dengan mempersiapkan tanah kering *oven* yang telah lolos saringan No. 4 sebanyak 4160 gram untuk setiap *mold*, bahan tambah semen *slag* sebanyak 0 % (0 gram), 10 % (416 gram), 20 % (832 gram), dan 30 % (1248 gram), serta air suling sebanyak 890 ml. Campurkan tanah, air, dan bahan tambah semen *slag* hingga merata (homogen), kemudian dimasukkan ke dalam plastik lalu mengikatnya hingga tidak ada udara yang masuk untuk diperam selama 0 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Benda uji untuk satu *mold* dibagi menjadi 3 lapisan yang tebalnya kira-kira sama. Masukkan tanah campuran ke dalam *mold* dan memadatkannya dengan jumlah tumbukan 10, 30, dan 65 tumbukan per lapis untuk masing-masing kadar persentase dan waktu pemeraman. Langkah terakhir adalah merendam benda uji selama 4 hari.

**Tabel 1.** Nilai CBR *soaked* tanpa penambahan semen *slag*, dalam %

0 % Semen <i>slag</i>				
Hari	10	30	65	CBR Desain
0	1,622	2,433	2,838	<b>2,734</b>
3	1,216	2,027	2,636	<b>2,319</b>
7	1,014	1,825	2,027	<b>1,959</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**Tabel 2.** Nilai CBR *soaked* dengan penambahan 10 % semen *slag*, dalam %

10 % Semen <i>Slag</i>				
Hari	10	30	65	CBR Desain
0	2,838	7,704	13,380	<b>10,867</b>
3	2,433	6,893	11,353	<b>8,324</b>
7	2,027	5,271	8,920	<b>6,909</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**Tabel 3.** Nilai CBR *soaked* dengan penambahan 20 % semen *slag*, dalam %

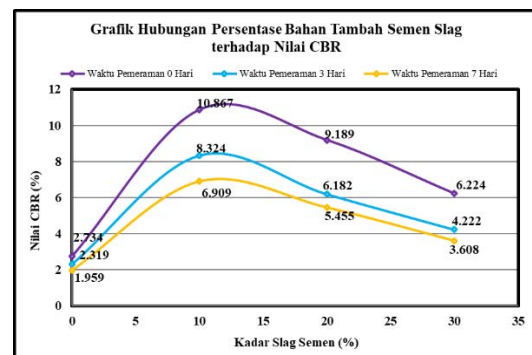
20 % Semen <i>Slag</i>				
Hari	10	30	65	CBR Desain
0	2,433	6,285	10,542	<b>9,189</b>
3	1,825	5,271	9,326	<b>6,182</b>
7	1,622	4,055	6,690	<b>5,455</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**Tabel 4.** Nilai CBR *soaked* dengan penambahan 30 % semen *slag*, dalam %

30 % Semen <i>Slag</i>				
Hari	10	30	65	CBR Desain
0	2,027	4,460	8,109	<b>6,224</b>
3	1,622	3,649	6,487	<b>4,222</b>
7	1,216	2,838	4,866	<b>3,608</b>

Sumber: Hasil Analisis, 2019



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Persentase Bahan Aditif Semen *Slag* terhadap Nilai CBR

Sumber: Hasil Analisis, 2019

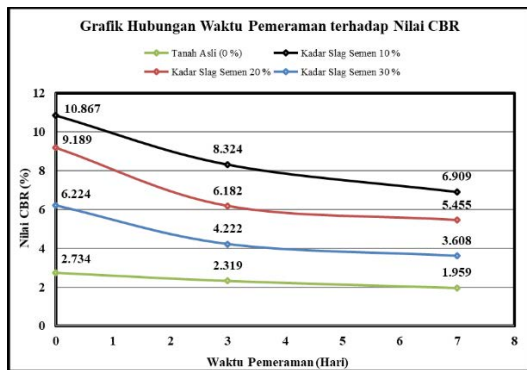
Grafik pada **Gambar 6.** di atas merupakan hasil pengujian nilai CBR berdasarkan persentase bahan tambah. Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa tanpa adanya pemeraman dengan penambahan persentase semen *slag* dapat meningkatkan nilai CBR, nilai CBR yang optimum didapat pada persentase 10 % semen *slag* yakni 10,867 %. Penurunan terjadi variasi 20 % dan setelah itu makin menurun pada kadar 30 %. Penurunan dikarenakan bahan tambah pada tanah lempung sudah berlebih atau ruang pori partikel tanah sudah terisi penuh sehingga tidak

