

# Pengaruh Lama Waktu *Curing* Terhadap Nilai CBR Dan *Swelling* Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro Dengan Campuran 6% Abu Sekam Padi Dan 4% Semen

**Yanuar Eko Widagdo, Yulvi Zaika, Eko Andi Suryo**  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: yanuarekowidagdo1401@gmail.com

## ABSTRAK

Banyaknya daerah di Indonesia yang memiliki jenis tanah lempung ekspansif, salah satunya di Ngasem Bojonegoro. Tanah lempung ekspansif memiliki daya dukung tanah yang rendah pada kondisi muka air yang tinggi, sifat kembang susut (*swelling*) yang besar dan plastisitas yang tinggi. Kondisi tersebut merugikan bangunan di atasnya. Kerugian dari akibat kembang susut tanah ekspansif, maka diperlukan stabilisasi untuk mengurangi kembang susut dan meningkatkan daya dukung. Salah satunya dengan menggunakan aditif. Pada penelitian ini aditif yang digunakan adalah abu sekam dan semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari aditif tersebut dapat menstabilisasi tanah lempung ekspansif terhadap CBR (*Unsoaked* dan *Soaked*) serta pengembangannya dengan variasi waktu. Abu sekam dan semen di campur dengan kadar 6% abu sekam + 4% semen. Pengujian data dasar tanah dilakukan untuk mendapatkan jenis dan sifat tanah. Proses pemadatan juga dilakukan untuk mendapatkan kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum yang digunakan untuk CBR serta *swelling*. Dari hasil di atas, tanah dengan campuran 6% abu sekam dan 4% semen di *curing* selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pengujian dilakukan setelah *curing* dan hasil yang di dapat bahwa pada *curing* 28 hari nilai CBR menunjukkan peningkatan yang signifikan sebesar 805,9% (*unsoaked*) dan 624,3% (*soaked*) serta pengembangannya (*swelling*) mengalami penurunan secara signifikan sebesar 569,7%.

**Kata-kata kunci:** lempung ekspansif, *curing*, abu sekam padi dan semen, CBR, *swelling*.

## Pendahuluan

Tanah merupakan material konstruksi yang paling tua dan juga sebagai material dasar yang sangat penting karena merupakan tempat dimana struktur akan didirikan misalnya pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Kerusakan - kerusakan pada gedung dan jalan, seperti naik atau turunnya suatu pondasi, retaknya dinding bangunan dan permukaan jalan yang bergelombang disebabkan disebabkan oleh permasalahan pada tanah yang ada dibawah struktur suatu bangunan

Banyaknya 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, salah satunya di Ngasem Bojonegoro. Tanah di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur sebagian besar merupakan tanah berbutir halus, yaitu tanah lempung. Tanah lempung ekspansif memiliki daya dukung tanah yang rendah pada kondisi muka air yang tinggi, sifat

kembang susut (*swelling*) yang besar dan plastisitas yang tinggi. Kondisi tersebut merugikan bangunan yang ada di atasnya.

Dengan kerugian dari akibat kembang susut tanah ekspansif, maka diperlukan stabilisasi untuk mengurangi kembang susut dan meningkatkan daya dukung. Salah satunya dengan stabilitas kimiawi. stabilisasi kimiawi dilakukan dengan cara menambahkan aditif pada tanah dasar yang akan ditingkatkan mutunya. aditif ini antara lain adalah abu sekam padi, semen, kapur, *fly ash* dan lain-lain. Pada penelitian ini aditif yang digunakan adalah abu sekam dan semen.

Kestabilan suatu struktur bangunan sangat dipengaruhi oleh pergerakan tanah dibawahnya yang disebabkan oleh faktor alam maupun karakteristik tanah tersebut. Perubahan kadar air dalam tanah lempung ekspansif disebabkan oleh perubahan musim, akan memicu pengembangan dan penyusutan secara ekstrim pada tanah tersebut, sehingga struktur bangunan diatas

tanah tersebut akan mengalami kerusakan apabila terjadi secara terus-menerus.

