

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Identifikasi Tanah

Kondisi pada tanah yang akan diteliti yaitu tanah pada kecamatan ngasem kabupaten bojonegoro adalah termasuk tanah lempung .Senada dengan yang diutarakan oleh hardiyatmo (1992) sifat-sifat yang dimiliki oleh tanah lempung adalah :

1. ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm,
2. permeabilitas atau daya resap air rendah,
3. kenaikan air kapiler tinggi,
4. bersifat sangat kohesif,
5. kadar kembang susut yang tinggi dan,
6. proses konsolidasi lambat.

Tanah berbutir halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan kering optimum daripada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999).

Tanah tersebut memiliki kecenderungan sebagai tanah lempung ekspansif. Lempung ekspansif memiliki sifat khusus yaitu kapasitas pertukaran ion yang tinggi yang akan mengakibatkan lempung jenis ini memiliki potensi pengembangan yang cukup tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Jika kadar air bertambah, tanah lempung ekspansif akan mengembang disertai dengan kenaikan tekanan air pori dan tekanan pengembangannya. Sebaliknya, jika kadar air turun sampai dengan batas susutnya, lempung ekspansif akan mengalami penyusutan yang cukup tinggi.

### 2.2 Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Menurut Chen (1975), cara-cara yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

- Identifikasi Mineralogi.
- Cara tidak langsung (*single index method*).
- Cara langsung.

### 2.2.1 Identifikasi Mineralogi

Analisa mineralogy sangat berguna untuk mengidentifikasi potensi kembang susut tanah lempung. Identifikasi dilakukan dengan cara:

- Difraksi Siniar X (*X-Ray Diffraction*).
- Penyerapan terbilas (*Dye Absorption*).
- Penurunan Panas (*Differential Thermal Analysis*).
- Analisa Kimia (*Chemical Analysis*).
- *Electron Microscope Resolution*.

### 2.2.2 Cara Tidak Langsung

Hasil uji sejumlah indeks dasar tanah dapat digunakan untuk evaluasi berpotensi ekspansif atau tidak pada suatu contoh tanah. Uji indeks dasar adalah uji batas-batas Atterberg, linear shrinkage test (uji susut linier), uji mengembang bebas dan uji kandungan koloid. Holtz dan Gibbs (1956) sebagaimana yang dikutip Chen (1975), secara empiris menunjukkan hubungan nilai potensial mengembang dengan indeks plastisitas dari hasil uji Atterberg. Besaran indeks plastisitas dapat digunakan sebagai indikasi awal bahwa swelling pada tanah lempung yang telah dipadatkan pada kadar air optimum metode AASTHO, setelah contoh direndam dengan 1 psi. Chen (1975) berpendapat bahwa potensi mengembang tanah ekspansif sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitas sehingga Chen membuat klasifikasi potensi pengembangan pada tanah lempung berdasarkan indeks plastisitas, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.1 di bawah ini.

**Tabel 2.1** Kriteria Pengembangan Berdasarkan IP (Chen,1975)

Plasticity Index (%)	Swelling Potensial
0 – 15	Low
10 – 35	Medium
35 – 55	High
> 55	Very High

**Tabel 2.2** Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan IP dan SI (Raman,1967)

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree Of Expansion
< 12	< 15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 - 30	30 – 40	High
> 30	> 40	Very High

Altmeyer (1955) sebagaimana dikutip Chen (1975), membuat acuan mengenai hubungan derajat mengembang tanah lempung dengan nilai persentase susut linear dan persentase batas susut Atterberg, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.6 dibawah ini.

