

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

**Restu Hermawan Prasetyo, Yulvi Zaika, As'ad Munawir**  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: restu.hermawan.prasetyo@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Banyak daerah di Indonesia yang memiliki jenis tanah lempung ekspansif, hampir 20% dari luasan tanah di Pulau Jawa dan kurang lebih 25% dari luasan tanah di Indonesia merupakan tanah lempung ekspansif. Tanah dari daerah Bojonegoro merupakan tanah lempung ekspansif. Dari hasil pengujian fisik tanah diketahui bahwa tanah di daerah Bojonegoro merupakan tanah lempung ekspansif dengan nilai CBR 3,909% dan nilai swelling 3,982%, oleh karena itu tanah tersebut memerlukan upaya stabilisasi pada tanah tersebut. Stabilisasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah pencampuran bahan aditif berupa abu sekam padi dan kapur. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pendahuluan dengan pencampuran kadar abu sekam padi 5%, 6%, dan 6,5%. Berdasarkan hasil dari pengujian pendahuluan, kadar optimum abu sekam padi adalah 6%, sehingga digunakan campuran 6% abu sekam padi dan 4% kapur. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pencampuran tanah asli dengan 6% abu sekam padi dan 4% kapur menghasilkan nilai CBR sebesar 18,432% dan nilai swelling 0,221%. Dengan melakukan curing pada campuran tanah asli dengan 6% abu sekam padi dan 4% kapur menghasilkan nilai CBR dan swelling yang lebih baik. Waktu curing selama 14 hari menghasilkan peningkatan nilai CBR yang signifikan. Nilai CBR setelah curing 14 hari menjadi 31,735% dengan nilai swelling 0,15%. Waktu curing untuk menghasilkan CBR terbesar dan swelling terkecil adalah 14 hari.. Curing selama 14 hari dapat meningkatkan nilai CBR sebesar 845% dan nilai swelling turun hingga 2160%.*

**Kata kunci:** Lempung Ekspansif, Abu Sekam Padi, Kapur, CBR, Swelling, Curing

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpatikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Banyak daerah di Indonesia yang memiliki jenis tanah lempung ekspansif, hampir 20% dari luasan tanah di Pulau Jawa dan kurang lebih 25% dari luasan tanah di Indonesia merupakan tanah lempung ekspansif.

Kondisi tanah di wilayah Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro merupakan tanah lempung ekspansif dimana pada kondisi saat musim kemarau tanah akan menjadi keras dan saat musim hujan tanah tersebut akan menjadi lembek.

Berdasarkan dari penelitian-penelitian sebelumnya, pencampuran bahan additive dalam tanah lempung ekspansif dapat memperbaiki kualitas dari tanah

tersebut. Bahan additive yang digunakan pada penelitian ini adalah abu sekam padi (Rice Husk Ash) dan kapur (lime).

Penelitian yang telah dilakukan Idharmahadi Adha, (2011) dengan memanfaatkan abu sekam padi sebagai pengganti semen pada metoda stabilisasi tanah di Lampung didapatkan prosentase abu sekam padi sebesar 6% yang ternyata dapat meningkatkan daya dukung tanah dengan nilai CBR lebih dari 100% dan dalam penelitiannya, didapatkan hasil bahwa abu sekam padi hanya efektif berfungsi pada kadar 6% untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan meningkatkan daya dukung tanah yang distabilisasi, semakin banyak abu sekam yang digunakan, daya dukung akan terus mengalami penurunan.

Penambahan kapur pada penelitian stabilisasi tanah ekspansif di daerah Cipularang, Karawang yang dilakukan oleh Sutikno dan Budi Damianto, (2009) didapatkan nilai signifikan pengaruhnya terhadap stabilitas tanah (CBR) terjadi pada saat penambahan kadar kapur 4% - 6%.