Beberapa tujuan yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbandingan *swelling* dan CBR tanah lempung ekspansif tanpa campuran dan dengan campuran abu sekam padi dan semen dengan variasi waktu *curing*.
2. Untuk mengetahui lama waktu *curing* untuk menghasilkan *swelling* terkecil dan CBR yang maksimal pada tanah lempung ekspansif.

### Metode Penelitian

Sampel tanah yang dipakai untuk melakukan studi ini diambil dari kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro, sedangkan abu sekam didapatkan dari sisa pembakaran dari batu bata. Untuk smen yang digunakan yaitu semen tipe 1 yang sering digunakan dalam kontruksi bangunan. Penambahan aditif adalah sebesar 6% abu sekam dan 4% semen yang di *curing* selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Percobaan yang dilakukan dalam studi ini terdiri dari dua bagian: (a) Pengujian sifat fisik tanah meliputi pemeriksaan *specific gravity*, batas *atterberg*, analisa saringan dan pematatan standar, (b) Pengujian sifat mekanis tanah meliputi uji CBR dan uji *swelling*.

Pengujian *specific gravity* berdasarkan pada ASTM 1989D 854-83. Pengujian batas *atterberg* berdasarkan pada ASTM 1989 D 4318. Pengujian analisa saringan berdasarkan ASTM C-136-46 dan ASTM D-422-27. Pengujian pematatan standar berdasarkan ASTM D-698 (Metode B). Pengujian CBR berdasarkan ASTM D-1883. Pengujian *swelling* berdasarkan ASTM D-4546-90.

Metode *curing* yang dilakukan meletakkan benda uji di box yang ditutup karung goni basah. *Curing* dilakukan untuk menjaga kadar air yang ada di dalam benda uji supaya tetap.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil pengujian Sifat Fisik Tanah

Pada tahap awal penelitian dilakukan pengujian dasar untuk mengetahui sifat fisik tanah baik yang belum distabilisasi maupun sesudah distabilisasi.

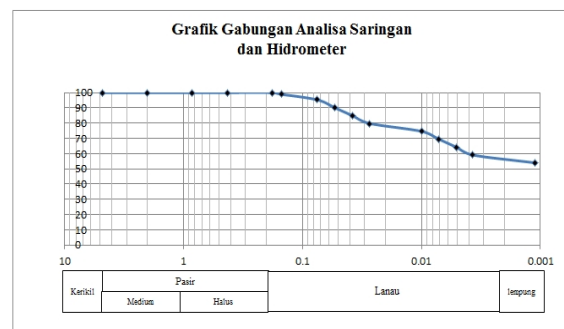
#### Pemeriksaan *Specific Gravity* (Gs)

**Tabel 1.** Hasil Pengujian *Specific Gravity*

Komposisi Bahan	Gs
Tanah Asli	2.60
Abu Sekam	2.10
Semen	2.47
Tanah Asli + 6% Abu Sekam + 4% Semen	2.51

Dari **tabel 1** dapat diketahui bahwa nilai dari *specific gravity* tanah asli sebesar 2,60. Dengan penambahan campuran abu sekam dan semen dapat menyebabkan penurunan dari *specific gravity* tanah asli. Hal ini disebabkan karena bercampurnya dua bahan dengan *specific gravity* yang berbeda, dan *specific gravity* dari campuran abu sekam dan semen memiliki nilai *specific gravity* lebih kecil dari tanah asli sehingga apabila kedua bahan tersebut dicampur akan memiliki nilai *specific gravity* lebih kecil.

### Analisis Saringan dan Hidrometer



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara ukuran butiran dengan persentase lolos

Berdasarkan **gambar 1** didapatkan bahwa tanah dari Kecamatan Ngasem Bojonegoro memiliki persentase distribusi lolos saringan no.200 sebesar 95,30% dan menurut sistem klasifikasi tanah USCS tanah tersebut adalah tanah berbutir halus.