**Tabel 2.3** Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan Linear Shrinkage dan Shrinkage limit (Altmeyer, 1955)

Linear Shrinkage	SL(%)	Probable Swell	Degree Of Ekspansion
< 5	>12	< 0.5	Non Critical
5 - 8	10 - 12	0.5-1.5	Marginal
> 8	<10	< 1.5	Critical

Skempton (1953), mendefinisikan sebuah parameter yang disebut aktivitas dalam rumus sebagai berikut:

$$Activity (A) = \frac{PI}{C-10} \quad (2-1)$$

Dimana :

A = Aktivitas

PI = Indeks Plastisitas

C = Prosentase lempung <0,002mm

Skempton membuat tiga kategori tanah dalam tiga golongan yaitu :

- $A < 0,75$  = Tanah tidak aktif
- $0,75 < A < 1,25$  = Normal
- $A > 1,25$  = Aktif

Hubungan antara potensi pengembangan, aktivitas dan prosentase kandungan lempung dapat dituliskan dalam rumus :

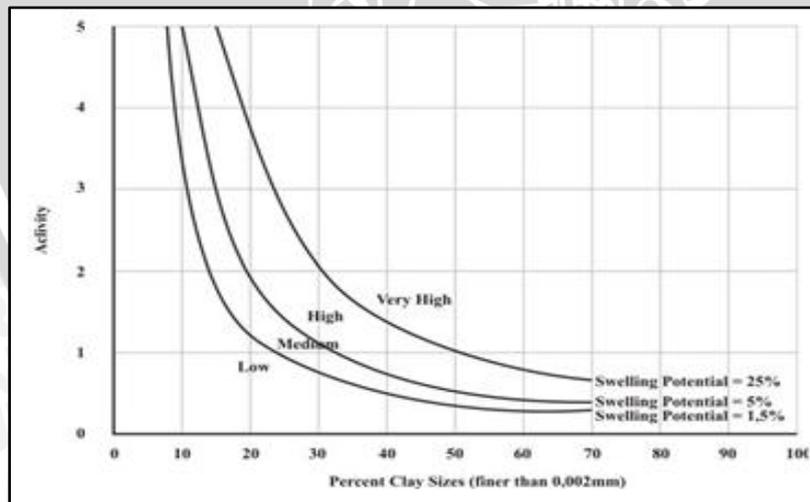
$$S = (3,6 \times 10^{-5})(A^{2,44})(C^{3,44}) \quad (2-2)$$

Dimana :

- S = Potensi pengembangan
- A = Aktivitas
- C = Prosentase kandungan lempung

**Tabel 2.4** Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan Potensi Pengembangan (USBR)

Derajat Ekspansifitas	Potensi Pengembangan(%)
Low	0 – 1,5
Medium	1,5 – 5
High	5 - 25
Very High	>25



**Gambar 2.1** Grafik klasifikasi potensi mengembang (Seed et al., 1962)

### 2.2.3 Metode Pengukuran Langsung

Metode pengukuran terbaik adalah dengan pengukuran langsung yaitu suatu cara untuk menentukan potensi pengembangan dan tekanan pengembangan dari tanah ekspansif dengan menggunakan *Oedometer Terzaghi*. Contoh tanah yang berbentuk silinder tipis diletakkan dalam konsolidometer yang dilapisi dengan lapisan pori pada sisi atas dan bawahnya yang selanjutnya diberi beban sesuai dengan beban yang diinginkan. Besarnya pengembangan contoh tanah dibaca beberapa saat setelah tanah dibasahi dengan air. Besarnya pengembangan adalah pengembangan tanah dibagi dengan tebal awal contoh tanah. Adapun cara pengukuran tekanan pengembangan ada dua cara yang umum digunakan. Cara pertama, pengukuran dengan beban tetap sehingga mencapai persentase mengembang tertinggi kemudian contoh tanah diberi tekanan untuk kembali ketebal semula. Cara kedua, contoh tanah direndam dalam air dengan mempertahankan volume atau mencegah terjadinya pengembangan dengan cara menambah beban di atasnya setiap saat. Metode ini sering juga disebut *constant volume method*.

### 2.3 Stabilisasi Tanah

Dilihat dari kondisi tanah yang terjadi di kecamatan ngasem kabupaten bojonegoro dan dilihat dari literatur yang ada yaitu kondisi tanah lempung memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk meresapkan air yang mengakibatkan sifat kembang susut tanah yang tinggi dan hal tersebut dapat menimbulkan masalah – masalah pada bidang konstruksi salah satunya adalah terjadinya gelombang – gelombang pada permukaan jalan, terjadinya retak – retak (*cracking*) pada lantai dan lain sebagainya, maka dari itu tanah dari kecamatan ngasem kabupaten bojonegoro harus dilakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dapat berupa peningkatan kerapatan tanah, penambahan material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul, penambahan bahan untuk menyebabkan perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah, dan mengganti tanah yang buruk (Bowles, 1993, Viktor 2010).