Penelitian ini akan melakukan uji CBR (California Bearing Ratio) dan uji swelling pada tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur. Dari penelitian yang dilakukan oleh Gogot Setyo Budi, dkk (2002) didapatkan hasil penambahan abu sekam padi dan kapur dapat meningkatkan kekuatan tanah hingga 300%, akan tetapi tidak banyak yang mencantumkan masa pemeraman (curing) yang tepat untuk mendapatkan hasil yang optimum. Oleh karena itu, penelitian ini ingin mengetahui waktu pemeraman yang baik untuk mendapatkan hasil yang optimum pada tanah ekspansif di Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro dengan variasi waktu pemeraman 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari lama perawatan (*curing*) pada penambahan campuran bahan *additive* abu sekam padi (RHA) dan kapur (*lime*) terhadap pengembangan (*swelling*) dan nilai CBR pada tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro.
2. Untuk mengetahui lama waktu perawatan (*curing*) yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang paling besar dari penambahan campuran bahan *additive* abu sekam padi (RHA) dan kapur (*lime*) terhadap pengembangan (*swelling*) terkecil dan nilai CBR terbesar pada tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro.

## TINJAUAN PUSTAKA

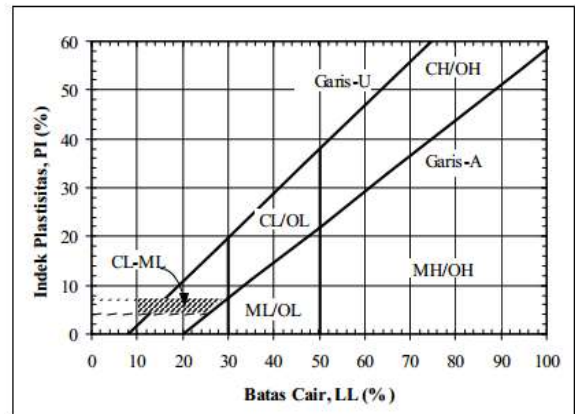
### Pengertian Lempung

Tanah lempung yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis dimana partikel-partikel tersebut tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dilihat dengan mikroskopis biasa. Partikel-partikel tersebut berbentuk lempengan-

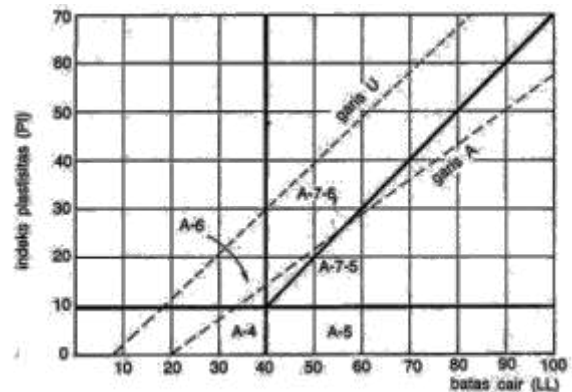
lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. (Braja M. Das, 1988:9)

### Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dapat Berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS) dan atau berdasarkan AASHTO



**Gambar 1** Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi Tanah USCS



**Gambar 2** Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi Tanah AASHTO

Menurut para ahli, Klasifikasi tanah lempung berdasarkan berdasarkan indeks plastisitas seperti yang ditampilkan dalam tabel 1, tabel 2, tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 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** 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

**Tabel 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:

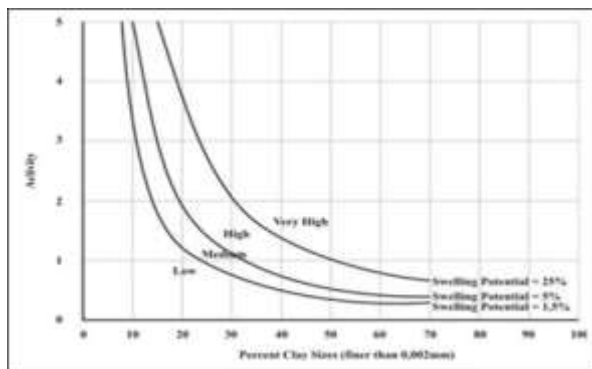
$$Activity (A) = \frac{PI}{C} \quad (1)$$

Dimana :

