

**PENGARUH LAMA WAKTU *CURING* TERHADAP NILAI CBR DAN *SWELLING*  
PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI BOJONEGORO DENGAN CAMPURAN  
6% ABU SEKAM DAN 4% *FLY ASH***

**JURNAL**



Disusun Oleh:

**ZAKARIA AL ANSOR**

**NIM. 105060107111034-61**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
MALANG  
2014**

**PENGARUH LAMA WAKTU CURING TERHADAP NILAI CBR DAN SWELLING  
PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI BOJONEGORO DENGAN CAMPURAN  
6% ABU SEKAM DAN 4% FLY ASH**

Zakaria Al Ansor, Yulvi Zaika dan Arief Rachmansyah  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang  
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail : [zakaria.sipil@gmail.com](mailto:zakaria.sipil@gmail.com)

**ABSTRAK**

Salah satu permasalahan yang muncul pada tanah lempung ekspansif adalah sifat kembang susutnya yang tinggi. Oleh karena itu perlu adanya stabilisasi untuk memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut. Adapun tanah lempung ekspansif yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur. Untuk kadar *additive* yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam 6% dan *fly ash* 4% dari berat kering tanah dengan variasi waktu *curing* (*curing*) selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Perlakuan lama waktu *curing* dalam penelitian ini diharapkan memiliki pengaruh besar untuk meningkatkan nilai CBR tanah dan menurunkan nilai pengembangan pada sampel tanah tersebut.

Dari hasil pengujian di laboratorium menunjukkan nilai CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) pada tanah asli sebesar 3,91%. Sedangkan nilai CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) untuk tanah campuran meningkat menjadi 13,047% dengan waktu *curing* selama 14 hari. Dari hasil tersebut menunjukkan peningkatan nilai CBR yang signifikan. Sedangkan nilai CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) dengan lama waktu *curing* 28 hari tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan dari waktu *curing* selama 14 hari yaitu sebesar 13,691%. Untuk hasil pengujian CBR terendam (*soaked*) tanah asli menunjukkan nilai sebesar 2,39%. Sedangkan nilai pada tanah campuran dengan lama waktu *curing* 28 hari menunjukkan nilai sebesar 5,77%

Untuk hasil pengujian *swelling* menunjukkan nilai *swelling* tanah asli sebesar 3,841%. Sedangkan tanah yang dicampur abu sekam 6% dan *fly ash* 4% dengan lama waktu *curing* 28 hari memiliki nilai *swelling* sebesar 0,438%. Hal ini menunjukkan penurunan nilai *swelling* yang signifikan, sehingga dapat mengurangi resiko kerusakan suatu konstruksi baik gedung maupun jalan raya yang menumpu di atas tanah tersebut.

**Kata-kata kunci:** ekspansif, stabilisasi, *curing*, CBR, *swelling*

**ABSTRACT**

*One of the problems that arise in expansive clays is the nature and development of high waning. Hence the need for stabilization to improve the properties of the soil. The expansive clays used in this study came from the District Ngasem, Bojonegoro, East Java. For additive levels used in this study was 6% rice husk ash and fly ash 4% of the dry weight of the soil with variation of curing time (curing) for 7 days, 14 days, and 28 days. Treatment curing time in this study is expected to have a great influence to increase the CBR value of the soil samples.*

*From the results of laboratory tests showed values without soaking CBR (unsoaked) in the original soil amounted to 3.91%. While the CBR value without soaking (unsoaked) for soil mixtures increased to 13.047% with curing time for 14 days. From these results indicate a significant increase in CBR value. While the CBR value without soaking (unsoaked) with long curing time of 28 days did not show a significant increase of the curing time for 14 days in the amount of 13.691%. For soaked CBR test native soil showed a value of 2.39%. While the value of the soil mixture with a long curing time of 28 days showed a value of 5.77%*

*For the swelling test results show the value of the original soil swelling at 3.841%. While soil mixed rice husk ash and fly ash 6% 4% with a curing time for 28 days have swelling rate of 0.438%. This shows a significant reduction in swelling value, so as to reduce the risk of damage to both the building and the construction of a highway that rested on top of the soil.*

**Keywords:** *expansive, stabilitation, curing, CBR, swelling*

## PENDAHULUAN

Pada suatu jenis tanah, tidak menutup kemungkinan adanya permasalahan yang muncul baik dari segi daya dukung maupun penurunan akibat beban yang menumpu pada tanah tersebut. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah pada tanah lempung dimana sebagian besar tanah yang ada di Indonesia termasuk dalam kategori tersebut. Salah satunya adalah tanah yang berada di daerah Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur. Tanah di daerah tersebut memiliki tingkat sensitifitas tinggi dan mempunyai sifat kembang susut yang dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi yang berdiri di atasnya. Hal tersebut dapat terjadi akibat perubahan kadar air didalam tanah. Salah satu contoh kerusakan yang terjadi pada suatu konstruksi akibat sensitifitas tanah tersebut adalah permukaan jalan menjadi bergelombang maupun berlubang yang bisa membahayakan pengendara. Kerusakan pada konstruksi gedung juga bisa terjadi akibat penurunan pondasi sehingga memungkinkan elemen-elemen struktur gedung tersebut seperti balok dan pelat bisa rusak.