Menurut Bowles, J.E (1986) Stabilisasi dilapangan dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan – pekerjaan :

1) Secara Mekanis

Stabilisasi tanah secara mekanis dapat dilakukan dengan proses pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (roller), benda – benda berat yang dijatuhkan, eksplosif, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.

2) Secara Kimiawi

Stabilisasi tanah secara kimiawi dapat dilakukan dengan menambahkan bahan – bahan pencampur (additives) tergantung dari jenis tanah tersebut. Bahan pencampur kimiawi yang sering digunakan adalah semen portland, kapur, abu batu bara, semen aspal, dan lain sebagainya. Stabilisasi jenis ini dapat mengurangi sifat plastis tanah.

Untuk memperbaiki kondisi tanah di kecamatan ngasem kabupaten bojonegoro tersebut, dalam penelitian ini digunakan metode stabilisasi secara kimiawi yaitu dengan menambahkan bahan pencampur tersebut dalam hal ini, bahan tersebut adalah campuran limbah *fly ash* dan *slag* baja.

#### **2.4 Penggunaan Campuran *Fly Ash* Dan *Slag* Baja Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif**

Pada umumnya stabilisasi secara kimiawi menggunakan bahan pencampur yang umum berupa semen portland dan kapur, namun hal tersebut tidak dapat digunakan terus menerus karena dilihat dari sisi ekonomi dan keramahan lingkungan, seperti halnya semen dan kapur yang memiliki nilai ekonomi tinggi, maka dari itu penelitian ini menggunakan bahan stabilisasi dari campuran *fly ash* dan *slag* baja karena kedua bahan tersebut merupakan bahan limbah yang selama ini belum dimanfaatkan secara penuh dan memiliki nilai ekonomi yang rendah. Untuk penjelasan dari hal tersebut dapat dilihat dari pembahasan di bawah ini.

*Fly Ash* adalah partikel halus yang merupakan endapan dari tumpukan bubuk hasil pembakaran batubara yang dikumpulkan dengan alat elektro presipirator. *Fly ash* merupakan kategori limbah yang mempunyai potensi tinggi digunakan dalam konstruksi (Setyawan, 2005). *Fly ash* memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang cukup tinggi sehingga abu batubara (*fly ash*) memenuhi kriteria sebagai bahan yang memiliki sifat semen/pozzolan (misbachul munir, 2008). Penambahan *fly ash* pada tanah

ekspansif dimaksudkan agar terbentuk reaksi *pozzolanic* yaitu reaksi antara kalsium yang terdapat pada *fly ash* dengan alumina dan silikat yang terdapat pada tanah sehingga menghasilkan massa yang keras dan kaku (Gogot setyo budi et al. 2003) sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanah. Tingkat kadar air yang terkandung didalam bahan tanah sangat mempengaruhi kekuatan bahan (Sosrodarsono,1994).

*Slag* baja merupakan limbah padat dari proses pemurnian besi cair dalam pembuatan baja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *slag* baja Indonesia mengandung unsur-unsur sebagai berikut : 42% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 7.2 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 21.5 % CaO, 11.2 % MgO, 14.6 % SiO<sub>2</sub> dan 0.4 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Suwarno dan Goto, 1997).

Beberapa peneliti menduga pengaruh *slag* baja terhadap sifat kimia tanah berasal dari silikat yang terkandung di dalam *slag* baja dengan demikian *slag* baja dipandang sebagai sumber Si. Peneliti lain juga menganggap bahwa *slag* baja sebagai bahan masukan yang dapat memperbaiki ketersediaan hara atau sebagai bahan yang mempunyai pengaruh mirip dengan kapur, disebabkan kandungan Ca dari *slag* baja yang cukup tinggi (Mohammadi dan Sedaghat, 2007). Menurut Purna Baja Heket, (2001) limbah *slag* baja tahan terhadap pelapukan, karena telah mengalami pemanasan yang tinggi jadi dapat diaplikasikan pada kondisi tanah yang buruk seperti tanah lempung.