berfungsi lagi mengikat partikel tanah serta tidak terjadi proses sementasi.

**Tabel 5.** Nilai CBR dengan Persentase Semen Slag terhadap Lama Pemeraman

	0 Hari	3 Hari	7 Hari
0 %	2,734	2,319	1,959
10 %	10,867	8,324	6,909
20 %	9,189	6,182	5,455
30 %	6,224	4,222	3,608

Sumber: Hasil Analisis, 2019



**Gambar 7.** Grafik Hubungan Waktu Pemeraman terhadap Nilai CBR

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**Gambar 7.** menunjukkan bahwa pengaruh lamanya pemeraman dapat menurunkan nilai CBR soaked. Penurunan pada waktu pemeraman dikarenakan adanya penguapan air yang tertahan oleh pembungkus atau plastik sehingga membasahi bidang permukaan sampel yang membuat berkurangnya kadar air di dalam sampel. Keadaan ini mengakibatkan proses sementasi terganggu sehingga hasilnya tidak akan maksimal, itulah sebabnya terjadi penurunan nilai CBR dengan pemeraman dibandingkan sampel tanpa pemeraman.

### 5.2.3 Pengujian Swelling

Pengujian *swelling* menurunkan nilai kerapatan kering setelah direndam yang dihasilkan, sehingga nilai CBR yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan nilai CBR *unsoaked*.

**Tabel 6.** Hubungan antara nilai *swelling* dengan nilai CBR *soaked* tanpa adanya pemeraman

Semen Slag (%)	Nilai Swelling (%)	Nilai CBR (%)	Klasifikasi Swelling
0 %	1,937	2,734	Tinggi
10 %	0,427	10,867	Rendah
20 %	1,457	9,189	Sedang
30 %	1,898	6,224	Tinggi

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**Tabel 7.** Hubungan antara nilai *swelling* dengan nilai CBR *soaked* dengan pemeraman 3 hari

Semen Slag (%)	Nilai Swelling (%)	Nilai CBR (%)	Klasifikasi Swelling
0 %	2,041	2,319	Tinggi
10 %	1,239	8,324	Sedang
20 %	1,565	6,182	Tinggi
30 %	1,902	4,222	Tinggi

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**Tabel 8.** Hubungan antara nilai *swelling* dengan nilai CBR *soaked* dengan pemeraman 7 hari

Semen Slag (%)	Nilai Swelling (%)	Nilai CBR (%)	Klasifikasi Swelling
0 %	2,111	1,959	Tinggi
10 %	1,470	6,909	Sedang
20 %	1,701	5,455	Tinggi
30 %	1,951	3,608	Tinggi

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**Tabel 7.** hingga **Tabel 9.** menunjukkan bahwa lamanya pemeraman dapat meningkatkan nilai *swelling*. Semakin tinggi nilai *swelling* akan menurunkan nilai CBR. Peningkatan terjadi akibat kandungan air di dalam tanah berkurang ketika diperam, hal ini akan mengakibatkan air semakin mudah masuk ke dalam pori-pori tanah ketika proses *pesoaked* dilakukan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilisasi menggunakan semen *slag* mampu menurunkan nilai pengembangan tanah dari *swelling* tinggi sebesar 1,937 % menjadi

*swelling* rendah sebesar 0,427 % pada kondisi tanpa pemeraman.