A = Aktivitas

PI = Indeks Plastisitas

C = Prosentase lempung <0,002mm



**Gambar 3** Grafik klasifikasi potensi mengembang (Seed et al., 1962)

### California Bearing Ratio

California Bearing Ratio (CBR) adalah perbandingan nilai beban dari suatu bahan terhadap beban standart dengan kecepatan dan penetrasi yang sama. Rasio tersebut diambil pada penetrasi 2.5 dan 5.0

mm (0.1 dan 0.2 inchi) dengan ketentuan angka tertinggi yang digunakan.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Penetrasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$CBR 0.1 = \frac{\text{beban penetrasi } 0,1''}{3 \times 1000} \times 100\% \quad (2)$$

$$CBR 0.2 = \frac{\text{beban penetrasi } 0,1''}{3 \times 1500} \times 100\% \quad (3)$$

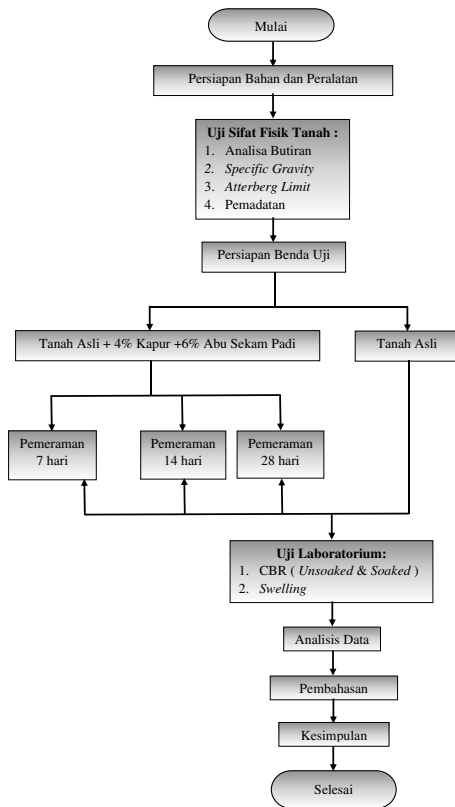
### Swelling

Cara untuk menggambarkan sifat tanah ekspansif adalah potensi pengembangan (*swelling potential*) yang umumnya di uji dengan uji pengembangan (*swelling*). *Swelling* adalah pembesaran volume tanah ekspansif akibat bertambahnya kadar air. Pengembangan merupakan proses yang agak kompleks. Besar dan nilai tekanan pengembangan bergantung pada banyaknya mineral lempung dalam tanah dan kadar air awal. Gangguan tanah atau pembentukan kembali tanah lempung dapat menambah sifat mudah mengembang.

Beberapa peneliti melakukan pengujian selama 2 jam, atau yang lain, menunggu sampai kecepatan mengembang telah mencapai kecepatan tertentu, misal 0,001"/jam, sehingga memerlukan waktu beberapa hari (Coduto, 1994).

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut ini.



**Gambar 4.** Diagram alur penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tiga perlakuan, yaitu variasi waktu pemeraman yang masing - masing dilakukan pada tanah asli dan tanah yang sudah dicampur dengan kapur dan abu sekam padi (prosentase kapur 4% dan abu sekam padi 6%). Variasi pemeraman yang dilakukan adalah 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

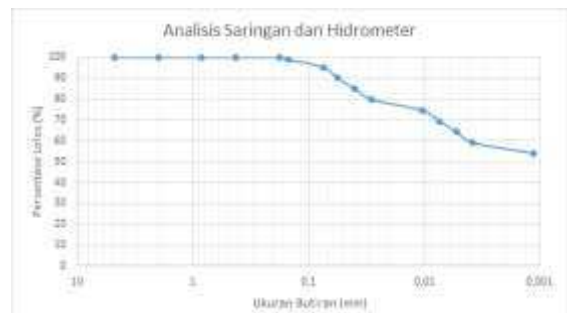
### Specific Gravity

Nilai specific gravity 6% abu sekam padi dengan 4% Kapur adalah 2,57, sedangkan untuk tanah asli 2,6. Berdasarkan pengujian ini penambahan dari campuran 6% abu sekam padi + 4% kapur pada tanah dapat mengakibatkan penurunan terhadap nilai *specific gravity* pada tanah tersebut. Hal tersebut dapat terjadi karena bercampurnya 2 bahan dengan nilai *specific gravity* yang berbeda, pada campuran abu sekam padi dan kapur mempunyai nilai *specific gravity* yang lebih kecil dari tanah asli sehingga apabila kedua bahan tersebut dicampur maka akan memiliki nilai *specific gravity* yang lebih kecil dari nilai *specific gravity* tanah asli.