Dari permasalahan yang muncul itu perlu dilakukan alternatif perbaikan pada tanah tersebut untuk mendapatkan sifat-sifat tanah yang lebih stabil. Dalam hal ini langkah yang diambil adalah dengan menstabilisasi tanah lempung dengan mengubah sifat fisik dan mekanis tanah sehingga kekuatan dan daya dukungnya dapat meningkat sehingga dapat digunakan sebagai penopang pondasi dan konstruksi di atasnya baik itu konstruksi jalan maupun gedung.

Stabilitas tanah ini dilakukan sebagai suatu upaya untuk memperbaiki sifat-sifat dan kekuatan tanah. Salah satu upaya untuk memperbaiki atau menstabilisasi tanah tersebut adalah dengan penggunaan zat aditif. Zat aditif yang digunakan untuk stabilisasi tanah ini bisa berupa bahan industrial seperti kapur, semen, dan gypsum. Selain itu, adapula zat aditif yang berupa limbah atau hasil buangan dari suatu proses produksi seperti *coal fly ash*, *coal bottom ash*, *steel fly ash*, *rice husk fly ash* (abu sekam padi).

Zat aditif yang digunakan pada penelitian ini adalah campuran abu sekam dan *fly ash*. *Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini merupakan limbah berupa debu dari hasil pembakaran batu bara yang dihasilkan PLTU. Sedangkan abu sekam merupakan hasil sampingan industri pertanian pada proses pengolahan gabah padi menjadi beras. Untuk kadar campuran bahan aditif yang digunakan adalah 6% abu sekam dan 4% *fly ash* dengan pertimbangan agar lebih ekonomis dalam pelaksanaannya. Setelah itu campuran bahan aditif tersebut diperam (*curing*) bersama tanah sampel dengan variasi waktu selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebelum dilakukan pengujian.

Penelitian akan difokuskan pada daya dukung tanah lempung ekspansif di Bojonegoro dengan menggunakan uji CBR (*California Bearing Ratio*) dan uji *swelling* dengan menggunakan variasi waktu *curing* pada tanah yang dicampur dengan zat aditif tersebut. Penelitian ini diharapkan mampu menurunkan nilai *swelling* dan meningkatkan nilai CBR tanah lempung ekspansif khususnya di daerah Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur.

## TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui pengaruh lama waktu *curing* terhadap nilai CBR dan *swelling* pada tanah lempung ekspansif di daerah Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur dengan pencampuran 6% abu sekam dan 4% *fly ash*
2. Untuk mengetahui lama waktu *curing* yang optimum sehingga menghasilkan nilai CBR terbesar dan *swelling* terkecil pada tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur yang telah dicampur dengan 6% abu sekam dan 4% *fly ash*

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdapat beberapa pengujian terhadap sampel tanah yang sudah diambil. Pengujian tersebut antara lain:

1. Pengujian berat jenis tanah (*specific gravity*)
2. Pengujian batas-batas *atterberg*

3. Pemadatan standar
4. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)
5. Uji *swelling*

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa perlakuan. Perlakuan pertama dilakukan pengujian *index properties* tanah, *compaction test*, nilai CBR (*California Bearing Ratio*), dan nilai *swelling*. Pengujian *compaction test* dilakukan untuk mengetahui nilai OMC tanah asli. Dari nilai OMC tersebut akan diperoleh kadar penambahan air optimum yang digunakan untuk percobaan CBR pada perlakuan berikutnya. Selanjutnya, perlakuan lain diuji nilai CBR tanahnya. Pengujian ini dilakukan setelah benda uji diperam dalam desikator selama satu hari.

Dalam penelitian ini kadar fly ash yang digunakan sebesar 4%, untuk kadar abu sekam yang digunakan sebesar 6%. Sedangkan waktu pemeraman digunakan adalah selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Untuk metode *curing* yang digunakan, tanah sampel yang sudah dipadatkan dalam *mould* dengan kadar air optimumnya dibiarkan didalam *box* yang ditutup dengan goni lembab selama waktu *curing* yang ditentukan sebelum dilakukan pengujian CBR dan *swelling*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

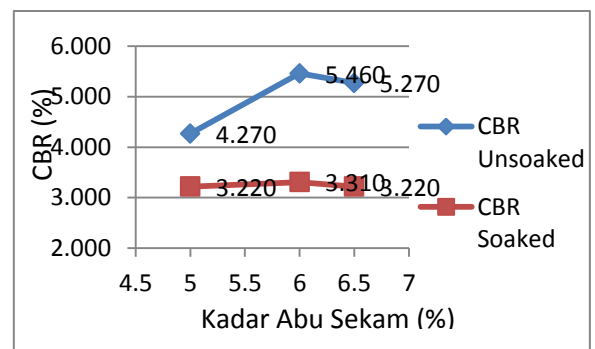
### Penelitian Pendahuluan

Sebelum memulai penelitian utama mengenai pengaruh lama waktu *curing* terhadap nilai CBR dan *swelling* pada tanah lempung ekspansif di Bojonegoro dengan campuran 6% abu sekam dan 4% *fly ash* ini, dilakukan penelitian pendahuluan mengenai kadar abu sekam yang efektif sebagai *additive* untuk menstabilisasi sampel tanah asli. Pada penelitian pendahuluan ini kadar abu sekam yang digunakan sebagai stabilisator sampel tanah asli adalah sebesar 5%, 6%, dan 6,5%. Dari ketiga variasi kadar abu sekam tersebut yang