### 5.2.4 Pengujian Sifat Fisik Tanah dengan Bahan Aditif

#### 1) Batas Cair

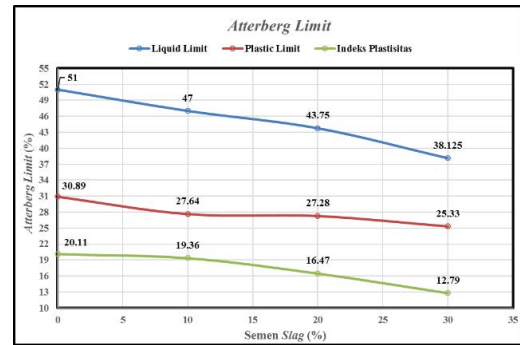
Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak campuran semen *slag* nilai dari *liquid limit* (LL) semakin menurun. Penurunan terjadi karena tanah mengalami sementasi sehingga butiran tanah menjadi lebih besar yang mengakibatkan gaya tarik menarik antar partikel semakin menurun.

#### 2) Batas Plastis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak campuran semen *slag* nilai dari *plastic limit* (PL) semakin menurun. Penurunan terjadi karena kenaikan nilai kohesi tanah yang menyebabkan ikatan antar tanah semakin melekat. Sehingga tanah mendekati sifat semi padat karena kandungan air pada tanah tersebut kecil.

#### 3) Indeks Plastisitas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas atau PI tanah akan menurun seiring bertambahnya kadar semen *slag*. Hal ini menunjukkan bahwa tanah menjadi lebih berbutir. Dengan begitu, semen *slag* meningkatkan mutu tanah dari segi kekuatannya.



**Gambar 8.** Grafik Hubungan Atterberg Limit Terhadap Persentase Campuran

Sumber: Hasil Analisis, 2019

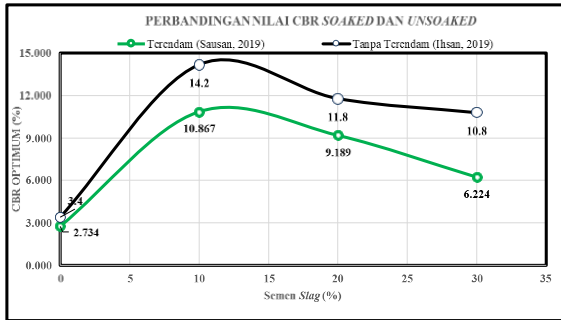
### 5.3 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian CBR *Unsoaked*

Penelitian pengaruh semen *slag* terhadap nilai CBR *unsoaked* telah diteliti oleh Ihsan (2019). Penulis akan membandingkan nilai CBR *soaked* dengan CBR *unsoaked*, perlu diketahui sampel tanah pada kedua penelitian ini berasal dari lokasi yang sama.

**Tabel 9.** Perbandingan nilai CBR *soaked* dan *unsoaked*

Waktu Pemeraman (Hari)	Semen Slag (%)	Nilai CBR (%)	
		Soaked (Sausan, 2019)	Unsoaked (Ihsan, 2019)
0	0	2,734	3,4
	10	10,867	14,2
	20	9,189	11,8
	30	6,224	10,8
3	0	2,319	3,6
	10	8,324	14,7
	20	6,182	12,1
	30	4,222	11,0
7	0	1,959	4,1
	10	6,909	16,0
	20	5,455	12,2
	30	3,608	11,1