### Pemeriksaan Batas – Batas Atteberg

Pengujian batas-batas atteberg pada tanah asli didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 104%, batas plastis (PL) 44,41%, batas susut (SL) 2,82% serta indeks plastisitas (PI) 59,59%. Sedangkan pada tanah yang di stabilisasi dengan 6% abu sekam + 4% semen didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 71,5%, batas plastis (PL) 37,12%, batas susut (SL) 9,42% serta indeks plastisitas (PI) 34,38%. Dengan di stabilisasi nilai batas susut (SL) menjadi meningkat, selain batas susut meningkat nilai indeks plastisitas juga menurun, hal ini menyebabkan tanah akan menjadi lebih keras di bandingkan tanpa stabilisasi.

### Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

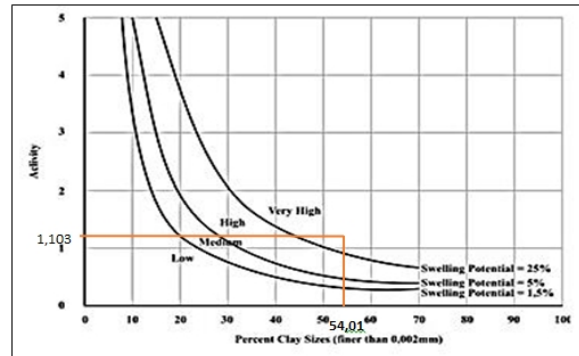
Berdasarkan klasifikasi USCS, berdasarkan dari analisis saringan dengan presentasi distribusi lolos saringan no.200 sebesar 95,30% tanah tersebut termasuk dalam tanah berbutir halus dan dilihat dari batas-batas atteberg dengan nilai LL sebesar 104% dan PL sebesar 44,41%, dan nilai PI sebesar 59,59%. Maka dapat disimpulkan bahwa tanah di daerah Ngasem Bojonegoro termasuk sebagai tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (CH).

### Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Berdasarkan klasifikasi AASHTO, berdasarkan dari analisis saringan dengan presentasi distribusi lolos saringan no.200 sebesar 95,30% dan dilihat dari nilai LL=104%; dan PI=59,59%, maka tanah di daerah Ngasem Bojonegoro termasuk sebagai tanah tipe A-7-5 karena  $PI \leq LL-30$ . Sehingga termasuk tanah berlempung biasa sampai jelek.

### Sifat Ekspansifitas

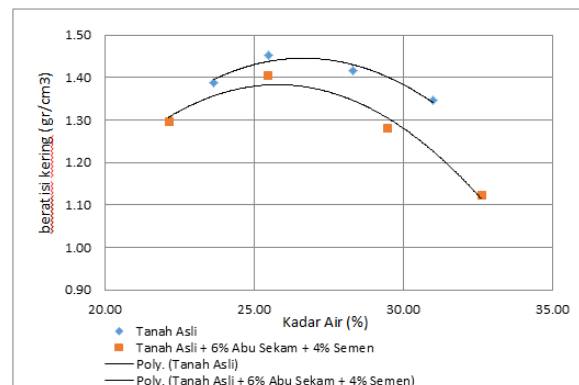
Untuk sifat ekspansifitas, di hitung menggunakan parameter yang disebut aktifitas menurut Skempton (1953), yaitu dengan menggunakan nilai-nilai dari *atterberg limit*.



**Gambar 2.** Grafik klasifikasi potensi mengembang

Dari **gambar 2** tanah asli Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro memiliki potensi mengembang diatas 25% yang termasuk dalam potensi pengembangan sangat tinggi.