dicampur dengan sampel tanah asli dilakukan beberapa pengujian terutama mengenai kadar air optimum dari masing-masing kadar, nilai CBR, serta nilai pengembangan (*swelling*) yang terjadi. Adapun hasil pengujian dari masing-masing kadar abu sekam yang ditambahkan ditunjukkan pada **Tabel 4.1**, **Gambar 4.1**, **Tabel 4.2**, dan **Gambar 4.2** berikut:

**Tabel 4.1** Nilai CBR Untuk Variasi Kadar Abu Sekam

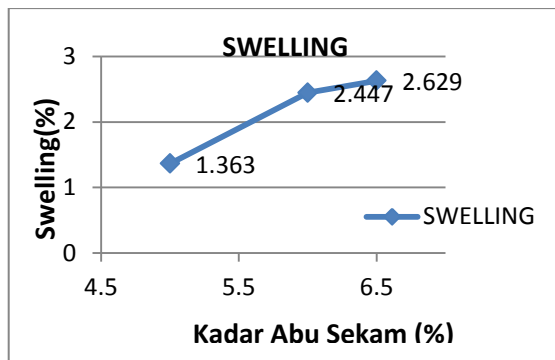
KADAR ABU SEKAM (%)	CBR UNSOAKE D (%)	CBR SOAKED (%)
5	4.270	3.220
6	5.460	3.310
6.5	5.270	3.220



**Gambar 4.1** Grafik Nilai CBR Untuk Variasi Kadar Abu Sekam

**Tabel 4.2** Nilai *Swelling* Untuk Variasi Kadar Abu Sekam

Kadar Abu Sekam (%)	<i>Swelling</i> (%)
5	1.363
6	2.447
6.5	2.629



**Gambar 4.2** Grafik Nilai *Swelling* untuk Variasi Kadar Abu Sekam

Dari hasil yang telah ditunjukkan pada **Tabel 4.1**, **Gambar 4.1**, **Tabel 4.2**, dan **Gambar 4.2** di atas, maka dalam penelitian ini dipakai kadar abu sekam sebesar 6% dengan mengacu pada hasil pengujian pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan. Penentuan kadar abu sekam sebesar 6% ini dinilai paling efektif karena nilai CBR yang dihasilkan menunjukkan hasil yang maksimum. Sedangkan pada kadar abu sekam 6,5% nilai CBR tanah justru mengalami penurunan.

#### Pengujian *Specific Gravity*

Pengujian ini dilakukan pada beberapa sampel yaitu tanah asli, abu sekam, *fly ash*, dan tanah yang dicampur dengan bahan 6% abu sekam dan 4% *fly ash*. Adapun hasil dari pengujian yang sudah dilakukan di laboratorium ditunjukkan pada **Tabel 4.3** berikut ini:

**Tabel 4.3** *Specific Gravity*

Jenis Bahan	<i>Specific Gravity</i>
Tanah Asli	2,60
Abu Sekam	2,10
<i>Fly Ash</i>	2,73
Tanah + 6%	2,56
Abu Sekam + 4% <i>Fly Ash</i>	

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Tabel 4.3** di atas dapat diketahui bahwa *Specific Gravity* dari tanah asli adalah sebesar 2,60 sedangkan *Specific Gravity* untuk tanah dengan campuran 6%

abu sekam dan 4% *fly ash* adalah sebesar 2,56. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *Specific Gravity* tanah yang dicampur dengan 6% abu sekam dan 4% *fly ash* mengalami penurunan dari tanah asli. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan berat jenis dari masing-masing bahan baik tanah asli, abu sekam, maupun *fly ash*. Penurunan ini terutama dipengaruhi oleh abu sekam yang memiliki *Specific Gravity* paling kecil.

#### Uji Konsistensi Tanah

Konsistensi didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis dari suatu tanah berbutir halus pada kadar air tertentu. Untuk mengetahui keadaan konsistensi tanah tersebut digunakan metode batas-batas atterberg. Pengujian tersebut meliputi pengujian batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*), batas susut (*Shrinkage Limit*), dan indeks plastisitas (*Plasticity index*). Adapun benda uji yang digunakan terdiri dari tanah asli dan tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*). Dari pengujian di laboratorium didapatkan hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.4** berikut ini:

**Tabel 4.4** Konsistensi Tanah (Batas-batas Atterberg)

KOMPOSIS I TANAH	LL(%)	PL(%)	SL(%)	PI(%)
TANAH	104	44,41	2,80	59,59
ASLI	83	41,31	3,30	41,69
TANAH + 6% ABU SEKAM + 4% FLY ASH				