## Klasifikasi Tanah

### Analisis saringan dan hidrometer

Dalam pengujian analisis saringan (*mechanical grain size*) dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Pengujian analisis hidrometer berperan untuk menentukan distribusi butir pada tanah yang mengandung butir tanah lolos saringan no. 200. Berikut grafik hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Grafik Hasil Analisa Saringan dan Hidrometer

Dari hasil analisis butiran, tanah dari Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro ini memiliki persentase distribusi lolos saringan no. 200 sebesar 95,30% dan menurut sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) termasuk jenis tanah berbutir halus.

### Pengujian Atterberg Limit

Hasil dari pengujian *atterberg limit* ditunjukkan pada **Tabel 4** berikut.

**Tabel 4** Hasil Pengujian *Atterberg Limit*

KOMPOSISI TANAH	LL (%)	PL (%)	SL (%)	PI (%)
Tanah Asli	104	44.41	2.8	59.59
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	103	39.52	3.2	63.48
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	89	42.9	3.7	46.1
Tanah Asli + 6.5% Abu Sekam Padi	88	36.21	4.1	57.79
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur	68	36.3	9.6	31.7

Dari tabel hasil pengujian *atterberg limit* didapatkan hasil bahwa dengan penambahan 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur nilai *Liquid Limit* dan *Plastic Limit* mengalami penurunan, sedangkan untuk nilai *Shrinkage Limit* mengalami penambahan. Dan nilai hasil Indeks Plastisitas tanah dengan penambahan 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur mengalami penurunan sebesar 27,89%.

### Sistem Klasifikasi Tanah Sistem Unified

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah *unified*, maka tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem, Bojonegoro dapat diklasifikasikan ke sebagai tanah CH (lempung anorganik dengan plastisitas tinggi). Hal ini dapat dilihat dari nilai analisis butiran tanah lolos saingan no. 200 sebesar 95,3024 dengan nilai *Liquid Limit* sebesar 104%, *Plastic Limit* sebesar 44,41% dan Indeks Plastisitas sebesar 59,59%.

### Sifat Ekspansifitas

Berdasarkan **Persamaan (1)**, didapatkan nilai aktivitas tanah tanpa campuran adalah 0,63. Dari hasil analisis saringan dan hidrometer bahwa persentase tanah dengan ukuran 0,002 mm adalah 54,01%. Setelah itu nilai aktivitas dan persentase ukuran tanah tersebut diplotkan kedalam **Gambar 3** maka diketahui bahwa tanah tersebut termasuk klasifikasi tanah dengan potensi pengembangan yang tinggi.

Melihat dari nilai batas-batas *atterberg* dari tanah asli maupun dari tanah yang telah distabilisasi dengan *abu sekam padi* dan *kapur*, dapat diklasifikasikan sifat ekspansifitasnya menurut **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3**. Hasil dari pengklasifikasian disajikan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Klasifikasi Tanah Lempung Ekspansif.

KOMPOSISI TANAH	DEGREE OF EXPANSION		
	(Raman)	(Altmeyer)	(Chen)
Tanah Asli	Very High	Critical	Very High
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	Very High	Critical	Very High
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	Very High	Critical	High

Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	Very High	Critical	Very High
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur	Very High	Critical	Medium

Penambahan 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur tidak berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah ekspansif apabila dilihat dari kriteria nilai *atterberg limit*.

### Pemeriksaan Pemadatan Standar

Hasil pengujian pemadatan standar pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan bahan campuran berupa abu sekam padi dan kapur ditunjukkan pada **Gambar 6** dan **Tabel 7**.