Seperti yang telah dijelaskan dari penelitian tentang komposisi *slag* baja seperti diatas, *slag* baja memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> dan CaO cukup tinggi dan kedua bahan tersebut adalah salah satu bahan pozzolan. Penambahan bahan pozzolan pada deposit lempung terutama pada lempung yang mengalami perubahan volume yang besar, sehingga akan mengakibatkan perubahan ion Ca<sup>++</sup> untuk mengurangi kegiatan mineral lempung tersebut. Tanah yang diperlakukan dengan cara ini dapat mengalami penurunan Indeks Plastis (PI) dan penyusutan dan/atau pemuaihan yang cukup berarti, tergantung pada jumlah bahan tambah yang digunakan (Nugroho jarwanti, 2006).

Tingkat kepadatan tanah sangat mempengaruhi kekuatannya dimana semakin besar berat isi kering suatu bahan, maka kekuatan gesernya akan semakin tinggi. (Sosrodarsono,1994). *Slag* baja mempunyai sudut geser yang tinggi yaitu antara 40<sup>0</sup> sampai 45<sup>0</sup> dan memberikan kontribusi untuk daya dukung yang tinggi

Dari teori – teori yang telah di jelaskan diatas, maka dengan penambahan campuran fly ash dan slag baja pada tanah lempung diharapkan dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah tersebut, demikian juga dapat memperbaiki nilai CBR dan *swelling*.

## 2.5 CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR dipakai untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang akan dipakai pada pembuatan perkerasan jalan raya. Nilai CBR selanjutnya dipakai untuk penentuan tebal perkerasan yang akan dibuat di atas tanah dasar. Semakin besar nilai CBR-nya, maka tebal perkerasannya akan semakin kecil. Hasil percobaan dinyatakan sebagai nilai CBR (dalam %) yang nantinya dipakai untuk menentukan tebal perkerasan.

*California Bearing Ratio* (CBR) adalah rasio dari gaya perlawanan penetrasi dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standard berupa batu pecah di California. Rasio tersebut diambil pada penetrasi 2.5 dan 5.0 mm (0.1 dan 0.2 in) dengan ketentuan angka tertinggi yang digunakan. Gaya perlawanan Penetrasi adalah gaya yang diperlukan untuk menahan penetrasi konstan dari suatu piston ke dalam tanah.

Dengan menggunakan grafik yang telah dibuat, harga CBR dapat dihitung dengan dengan cara membagi masing- masing beban dengan bahan standar CBR pada penetrasi 0,1” dengan beban standar 70,31 kg ( 1000psi ), penetrasi 0,2 ” dengan beban standar 1045,47 kg ( 1500 psi ) dan dikalikan dengan 100 %. Umumnya nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1 inc. Apabila terjadi koreksi grafik, maka beban yang dipakai adalah beban yang sudah dikoreksi pada 2,54 mm ( 0,1 inc ) dan 5,08 mm ( 0,2 inc ). Dengan catatan apabila nilai CBR pada 0,1 inc lebih kecil dari 0,2 inc maka percobaan harus diulang. Apabila pada pengujian yang kedua ini masih lebih kecil pada 0,1 inc, maka nilai CBR yang dipakai adalah yang terbesar.

Kekuatan tanah dasar banyak tergantung kepada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya maka semakin kecil kekuatan nilai CBR dari tanah tersebut (L.D.Wesley, 1977). Walaupun demikian, hal itu tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air yang rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi. Air akan dapat meresap dengan mudah ke dalam tanah dasar, sehingga kekuatan dan nilai CBR-nya akan turun sampai kadar air mencapai nilai yang konstan (Arief Rachmansyah et al, 2008).