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Tabel 4.4** tersebut dapat diketahui tanah asli memiliki batas cair sebesar 104%, untuk batas plastis sebesar 44,41%, batas susut sebesar 2,80%, dan indeks plastisitasnya sebesar 59,59%. Sedangkan tanah dengan campuran 6% abu sekam dan 4% *fly ash* memiliki batas cair sebesar 83%, untuk batas plastis sebesar 41,31%, batas susut sebesar 3,30%, dan indeks plastisitasnya sebesar 41,69%. Dapat disimpulkan bahwa tanah yang dicampur dengan 6% abu sekam dan 4% *fly ash* mengalami penurunan batas cair, batas plastis, dan batas susutnya. Sedangkan untuk batas susutnya mengalami peningkatan.

### Klasifikasi Tanah Sistem *Unified*

Dalam klasifikasi tanah sistem *Unified*, kriteria yang digunakan adalah berdasarkan hasil pengujian batas-batas *Atterberg* dari sampel tanah tersebut yaitu batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan indek plastisitasnya (*plastic limit*). Dari hasil pengujian batas-batas *Atterberg* yang telah dilakukan, sampel tanah dari Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro tersebut memiliki nilai batas cair (*liquid limit*) sebesar 104%, batas plastis (*plastic limit*) sebesar 44,41%, dan indeks plastisitas (*plasticity index*) sebesar 59,59%. Untuk mengetahui kelompok tanah tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.3** berikut ini:



**Gambar 4.3** Klasifikasi Tanah Sistem *Unified*

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3** tersebut, maka sampel tanah dari daerah Ngasem Kabupaten Bojonegoro tersebut termasuk dalam kelompok tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH) menurut klasifikasi tanah sistem *Unified*.

### Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, tanah yang lebih dari 35% butirannya lolos ayakan no. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-5, dan A-7. Untuk mengklasifikasikan sampel tanah tersebut secara lebih rinci, maka perlu dilihat kriteria yang ada pada **Tabel 4.5** berikut ini:

**Tabel 4.5** Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah lempung - lempung (Lebih dari 35% dari sebuah contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7.5* A-7.6^
Klasifikasi kelompok				
Analisa ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200				
Sifat fisik yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Min 36 Maks 40	Min 36 Maks 41	Min 36 Maks 40 Min 11	Min 36 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlempung		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

\*Untuk A-7-5,  $PI \leq LL - 30$   
^Untuk A-7-6,  $PI > LL - 30$

Dari hasil analisis ayakan yang menunjukkan sampel tanah dari daerah Ngasem Kabupaten Bojonegoro tersebut memiliki presentase distribusi lolos saringan no. 200 lebih dari 50% dan berdasarkan hasil uji konsistensi tanah yang memiliki nilai *liquid limit* sebesar 104%, maka menurut sistem klasifikasi AASHTO sampel tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5 karena nilai *PI (Plasticity Index)*  $\leq LL - 30$ .

### Tingkat Ekspansifitas Tanah

Berdasarkan kriteria Chen, sampel tanah dari daerah Ngasem Kabupaten Bojonegoro tersebut memiliki tingkat ekspansifitas yang sangat tinggi dengan nilai indeks plastisitas (*PI*) lebih dari 35%.

Sedangkan dalam kriteria Altmeyer, penggolongan atau pengelompokan tanah ekspansif tersebut bisa dilihat dari *shrinkage limit* (*SL*). Dari kriteria tersebut dapat diketahui bahwa sampel tanah dari daerah Ngasem Kabupaten Bojonegoro ini memiliki tingkat ekspansifitas yang kritis dengan nilai batas susut (*SL*) kurang dari 10%.

Cara untuk mengetahui sifat ekspansifitas tanah yaitu dengan menggunakan cara tidak langsung (*single index method*) yaitu dengan menggunakan nilai-nilai dari *atterberg limit*. Nilai *activity* (*A*) dari tanah asli dengan dimasukkan ke persamaan (2.1) :

$$Activity (A) = \frac{59,59}{54,01} = 1,1$$

Dari hasil tersebut dapat kita masukkan ke grafik klasifikasi potensi mengembang. Dari hasil di grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2** tanah asli Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro memiliki potensi mengembang lebih dari 25% yang termasuk dalam kriteria sangat tinggi.