**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Hasil Pemadatan Tanah Asli dengan Tanah Campuran.

**Tabel 7** Hasil Pemeriksaan Pemadatan Standar

KOMPOSISI TANAH	KADAR AIR OPTIMUM	BERAT ISI KERING MAKSIMUM
	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )
Tanah Asli	26,891	1,480
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	27,731	1,361
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	25,5	1,329
Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	28,735	1,323
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur	26,21	1,432

Nilai kadar air optimum tanah asli yang dicampur dengan 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur adalah sebesar 26,21% dengan

berat isi kering maksimum 1,432 gr/cm<sup>3</sup>. Bahan campuran berupa abu sekam padi bersifat sebagai *filler* yang berfungsi mengisi rongga kosong antar butiran tanah sehingga kapasitas air yang dapat masuk ke dalam butiran tanah berkurang. Sedangkan untuk bahan campuran kapur yang merupakan batu yang dipanaskan pada suhu ±980° C, karbondioksida keluar dan tinggal kapurnya saja (CaO). Kapur hasil pembakaran ini dimana bila dicampur dengan air akan mengembang dan retak-retak dan hasilnya adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>). Apabila kalsium hidrat ini dicampur dengan air maka memperoleh mortel kapur, di udara terbuka mortel kapur menyerap karbondioksida (CO<sub>2</sub>), dengan proses kimia menghasilkan CaCO<sub>3</sub> yang bersifat keras dan tidak larut dalam air dan apabila dicampur dengan silika atau aluminat akan membentuk suatu gel sebagai bahan pengikat. (Faisal Fathani T dan Agus Darmawan Adi, 1999).

#### Pemeriksaan CBR Laboratorium

Pada penelitian ini pengujian CBR dibedakan menjadi dua yaitu CBR tak terendam (*unsoaked*) dan CBR terendam (*soaked*). Hasil dari pengujian CBR ditunjukkan pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**.

**Tabel 8** Pengujian CBR *Unsoaked* pada Tanah Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur dengan Variasi *Curing*.

Komposisi Tanah	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR ( <i>unsoaked</i> ) (%)
Tanah Asli	28,19	1,48	3,91
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (0 hari)	26,64	1,425	18,342
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (7 hari)	25,89	1,437	21,332
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (14 hari)	25,13	1,442	31,735
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (28 hari)	24,59	1,452	33,043

**Tabel 9** Pengujian CBR *Soaked* pada Tanah Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur dengan Variasi *Curing*.

Komposisi Tanah	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR ( <i>soaked</i> ) (%)
Tanah Asli	31,84	1,42	2,39
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (0 hari)	30,57	1,364	16,824
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (7 hari)	29,69	1,381	18,83
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (14 hari)	27,5	1,412	21,16
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur (28 hari)	26,09	1,472	22,912

Berikut adalah grafik perbandingan antara CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked* ditunjukkan pada **Gambar 7** berikut.



**Gambar 7** Grafik Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked*.

Nilai CBR *Unsoaked* memiliki nilai yang lebih besar dari nilai CBR *Soaked*. Tetapi disini terjadi penurunan nilai CBR *Soaked* dari CBR *Unsoaked*. Hal ini disebabkan oleh penambahan air yang dapat mengurangi kekuatan tanah pada CBR *Soaked*. Karena pada keadaan *soaked* air dapat diserap oleh tanah sehingga menjadi lunak di permukaan yang berkontak langsung dengan air, tetapi proses sementasi tidak sebaik pada keadaan *unsoaked* yang dapat menjadi lebih keras di bandingkan *soaked*. Pada keadaan *soaked* kadar air lebih besar dari optimum sehingga pengaruh terhadap kekuatan tanah akan lebih kecil.

### Pengujian *Swelling*

Perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula dinyatakan dalam persen (%) merupakan pengertian dari *swelling*. Dalam penelitian ini, pengujian *swelling* dilakukan selama 52 jam dengan dilakukan variasi waktu curing 0 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari pada tanah asli dengan campuran 6% abu sekam padi dan 4% kapur. Hasil dari pengujian *swelling* ditunjukkan dalam **Tabel 10** berikut.