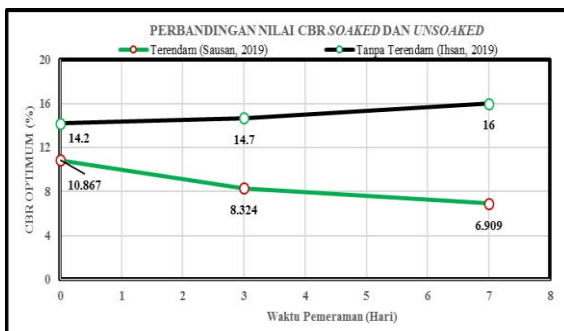
Sumber: Hasil Analisis, 2019



**Gambar 9.** Grafik perbandingan nilai CBR *soaked* dengan CBR *unsoaked* tanpa pemeraman berdasarkan kadar semen *slag*  
 Sumber: Hasil Analisis, 2019

Hasil penelitian CBR *soaked* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan CBR *unsoaked*, dikarenakan kondisi jenuh air yang mengakibatkan volume tanah mengembang. Penelitian stabilisasi ini dengan menggunakan bahan aditif semen *slag* baik CBR *soaked* maupun *unsoaked* sama-sama menghasilkan persentase kadar optimum semen *slag* di variasi 10 %.

Kondisi tanah asli pada CBR rendaman sebesar 2,734 % yang termasuk ke dalam kategori *very poor* (0 – 3 %), sedangkan CBR tanpa rendaman sebesar 3,4 % yang termasuk ke dalam kategori *poor to fair* (3 – 7 %). Kondisi tanah setelah pencampuran dengan semen *slag* 10 % pada CBR rendaman sebesar 10,867 % dan pada CBR tanpa rendaman sebesar 14,2 %, keduanya termasuk ke dalam kategori *fair* (7 – 20 %).



**Gambar 10.** Grafik perbandingan nilai CBR *soaked* dengan CBR *unsoaked* pada kadar semen *slag* 10 % berdasarkan waktu pemeraman  
 Sumber: Hasil Analisis, 2019

Semakin lama waktu pemeraman akan menurunkan nilai CBR terendam, tetapi berbanding terbalik dengan CBR tanpa rendaman yang nilai nya justru semakin naik. Penurunan CBR *soaked* pada waktu pemeraman dikarenakan adanya penguapan air yang tertahan oleh pembungkus atau plastik sehingga membasahi bidang permukaan sampel yang membuat berkurangnya kadar air di dalam sampel. Keadaan ini mengakibatkan proses sementasi terganggu sehingga hasilnya tidak akan maksimal.

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian CBR laboratorium *soaked* sebelum dan setelah dilakukan usaha stabilisasi tanah menggunakan variasi persentase 0 %, 10 %, 20 %, dan 30 % semen *slag* dengan waktu pemeraman selama 0 hari, 3 hari, dan 7 hari dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan sistem USCS, jenis tanah pada Jalan Raya Munjul, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang termasuk ke dalam kelompok OH atau tanah lempung organik yang memiliki sifat plastisitas tinggi dengan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 20,11 %. Nilai CBR *soaked* tanah asli sebelum distabilisasi menggunakan semen *slag* dengan waktu pemeraman 0, 3, dan 7 hari termasuk kategori *very poor* dengan masing-masing nilai sebesar 2,734 %, 2,319 %, dan 1,959 %.
- 2) Berdasarkan hasil penelitian, semen *slag* mempengaruhi nilai CBR *soaked* sesuai persentase yang ditambahkan. Penambahan semen *slag* tidak selamanya menaikkan nilai CBR *soaked* pada tanah. Pada persentase 0 % didapat nilai CBR



*soaked* tanah sebesar 2,734 %, kemudian mengalami kenaikan pada persentase 10 % sebesar 10,867 %. Penambahan semen *slag* pada persentase berikutnya mengalami penurunan dengan nilai CBR *soaked* dengan penambahan 20 %, dan 30 % berturut-turut sebesar 9,189 % dan 6,224 %.