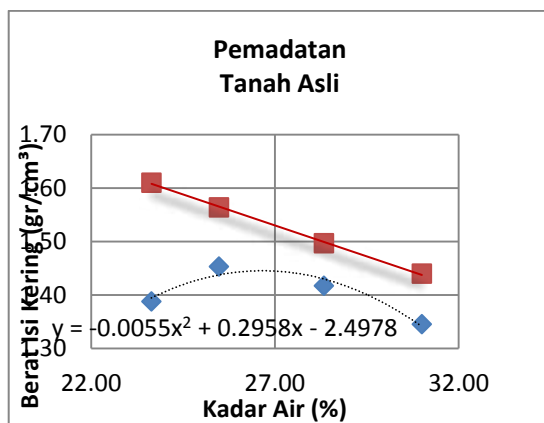


### Pemeriksaan Pemadatan Standar

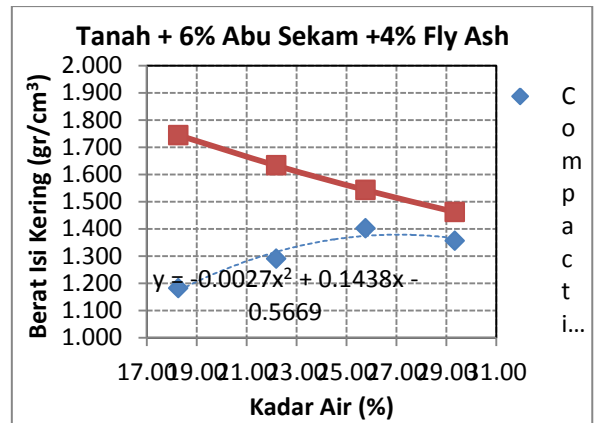
Uji pemadatan ini dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah sehingga bisa diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Kadar air optimum adalah nilai kadar air dimana pada energy kompaksi tertentu dicapai  $\gamma_d$  maksimum. Besar kepadatan diukur dalam berat jenis kering tanah ( $\gamma_d$ ) atau kepadatan kering tanah. Uji pemadatan laboratorium ini nantinya akan digunakan pada pemadatan timbunan di lapangan.

*Standart Proctor Test* adalah salah satu metode dalam uji pemadatan tanah. Pada uji pemadatan standar, tanah yang lolos saringan Amerika No.4 dipadatkan dalam cetakan berukuran tinggi 11,3 cm dengan diameter 15,5 cm. Pengujian ini menggunakan 56 pukulan pematat seberat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30 cm. Pukulan sebanyak 56 kali dilakukan di tiap lapisan tanah di dalam *mould* yang keseluruhan terdiri dari 3 lapisan.

Dalam penelitian ini dilakukan uji pemadatan yang diperlakukan pada sampel tanah asli dan tanah yang sudah dicampur dengan bahan *additive* (abu sekam dan *fly ash*). Sampel tanah yang akan dipadatkan sebelumnya ditambahkan air dengan variasi kadar air dan rentang penambahan tertentu kemudian didiamkan sampai penyerapan air tersebut merata pada tanah. Dari hasil uji pemadatan pada sampel tanah asli didapat hasil seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.4** dan **Gambar 4.5** Berikut ini:



**Gambar 4.4** Grafik Pemadatan Tanah Asli



**Gambar 4.5** Grafik Pemadatan Tanah Dengan Campuran 6% Abu Sekam dan 4% Fly Ash

Dari **Gambar 4.4** dan **Gambar 4.5** di atas didapatkan kadar air optimum (OMC) untuk tanah asli sebesar 26,89 % dengan berat isi kering maksimum sebesar 1,479 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan kadar air optimum (OMC) untuk tanah yang dicampur dengan *additive* (abu sekam dan *fly ash*) sebesar 26,63 % dengan berat isi kering maksimum sebesar 1,348 gr/cm<sup>3</sup>. Penurunan kadar air optimum ini terjadi karena rongga udara yang ada didalam tanah terisi oleh *additive* tersebut. Dari hasil uji pemadatan tersebut bisa disimpulkan bahwa penambahan *additive* tersebut berpengaruh sebagai *filler* atau pengisi rongga udara didalam tanah.

### Pengujian CBR Laboratorium

Dalam penelitian ini dilakukan dua macam pengujian CBR yaitu CBR tidak terendam (*unsoaked*) dan CBR terendam (*soaked*). Pengujian CBR dilakukan pada sampel tanah asli maupun tanah dengan campuran *additive* (abu sekam dan *fly ash*) yang telah dipadatkan dengan kadar air optimum masing-masing. Untuk tanah dengan campuran *additive* (abu sekam dan *fly ash*) terdapat perlakuan variasi waktu *curing* yaitu selama 0 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

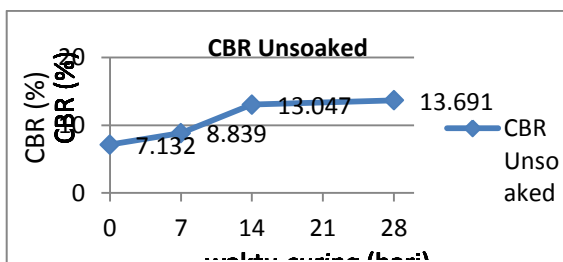
### Pengujian CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

Pengujian CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) ini dilakukan pada sampel tanah dimana sampel tersebut sebelum pengujiannya tidak diterapkan perendaman terlebih dahulu setelah dipadatkan dengan

kadar air optimum yang telah ditentukan. Untuk sampel tanah dengan variasi lama waktu *curing*, setelah dipadatkan tanah tersebut tidak langsung diuji melainkan didiamkan terlebih dahulu selama waktu *curing* dan dengan perlakuan *curing* yang telah ditentukan. Dari pengujian CBR tidak terendam (*Unsoaked*) yang telah dilakukan di laboratorium didapatkan nilai CBR sebesar 3,91% dengan berat isi kering maksimum sebesar 1,48 gr/cm<sup>3</sup> untuk tanah asli tanpa campuran *additive*. Sedangkan untuk hasil pengujian CBR tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) adalah seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.6** berikut ini:

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* Tanah + 6% Abu Sekam + 4% *Fly Ash*

WAKTU CURING(HARI)	CBR UNSOAKED (%)
0	7.132
7	8.839
14	13.047
28	13.691



**Gambar 4.6** Grafik Kenaikan Nilai CBR *Unsoaked* Tanah + 6% Abu Sekam + 4% *Fly Ash*

Dari hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.6** tersebut dapat diketahui bahwa waktu *curing* pada tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) sangat berpengaruh terhadap nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) pada sampel tanah. Hal ini dibuktikan dengan kenaikan nilai CBR tanah tersebut berdasarkan lama lama waktu *curing*-nya. Semakin lama waktu *curing* dari tanah tersebut maka semakin meningkat pula nilai CBR-nya. Dari perlakuan *curing* tersebut

tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) tanpa perlakuan waktu *curing* nilai CBR-nya sebesar 7,132%. Pada perlakuan *curing* selama 7 hari dari sampel tanah tersebut nilai CBR-nya meningkat menjadi 8,839%. Pada perlakuan waktu *curing* 14 hari pada sampel tanah tersebut meningkatkan nilai CBR menjadi 13,047%. Pada perlakuan sampel tanah dengan waktu *curing* 14 hari ini menunjukkan peningkatan nilai CBR yang signifikan dibandingkan dengan waktu *curing* selama 7 hari. Namun pada perlakuan sampel tanah dengan waktu *curing* selama 28 hari memiliki nilai CBR sebesar 13,691%. Pada perlakuan waktu *curing* selama 28 hari ini peningkatan nilai CBR tidak terlalu signifikan sehingga bisa diambil kesimpulan bahwa waktu *curing* yang optimum pada sampel tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) untuk meningkatkan nilai CBR-nya adalah selama 14 hari.

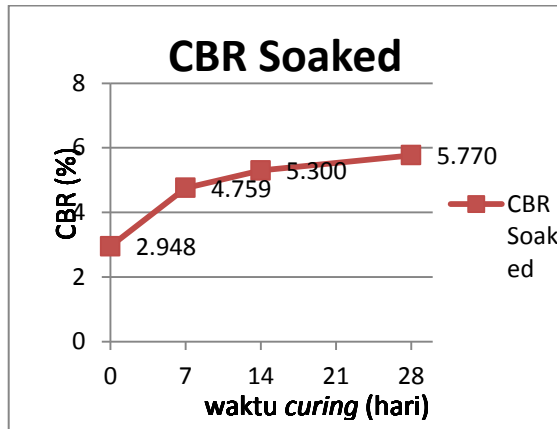
#### Pengujian CBR Rendaman (*Soaked*)

Pengujian CBR Rendaman (*Soaked*) ini dilakukan pada sampel tanah dimana sebelum pengujiannya sampel tersebut direndam terlebih dahulu setelah dipadatkan dengan kadar air optimum yang telah ditentukan. Untuk sampel tanah campuran dengan variasi lama waktu *curing*, setelah dipadatkan tanah tersebut tidak langsung diuji melainkan didiamkan terlebih dahulu selama waktu *curing* dan dengan perlakuan *curing* yang telah ditentukan. Setelah mencapai batas waktu *curing* tersebut, sampel tanah kemudian direndam di dalam air selama 52 jam dengan penambahan beban di atasnya. Dalam perendaman sampel tanah ini, kita juga bisa mengetahui proses pengembangan yang terjadi pada sampel tanah yang terendam dengan beban di atasnya. Dari pengujian CBR terendam (*Soaked*) yang telah dilakukan di laboratorium didapatkan nilai CBR sebesar 2,39% dengan berat isi kering maksimum sebesar 1,42 gr/cm<sup>3</sup> untuk tanah asli tanpa campuran *additive*. Sedangkan untuk hasil pengujian CBR tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) adalah seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.7** dan **Gambar 4.7** berikut ini:



**Tabel 4.7** Hasil Pengujian CBR *Soaked* Tanah + 6% Abu Sekam + 4% *Fly Ash*

WAKTU CURING(HARI)	CBR SOAKED (%)
0	2.948
7	4.759
14	5.300
28	5.770



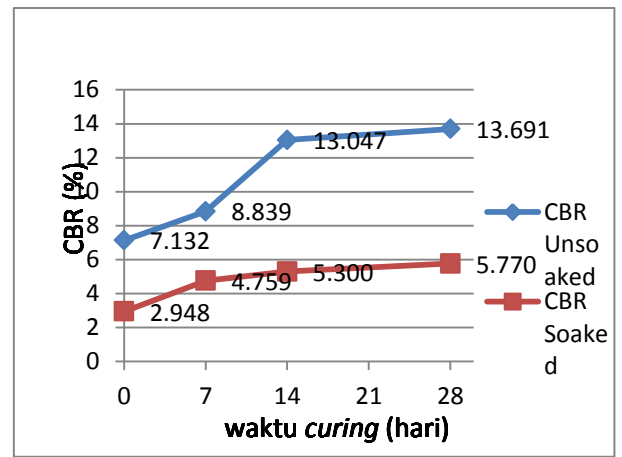
**Gambar 4.7** Grafik Kenaikan Nilai CBR *Soaked* Tanah + 6% Abu Sekam + 4% *Fly Ash*