### Pemeriksaan Pemadatan Standar



**Gambar 3.** Grafik perbandingan pemadatan tanah asli dengan campuran

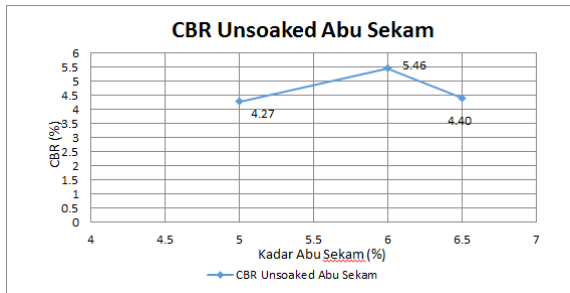
Berdasarkan **gambar 3** didapatkan kadar air optimum (OMC) untuk tanah asli sebesar 26,89 % dengan berat isi kering 1,479 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan kadar air optimum (OMC) untuk tanah + 6% abu sekam + 4% semen sebesar 25,62 % dengan berat isi kering 1,356 gr/cm<sup>3</sup>. Penurunan kadar air optimum ini terjadi karena rongga udara yang ada didalam tanah terisi oleh *additive* (abu sekam dan semen).

### Hasil pengujian Sifat Mekanik Tanah

#### Pemeriksaan CBR Laboratorium Tak Terendam (Unsoaked)

Pemilihan 6% abu sekam ini di dasarkan pada uji CBR Unsoaked tanpa *curing* pada variasi 5% abu sekam, 6% abu

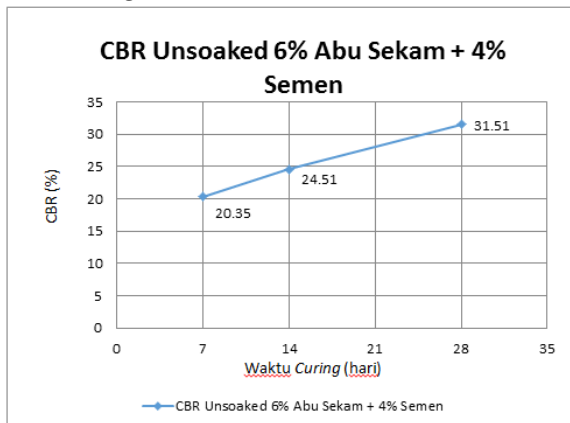
sekam dan 6,5% abu sekam. Hasil dari pengujian CBR *Unsoaked* Abu Sekam ditunjukkan pada **gambar 4**



**Gambar 4** Grafik perbandingan kadar abu sekam dengan nilai CBR *Unsoaked*

Dari **gambar 4** dapatkan bahwa abu sekam dapat meningkatkan nilai CBR *Unsoaked*. Nilai CBR tertinggi sebesar 5,46% pada campuran abu sekam sebesar 6%. Berdasarkan hasil dari **gambar 4** maka di tambahkan semen sebesar 4% dengan *curing* selama 7hari, 14 hari dan 28 hari.

Dari hasil uji CBR *Unsoaked* di dapat bahwa nilai CBR *Unsoaked* tanah asli sebesar 3,91%. Sedangkan tanah yang distabilisasi dengan 6% abu sekam + 4% semen pada *curing* 0 hari = 11,33%, *curing* 7 hari = 20,35%, *curing* 14 hari = 24,51%, dan *curing* 28 hari = 31,51%.



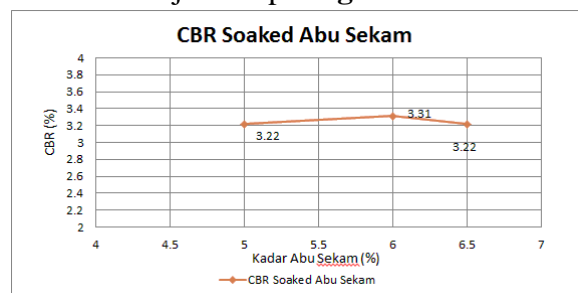
**Gambar 5** Grafik perbandingan waktu *curing* dengan nilai CBR *Unsoaked*