- 3) Waktu pemeraman memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai CBR *soaked* sesuai lamanya waktu pemeraman yang diterapkan. Pemeraman yang semakin lama akan membuat nilai CBR *soaked* semakin menurun. Pada penambahan semen *slag* 10 % tanpa pemeraman didapatkan nilai CBR sebesar 10,867 %, kemudian nilainya turun pada pemeraman 3 hari dan 7 hari dengan nilai masing-masing sebesar 8,324 % dan 6,909 %. Penurunan pada waktu pemeraman dikarenakan adanya penguapan air yang tertahan oleh pembungkus/ plastik sehingga membasahi bidang permukaan sampel yang membuat berkurangnya kadar air di dalam sampel. Keadaan ini mengakibatkan proses sementasi terganggu sehingga hasilnya tidak akan maksimal, itulah sebabnya terjadi penurunan nilai CBR dengan pemeraman dibandingkan sampel tanpa pemeraman.
- 4) Berdasarkan hasil penelitian, sifat fisis tanah sebelum dan sesudah ditambah semen *slag* menunjukkan adanya penurunan pada indeks plastisitas (PI) seiring bertambahnya persentase campuran. Sebelum dilakukan pencampuran dengan semen *slag*, tanah termasuk plastisitas tinggi dengan nilai PI 20,11 % dan sesudah ditambahkan semen *slag* dengan persentase 10 %,

20 %, dan 30 % mengalami penurunan indeks plastisitas menjadi tanah berplastisitas sedang ( $IP < 17$  %), dengan nilai masing-masing persentase sebesar 19,36 %, 16,47 %, dan 12,79 %.

## 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan mendapatkan kesimpulan, penulis menyarankan beberapa hal untuk penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

- 1) Kajian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan campuran material lain selain semen *slag*, seperti garam dapur, limbah bahan industri keramik, larutan kimia (asam sulfat, soda api, asam fosfat), dan lain-lain.
- 2) Hasil penelitian ini bisa dipakai sebagai acuan apabila ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian ini dengan memberikan variasi kadar semen *slag* yang berbeda dengan interval 5 %, untuk mengetahui kadar semen *slag* yang lebih optimum.
- 3) Sebagai bahan stabilisasi tanah lempung untuk *subgrade* maka sebaiknya pemakaian semen *slag* pada persentase 10 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1742-2008 Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1964-2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1965-2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1966-2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [5] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1967-2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*.

- Kementerian Pekerjaan Umum.
- [6]Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 3423-2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [7]Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI 1744-2012 Metode Uji CBR Laboratorium*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- [8]Das, Braja M., Endah Noor. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [9]Fathonah, W., Mina, E., & Ihsan, D. Y. (2019). *Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen Slag Serta Pengaruhnya terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) (Studi Kasus: Jl. Munjul, Kp. Ciharang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang)*.
- [10]Hardiyatmo, Hary Christady. (2002). *Mekanika Tanah I*, edisi 3. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [11]Hardiyatmo, Hary Christady. (2010). *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [12]J., Dayalan. (2016). *Comparative Study on Stabilization of Soil with Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBS) and Fly Ash*. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol.: 3 Issue: 5.
- [13]Jurusan Teknik Sipil. (2018). *Pedoman Penulisan Skripsi*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [14]Mina, E., Kusuma, R. I., & Subowo, I. S. L. (2016). *Pengaruh Fly Ash Terhadap Nilai CBR dan Sifat-Sifat Propertis Tanah (Studi Kasus: Jalan Raya Bojonegara KM. 19 Serang, Banten)*. *Jurnal Fondasi*, 5 (2).
- [15]Padmaraj, D. (2017). *Stabilisation of Soft Clay using Ground Granulated Blastfurnace Slag and Lime*. *Sixth Indian Young Geotechnical Engineers Conference (6IYGEC)*.
- [16]PT. Krakatau Semen Indonesia. (2018, 17 Oktober). *Blast Furnace Slag / Ground Granulated Blast Furnace Slag* : [www.krakatausemenindonesia.com](http://www.krakatausemenindonesia.com)
- [17]Rasool, E. R. (2017). *Comparative Study on Stabilization of Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBS)*. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, Vol.: 6 Issue: 3.