Dari hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.7** dan **Gambar 4.7** tersebut dapat diketahui bahwa waktu *curing* pada tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) sangat berpengaruh terhadap nilai CBR tak terndam (*unsoaked*) pada sampel tanah. Hal ini dibuktikan dengan kenaikan nilai CBR tanah tersebut berdasarkan lama lama waktu *curing*-nya. Semakin lama waktu *curing* dari tanah tersebut maka semakin meningkat pula nilai CBR-nya. Dari perlakuan *curing* tersebut tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) tanpa perlakuan waktu *curing* nilai CBR-nya sebesar 2,948%. Pada perlakuan *curing* selama 7 hari dari sampel tanah tersebut nilai CBR-nya meningkat menjadi 4,759%. Pada perlakuan waktu *curing* 14 hari pada sampel tanah tersebut meningkatkan nilai CBR menjadi 5,30%. Sedangkan pada perlakuan sampel tanah dengan waktu *curing* selama 28 hari memiliki nilai CBR sebesar 5,77%. Dalam pengujian CBR terendam (*Soaked*) ini, kenaikan nilai CBR yang terjadi tidak terlalu signifikan. Nilai CBR pada perlakuan rendaman ini juga

terlihat lebih kecil jika dibandingkan dengan pada perlakuan tanpa rendaman. Hal ini menunjukkan kondisi yang lemah pada tanah ketika direndam.

Perbandingan Nilai CBR tanpa rendaman ( <i>Unsoaked</i> ) dengan CBR rendaman ( <i>Soaked</i> )	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )
1.303	1.310
1.344	1.364

Untuk mengetahui perbandingan nilai CBR antara dengan perlakuan tanpa rendaman (*Unsoaked*) dan dengan perlakuan rendaman (*Soaked*) ditunjukkan pada **Gambar 4.8** berikut ini:



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked* Tanah+6% Abu Sekam + 4% *Fly Ash*

Dari hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 4.8** tersebut kita dapat mengetahui bahwa perlakuan perendaman pada sampel tanah dapat mempengaruhi nilai CBR-nya baik pada tanah asli maupun pada tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*). Hasil nilai CBR terendam (*soaked*) pada sampel tanah baik tanah asli maupun tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) memiliki nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai CBR sampel tanah tanpa perendaman. Hal ini dikarenakan kandungan air pada sampel tanah meningkat sehingga kekuatan tanah mengalami penurunan.

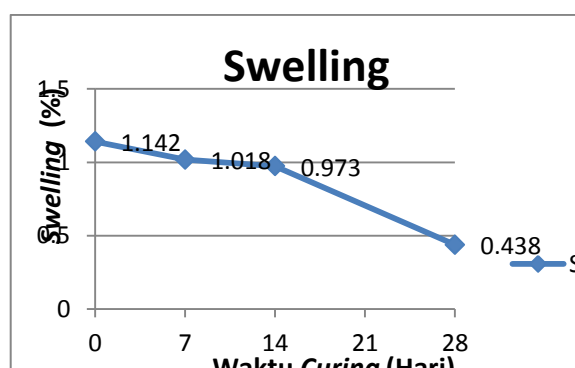
### Pengujian *Swelling* (Pengkembangan)

Pengkembangan (*swelling*) pada sampel tanah ini menunjukkan perbandingan perubahan tingginya terhadap tinggi semula yang dinyatakan dalam

persen(%). Dalam pengujian *swelling* ini, sampel tanah yang telah dipadatkan dengan kadar air optimumnya direndam di dalam air dengan penambahan beban sebesar 4,5 kg selama 52 jam. Selama masa perendaman tersebut, perubahan tinggi sampel tanah tersebut diukur dengan dial untuk mengetahui seberapa besar pengembangan yang terjadi. Pengujian ini dilakukan terhadap sampel tanah asli dan tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*). Untuk tanah asli, setelah tanah dipadatkan dengan kadar air optimumnya langsung dilakukan pengujian *swelling*. Untuk tanah dengan campuran *additive* (6% abu sekam dan 4% *fly ash*) perlakuannya ditambah dengan variasi lama waktu *curing*. Pengujian sampel tanah dengan campuran ini dilakukan setelah waktu *curing* selesai. Adapun hasil pengujian *swelling* untuk sampel tanah asli menunjukkan pengembangan yang terjadi sebesar 3,841%. Untuk sampel tanah campuran bisa dilihat pada **Tabel 4.8** dan **Gambar 4.9** berikut ini:

**Tabel 4.8** Nilai Pengembangan Sampel Tanah Campuran dengan Variasi Waktu *Curing*

Lama Waktu <i>Curing</i> (Hari)	<i>Swelling</i> (%)
0	1.142
7	1.018
14	0.973
28	0.438



**Gambar 4.9** Grafik Nilai Pengembangan Sampel Tanah Campuran dengan Variasi Waktu *Curing*

Dari hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.8** dan **Gambar 4.9** tersebut dapat diketahui bahwa lama waktu *curing* berpengaruh terhadap penurunan nilai

pengembangan (*swell*) dari tanah asli. Semakin lama waktu *curing* pada sampel tanah maka semakin kecil nilai pengembangan (*swell*) yang terjadi. Dari hasil tersebut nilai *swelling* bisa menurun dari 3,841% menjadi 0,438% dengan *curing* 28 hari Hal ini sangat penting untuk tanah yang digunakan sebagai dasar suatu konstruksi jalan raya. Dengan semakin kecilnya pengembangan yang terjadi pada tanah dasarnya, maka semakin kecil pula dampak kerusakan yang terjadi pada konstruksi jalan tersebut.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin lama waktu *curing* pada sampel tanah dengan campuran 6% abu sekam dan 4% *fly ash*, maka nilai CBR baik yang tanpa rendaman (*Unsoaked*) maupun yang terendam (*Soaked*) juga semakin meningkat hingga lebih dari 350,15 % untuk CBR tanpa rendaman dan lebih dari 241,42 % untuk CBR terendam
2. Waktu *curing* yang paling efektif untuk meningkatkan nilai CBR terutama untuk CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*) pada tanah dengan campuran 6% abu sekam dan 4% *fly ash* adalah selama 14 hari dengan nilai sebesar 13,047% karena dalam waktu *curing* selama 28 hari peningkatan nilai CBR tidak terlalu signifikan dengan nilai sebesar 13,691%
3. Untuk hasil pengujian CBR terendam (*soaked*) tanah asli menunjukkan nilai sebesar 2,39%. Sedangkan nilai pada tanah campuran dengan lama waktu *curing* 28 hari menunjukkan nilai sebesar 5,77%
4. Penambahan 6% abu sekam dan 4% *fly ash* pada tanah asli dapat menurunkan nilai *swelling* tanah dari 3,841% menjadi 0,438% dengan waktu *curing* 28 hari

5. Dari perbandingan nilai CBR dan *swelling* tersebut, sebagai rekomendasi digunakan waktu *curing* selama 28 hari dengan nilai CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*) sebesar 13,691% dan dengan nilai *swelling* sebesar 0,438%

## Saran

Setelah mempelajari hasil dari penelitian ini, ada beberapa saran yang bisa dilakukan untuk penelitian selanjutnya agar hasil yang diperoleh bisa lebih baik:

1. Diperlukan adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan variasi bahan limbah lain sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif
2. Diperlukan sampel benda uji lebih dari satu untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi
3. Diperlukan pemeriksaan alat terlebih dahulu sebelum digunakan untuk mengurangi resiko kesalahan terhadap hasil data yang akan diambil

## DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Idharmahadi. 2011. *Pemanfaatan Abu Sekam Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen*. Jurnal Terpublikasi
- Budi, Gogot Setyo. 2003. *Pengaruh Fly Ash Terhadap Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif*. Jurnal Terpublikasi
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah. Edisi ke empat*. Erlangga: Jakarta
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Erlangga: Jakarta
- Hardiyatmo, H.C. 2013. *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Gajah Mada University Press : Yogyakarta
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I. Gajah Mada University Press : Yogyakarta*
- Herina, Silvia. 2005. *Kajian Pemanfaatan Abu Sekam Padi Untuk Stabilisasi Tanah Dalam Sistem Pondasi Di Tanah Ekspansif*. Koloikum dan Open House: Bandung
- Herman. 2013. *Abu Batubara PLTU Sijantang Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif*. Jurnal terpublikasi
- Indrawahyuni, Herlien. 2008. *Mekanika tanah I*. Bargie Media: Malang
- Nelson, John D. 1992. *Ekspansive Soil: Problem and Practice in Fundamental and Pavement Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.: Canada
- Nugroho, Soewignjo Agus dkk. 2010. *Studi Laboratorium CBR Nonrendaman (UNsoaked CBR) Dan CBR Rendaman (Soaked CBR)*. Jurnal Terpublikasi: Riau
- Santosa, Budi dkk. 1998. *Dasar Mekanika Tanah*. Gunadarma: Jakarta
- Santosa, Budi dkk. 1998. *Mekanika Tanah Lanjutan*. Gunadarma: Jakarta
- Sosrodarsono, Suryono dan Kazuto Nakazawa. 2000. *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*. Pradnya Paramita: Jakarta
- Sulistiyowati, Tri. 2006. *Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Fly Ash Terhadap Nilai Daya Dukung CBR*. Jurnal Terpublikasi
- Yuliet, Rina dkk. 2011. *Uji Potensi Mengembang Pada Tanah Lempung Dengan Metoda Free Swell Test*. Jurnal terpublikasi