Berdasarkan **gambar 5** dapat diketahui bahwa waktu *curing* berpengaruh terhadap nilai dari CBR *Unsoaked*. Nilai CBR yang di dapat meningkat secara signifikan. Nilai CBR tertinggi terjadi pada waktu *curing* 28 hari sebesar 31,51%. Meningkatnya nilai CBR pada waktu *curing* 28 hari karena

akibat adanya proses sementasi antar partikel tanah selama proses *curing*. Sementasi ini menyebabkan penggumpalan yang mengakibatkan meningkatnya daya ikat antar butiran. Meningkatnya ikatan antar butiran, maka akan meningkatkan kemampuan saling mengunci antar butiran. Reaksi sementasi yang terjadi pada campuran tanah dengan aditif (abu sekam dan semen) membentuk butiran baru yang lebih keras sehingga lebih kuat menahan beban yang diberikan. Aditif yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali ( $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ ) dari tanah digantikan oleh kation dari aditif sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (flokulasi). Selain proses flokulasi yang terjadi dalam stabilisasi tanah, terjadi pula proses pozzolan, dan proses hidrasi. Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat ( $\text{SiO}_2$ ) dan aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dari aditif membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau aluminat silikat. Reaksi dari ion  $\text{Ca}^{2+}$  dengan silikat dan aluminat dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen (hydrated gel) sehingga mengikat partikel-partikel tanah.

#### Pemeriksaan CBR Laboratorium Terendam (*Soaked*)

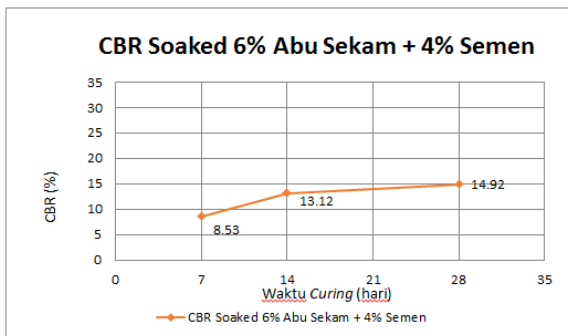
Tidak jauh dengan CBR *Unsoaked*, CBR *Soaked* juga menguji variasi abu sekam pada variasi 5% abu sekam, 6% abu sekam dan 6,5% abu sekam. Hasil dari CBR *Soaked* ditunjukkan pada **gambar 6**



**Gambar 6** Grafik perbandingan kadar abu sekam dengan nilai CBR *Soaked*

Dari **gambar 6** di dapatkan bahwa abu sekam dapat meningkatkan nilai CBR *Soaked*. Nilai CBR tertinggi sebesar 3,31% yang terdapat pada campuran abu sekam sebesar 6%.

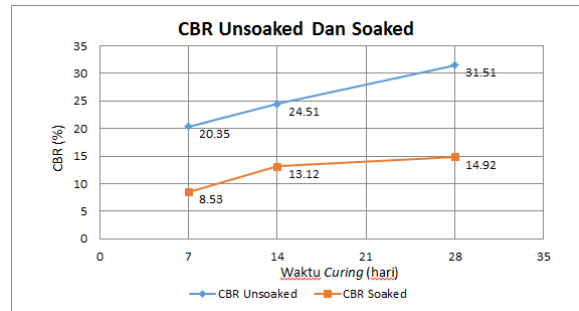
Dari hasil uji CBR *Soaked* di dapat bahwa nilai CBR *Soaked* tanah asli sebesar 2,39%. Sedangkan tanah yang distabilisasi dengan 6% abu sekam + 4% semen pada *curing* 0 hari = 5,43%, *curing* 7 hari = 8,53%, *curing* 14 hari = 13,12%, dan *curing* 28 hari = 14,92%.