**Tabel 10** Pengujian *Swelling* pada tanah campuran abu sekam padi dan kapur dengan variasi *curing*

Komposisi Tanah	Waktu Curing (hari)	Kadar air (%)	<i>Swelling</i> (%)
Tanah Asli	0	26,8	3,82
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur	0	26,3	0,221
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur	7	26,3	0,195
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur	14	26,3	0,150
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi + 4% Kapur	28	26,3	0,177

Grafik perbandingan Nilai *Swelling* tanah campuran abu sekam padi dengan kapur terhadap waktu *curing* ditunjukkan pada **Gambar 8** berikut.



**Gambar 8** Grafik Perbandingan Nilai *Swelling* tanah campuran abu sekam padi dengan kapur terhadap waktu *curing*.

Penambahan bahan stabilisasi campuran abu sekam padi dan kapur dapat menurunkan nilai *swelling*. Selain itu waktu curing juga dapat menurunkan *swelling*. Hal ini disebabkan penambahan campuran abu sekam padi tersebut berfungsi sebagai *filler* dan mengisi rongga yang ada pada butiran tanah akan tertutup oleh bahan-bahan tersebut, sehingga rongga-rongga butiran menjadi lebih padat dan rapat.

### KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh dengan adanya *curing* pada tanah campuran 6% abu sekam padi dan 4% kapur terhadap nilai CBR *unsoaked* meningkat sebesar 845% dan CBR *soaked* sebesar 958% sebanding dengan peningkatan lama waktu *curing*. Sedangkan untuk *swelling* mengalami penurunan sebesar 2160%.
2. Dari hasil penelitian, lama waktu curing yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang paling besar yakni saat curing di hari 14, dimana dari hasil penelitian didapatkan nilai CBR tinggi sebesar 37,735% dengan nilai *swelling* terkecil sebesar 0,15%.

### SARAN

Setelah mempelajari dari hasil penelitian dan pembahasan, maka didapatkan saran-saran untuk pengembangan penelitian ini kedepannya agar lebih baik. Saran-saran yang dapat disampaikan adalah :

1. Diperlukan adanya variasi pengontrolan pembakaran abu sekam padi, karena pada penelitian ini tidak dilakukan pengontrolan pembakaran yang dimana berpengaruh terhadap zat *additive* yang terkandung di dalam abu sekam padi.

2. Diperlukan adanya variasi jenis kapur yang digunakan, karena dalam penelitian ini diambil sampel kapur secara acak dari toko bangunan.
3. Diperlukan adanya penambahan variasi curing yang lebih lama, karena dalam penelitian ini belum didapatkan hasil yang optimum.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Idharmahadi. 2011. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen. *Jurnal Rekayasa Volume 15 No. 1, 36-40, April 2011. Universitas Lampung, Bandar Lampung*
- Budi. Gogot Setyo, Denny Setiawan Ariwibowo, Agus Terisna Jaya. 2002. Pengaruh Percampuran Abu Sekam Padi dan Kapur Untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif . *Dimensi Teknik Sipil Volume 4, No. 2, 94-99, ISSN 1410-9530, September 2002. Universitas Kristen Petra.*
- Bowles. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah. Edisi ke empat*. Jakarta: Erlangga
- Damianto, Budi, Sutikno. 2009. Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Penambahan Kapur (Lime): Aplikasi pada Pekerjaan Timbunan . *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan Volume 11 No. 2, 101-108, Juli 2009. Politeknik Negeri Jakarta.*
- Das, Braja M., Noor Endah, dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., Noor Endah, dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Chritady. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indrawahyuni, Herlien. 2008. *Mekanika tanah I*. Malang: Bargie Media
- Nelson, John D, Debora J. Miller. 1992. *Expansive Soils Problems And Practice In Foundation And Pavement Engineering*. United State Of America : Colorado State University.
- Prasetyo, Rendra. 2013. Pengaruh Penambahan Campuran Slag Baja dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro Terhadap Nilai CBR dan Swelling. *Skripsi tidak diterbitkan*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.