## 2.6 *Swelling* (Pengkembangan)

*Swelling* adalah bertambahnya volume tanah secara perlahan-lahan akibat tekanan air pori berlebih negatif. Tanah yang banyak mengandung lempung khususnya tanah

lempung ekspansif mengalami perubahan volume yang ekstrim ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang dapat membahayakan konstruksi di atasnya. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

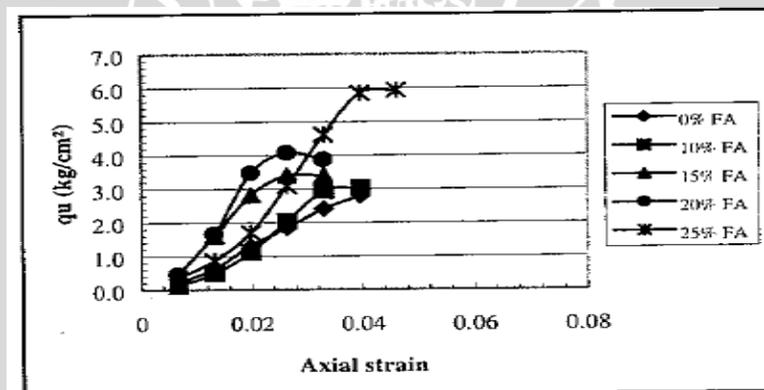
1. Tipe dan jumlah mineral di dalam tanah.
2. Kadar air
3. Susunan tanah.
4. Konsentrasi garam dalam air pori
5. Sementasi.
6. Adanya bahan organik, dll

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang.

### 2.7 Stabilisasi Tanah Dengan *Fly Ash*

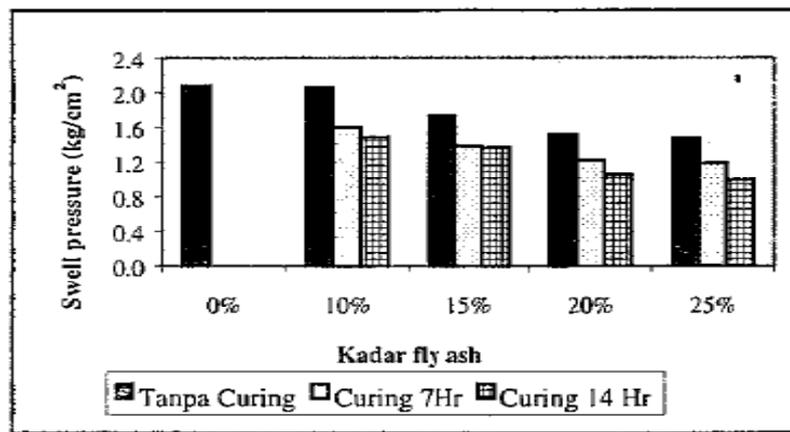
Penelitian yang dilakukan oleh Setyo-budi, et al. (2003). Penelitian ini menggunakan variasi penambahan *fly ash* sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dan didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Apabila tanah tersebut dicampur dengan 25% *fly ash* dan di curing selama 28 hari dapat meningkatkan kekuatan tanah sebesar 300% dari tanah asli.



**Gambar 2.2** Pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kekuatan tanah pada curing 28 hari (Sumber : Gogot Setyo budi,Et al)

2. Apabila tanah tersebut dicampur dengan 25% *fly ash* dan di curing selama 28 hari dapat menurunkan swell pressure sebesar 50% dari tanah asli dengan kadar air optimum sebesar 20%