**Gambar 7** Grafik perbandingan waktu *curing* dengan nilai CBR *Soaked*

Berdasarkan **gambar 7** CBR *Soaked* yang di dapatkan hasilnya bahwa nilai dari CBR *Soaked* tertinggi terjadi pada 28 hari sebesar 14,92% tetapi peningkatannya tidak signifikan terhadap nilai CBR *Soaked* 14 hari sebesar 13,12%. Pada hasil pengujian CBR *Soaked* memiliki pola yang sama dengan CBR *Unsoaked*. Hal tersebut disebabkan oleh adanya penambahan air yang dapat mengurangi kekuatan tanah tersebut menjadi lunak dan akan mempengaruhi kekuatan tanah tersebut. Menurut (L.D.Wesley,1977) apabila kadar air pada waktu dipadatkan adalah lebih besar dari pada optimum maka hanya sedikit air yang akan meresap sehingga pengaruh terhadap kekuatan tanah akan lebih kecil. Sedangkan proses sementasi yang terjadi sama dengan CBR *Unsoaked*.

*Perbandingan Nilai CBR Terendam dengan Tak Terendam*

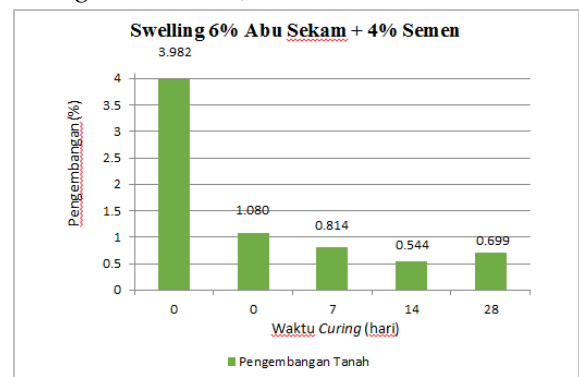


**Gambar 8** Grafik perbandingan waktu *curing* dengan nilai CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked*

Berdasarkan **gambar 8** bahwa nilai CBR *Soaked* memiliki pola yang sama dengan CBR *Unsoaked* yaitu waktu *curing* meningkatkan nilai CBR. Tetapi disini terjadi penurunan nilai CBR *Soaked* dari CBR *Unsoaked*. Ini disebabkan oleh penambahan air yang dapat mengurangi kekuatan tanah pada CBR *Soaked*. Hal ini terjadi karena pada keadaan *Soaked* air dapat diserap oleh tanah, sehingga menjadi lunak di permukaan yang berkontak langsung dengan air. Pada keadaan *Soaked* kadar air lebih besar dari optimum sehingga pengaruh terhadap kekuatan tanah akan lebih kecil.

#### Pengujian Pengembangan (Swelling)

Dari hasil uji pengembangan (*swelling*) di dapat bahwa nilai pengembangan (*swelling*) tanah asli sebesar 3,982%. Sedangkan tanah yang distabilisasi dengan 6% abu sekam + 4% semen pada *curing* 0 hari = 1,080%, *curing* 7 hari = 0,814%, *curing* 14 hari = 0,544%, dan *curing* 28 hari = 0,699%.



**Gambar 9** Diagram perbandingan waktu *curing* terhadap pengembangan (*swelling*)

Dari **gambar 9** dapat diketahui bahwa dengan adanya penambahan bahan stabilisasi campuran abu sekam dan semen dapat menurunkan nilai swelling. Selain itu waktu *curing* juga dapat menurunkan swelling. Nilai swelling terendah pada saat jenuh 0,544% pada waktu curing 14 hari. Hal ini disebabkan penambahan aditif bercampur dengan air membentuk pasta yang mengikat partikel lempung dan menutupi pori-pori tanah. Rongga-rongga pori yang dikelilingi bahan sementasi yang lebih sulit ditembus air akan membuat campuran tanah dan aditif lebih tahan terhadap penyerapan air. Namun pada kondisi 28 hari terjadi kenaikan swelling sebesar 0,699%. Berdasarkan **gambar 9** hal ini tidak sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi kadar air nilai pengembangan semakin rendah, kemungkinan disebabkan keadaan air pada tanah berkuarang dari keadaan optimum pada saat proses *curing* sehingga pada saat direndam, tanah tersebut menyerap air lebih banyak. Hal ini pernah dinyatakan oleh Lambe (1958), bahwa percobaan di laboratorium menunjukkan bahwa pemuaiannya ternyata lebih besar dan penyusutan lebih kecil untuk lempung yang dipadatkan pada bagian yang lebih kering dari optimum. Untuk tanah yang lebih basah dari optimum, kadar air referensi sudah cukup tinggi sehingga hanya sedikit tambahan air yang diperlukan supaya kejenuhan menjadi 100%.

### Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Lama waktu *curing* berpengaruh dalam meningkatkan nilai CBR tak terendam (*Unsoaked*) sebesar 805,9% maupun CBR terendam (*Soaked*) sebesar 624,3% dan menurunkan nilai pengembangan (*Swelling*) 569,7% pada tanah lempung ekspansif yang di campur dengan 6% abu sekam dan 4% semen.
2. Waktu optimum *curing* untuk tanah asli + 6% abu sekam + 4% semen adalah 28

hari, hal ini dikarenakan nilai CBR tak terendam (*Unsoaked*) meningkat sangat signifikan saat curing 28 hari, sedangkan nilai CBR terendam (*soaked*) saat curing 28 hari meningkat tidak signifikan seperti CBR tak terendam (*Unsoaked*). Sedangkan pengembangan lebih tinggi tetapi tidak terlalu signifikan.

Adapun saran yang dapat disampaikan antara lain:

1. Perlu dilakukan variasi waktu tambahan dalam pengujian CBR untuk mendapatkan waktu yang diperlukan untuk tanah benar-benar dalam keadaan optimum.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan bahan limbah yang lebih bervariasi untuk mengurangi masalah lingkungan.
3. Perlakuan pada masa *curing* juga berpengaruh pada pengembangan. Selama masa *curing* tanah harus di jaga kadar air optimumnya dengan membasahi karung goni agar tidak keing.
4. Diperlukan pemeriksaan alat terlebih dahulu sebelum digunakan untuk mengurangi resiko kesalahan terhadap hasil data yang akan diambil.

### Daftar Pustaka

- Adha, Idharmahadi. 2011. *Jurnal Rekayasa Vol. 15 No. 1 (Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen)*. Lampung: Univertas Lampung. Jurnal terpublikasi
- Adriani, dkk. 2012. *Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah*. Jurnal terpublikasi
- Bowles, Joseph E. 1986. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., Noor Endah, dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: ERLANGGA.

- Hardiyatmo, Hary Chritady. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hernia F, Silvia. 2005. Kolokium & Open House (*Kajian pemanfaatan Abu Sekam Padi Untuk Stabilisasi Dalam Sistem Pondasi di Tanah Ekspansif*). Bandung: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Permukiman Badan Penelitian Dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Jurnal terpublikasi
- Nelson, John D., Miller, Debora J. 1992. *Expansive Soil : Problem and Practice in Foundation and Pavement*. Colorado: John Wiley & Sons, Inc.
- Takaendengan, Pretty Prescillia dkk. 2013. *Pengaruh Stabilisasi Semen Terhadap Swelling Lempung Ekspansif*. Manado: Universitas Sam Ratulangi. Jurnal terpublikasi
- Sutarman, E. 2013. *Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah*. Yogyakarta: ANDI.
- Wesley, L. D. 1973. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Yuniarti, Ratna, I Gusti Ayu Suarini, Ismawati. 2008. *Perbandingan Nilai Daya Dukung Tanah Dasar Badan Jalan Yang Distabilisasi Semen Dan Abu Sekam Padi*. Mataram: Universitas Mataram. Jurnal terpublikasi