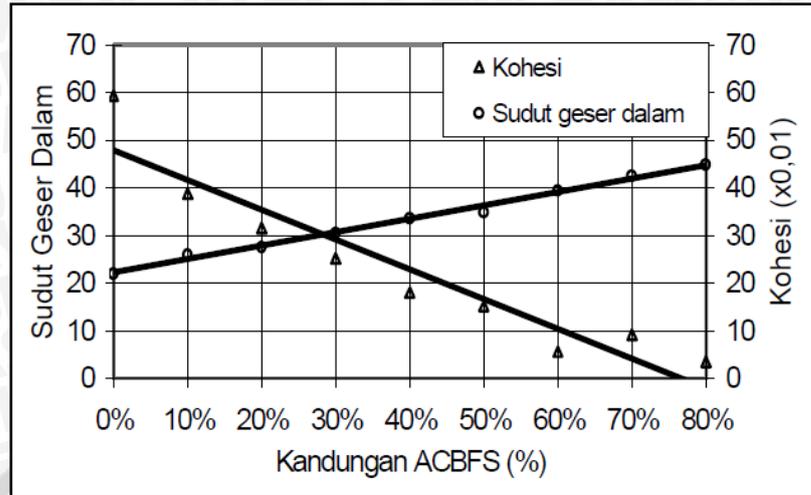


**Gambar 2.3** Hubungan antara kadar *fly ash* dengan *swell pressure* (Sumber : Gogot Setyo budi,Et al)

## 2.8 Stabilisasi Tanah Dengan *Slag* Baja

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jarwanti (2006) menggunakan lima sample dengan campuran ACBSF (*Air Cooled Blast Furnance Slag*) sebanyak 0%, 30%, 50%, 70%, dan 100%. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Nilai berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dari komposisi ACBFS 0% sampai 80% makin besar, baik pada kondisi kadar air optimum maupun pada kondisi diatas dan dibawah kadar air optimum. Ini berarti bahwa dengan penambahan ACBFS mampu merapatkan butiran-butiran tanah dan mengurangi pori-pori udara sehingga tanah mempunyai tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibanding sebelumnya.
2. Penambahan ACBFS pada tanah lempung akan meningkatkan berat isi keringnya dan meningkatkan nilai sudut geser dalamnya tapi menurunkan nilai kohesinya. Hal ini terjadi karena terjadinya perubahan distribusi butiran halus menjadi tanah berbutir kasar sesuai dengan banyaknya penambahan ACBFS.



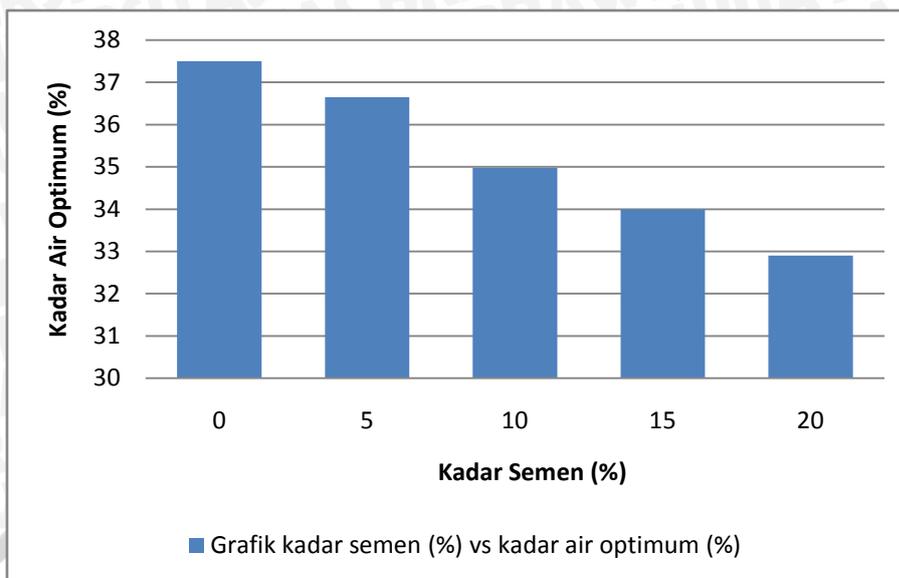
**Gambar 2.4** Grafik Hubungan Kohesi-Sudut Geser Dalam dengan ACBFS pada penambahan air = 387 ml (Sumber : Nugroho Jarwanti)

### 2.9 Stabilisasi Tanah Dengan Semen

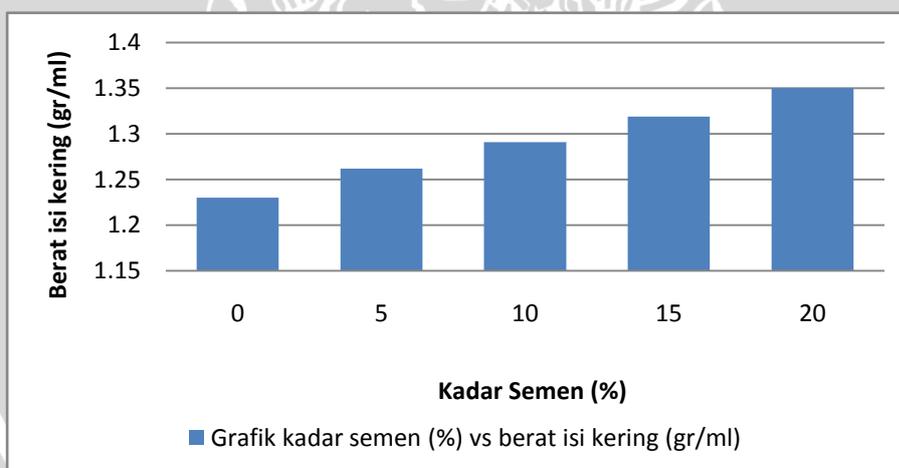
Penelitian yang dilakukan oleh Andriani et al, (2012). Penelitian ini menggunakan *Portland cement type I* dan tanah lempung yang berasal dari daerah Lambung Bukit, Padang. Penambahan semen yang dilakukan pada penelitian ini adalah 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat tanah kering. Dari percobaan tersebut diperoleh hasil bahwa nilai maksimum CBR tanah lempung terdapat pada penambahan kadar semen sebanyak 20% dengan  $\gamma_d$  maksimum 1,315 gr/cm<sup>3</sup> kadar air optimum 32,9% dan nilai CBR 64, 138% dengan waktu perendaman 3 hari.

**Tabel 2.5** Hasil Pengujian Pematatan Tanah Lempung Dengan Campuran *Portland Cement Type I* (Sumber : Andriani et al)

Kadar semen (%)	W opt (%)	$\gamma_d$ (gr/ml)
0	37,5	1,23
5	36,65	1,262
10	34,98	1,291
15	34	1,319
20	32,9	1,35



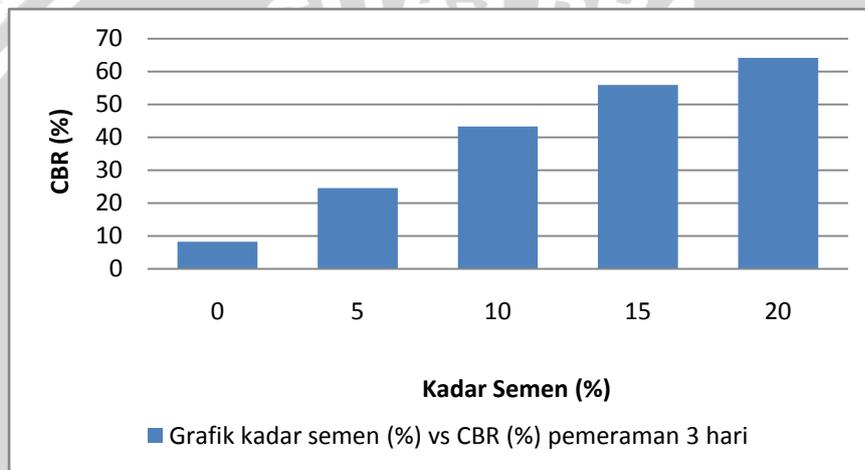
**Gambar 2.5** Grafik Penambahan *Portland Cement Type I* Terhadap Kadar Air Optimum (Sumber : Andriani et al)



**Gambar 2.6** Grafik Penambahan *Portland Cement Type I* Terhadap Berat Isi Kering (Sumber : Andriani et al)

**Tabel 2.6** Hasil Pengujian CBR Tanah Lempung Dengan Campuran *Portland Cement Type I* (Sumber : Andriani et al)

Kadar semen (%)	CBR 3 Hari (%)
0	8,204
5	24,611
10	43,256
15	55,934
20	64,138



**Gambar 2.7** Grafik Penambahan *Portland Cement Type I* Terhadap CBR ( Sumber : Andriani et al)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

