

# PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR DENGAN LAMANYA WAKTU PERAWATAN (CURING) TERHADAP KEKUATAN DAN PENGEMBANGAN (SWELLING) TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Ario Widio Laras, Eko Andi Suryo, Yulvi Zaika

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: ariowidio@gmail.com

## ABSTRAK

Kurang lebih dari 20% wilayah di Pulau Jawa dan 25% tanah di Indonesia adalah tanah lempung ekspansif dimana tanah ini mengandung mineral monmorilonite yang sangat tinggi. Dimana tanah ini sangat sensitive terhadap kadar air, memiliki kembang susut yang sangat tinggi dimana sangat mengganggu dalam pekerjaan konstruksi. Maka dari itu diperlukan salah satu andil dalam menyelesaikan permasalahan ini dengan cara stabilisasi tanah. Stabilisasi yang dipakai adalah stabilisasi kimiawi dengan mencampurkan tanah asli dengan slurry air kapur. Dengan tujuan mengetahui berapa kenaikan dari kekuatan tanah campuran tersebut serta penurunan dari nilai swelling. Pada percobaan ini dilakukan dengan perlakuan mendiamkan sampel (curing) yang telah dibuat selama 4 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Didapatkan hasil pada hari ke 28 nilai CBR mengalami peningkatan sebesar 71,016% untuk unsoaked sedangkan 225,042% untuk soaked dan untuk nilai swelling mengalami penurunan sebesar 63%

**Kata kunci:** Lempung Ekspansi, Kapur, CBR, Swelling, Curing, Unsoaked, Soaked

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Tanah sendiri terdiri dari butiran (agregat) dimana tidak terjadi sementasi antar mineral – mineral padat (terikat secara kimia) dan dari bahan organik yang telah lapuk disertai dengan zat gas dan cair yang mengisi pori-pori diantara partikel-partikel padat tersebut.

Kondisi dari tanah di Desa Jelu Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro ini memiliki kandungan monmorilonite tinggi sehingga sangat sensitif terhadap air dimana ketika musim hujan tanah akan mengembang dan saat musim kemarau tanahnya akan menyusut.

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 kapur (lime).

Penelitian yang telah dilakukan Warsiti, (2009) dengan memanfaatkan kapur dengan prosentase 5%, 8%, 10%, 12% sebagai pengganti semen pada metode stabilisasi tanah di Cipularang. Lama waktu perawatan selama 3 hari. Dari hasil penelitian Warsiti menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai CBR *unsoaked* pada penambahan kapur 10%. Kenaikan nilai CBR dari 11,8% menjadi 22,1%

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Gogot Setya Budi (2002) yang menggunakan sampel dari tanah di Kecamatan Ngasem Bojonegoro dimana dilakukan pengujian CBR ( California Bearing Ratio) dan Swelling dengan lama waktu perawatan ( curing ) selama 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Menggunakan campuran tanah lempung ekspansif dengan abu sekam dan kapur. Didapatkan peningkatan kekuatan tanah sampai 300% dari kondisi awal.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

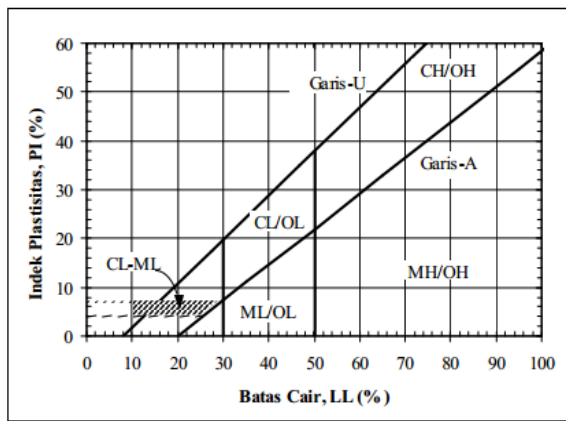
## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Lempung Ekspansif

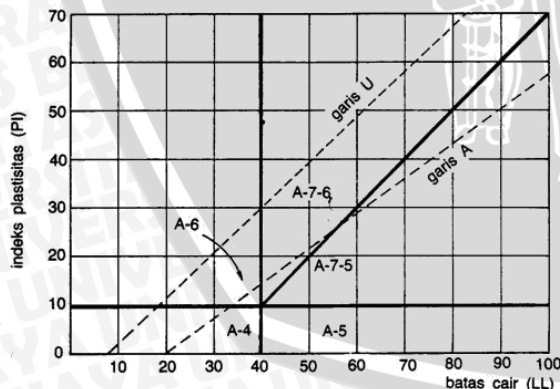
Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki potensi mengembang dan menyusut yang besara pada saat bereaksi dengan air. Tanah ekspansif adalah tanah atau batuan yang kandungan lempungnya memiliki potensi kembang susut akibat perubahan kadar air. (Departemen Pekerjaan Umum, 2005)

### Klasifikasi Tanah

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



**Gambar 1** Plastisitas untuk Klasifikasi Tanah USCS



**Gambar 2** 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), merumuskan sebuah parameter yang disebut aktivitas tanah sebagai berikut:

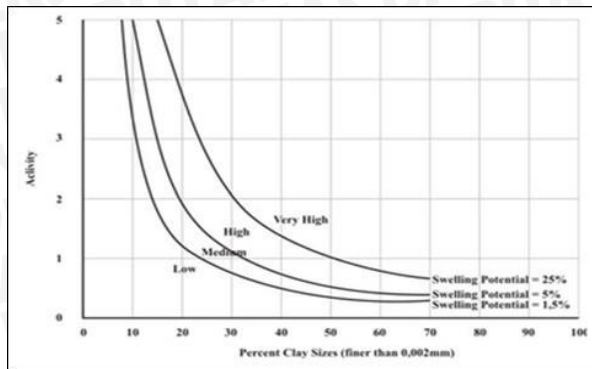
$$Activity (A) = \frac{PI}{C} \quad (1)$$

Dimana :

A = Aktivitas

PI = Indeks Plastisitas

C = Prosentase lempung <0,002mm



**Gambar 3** 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:

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

$$\text{CBR } 0.2'' = \frac{\text{Pembacaan dial } 0,2''}{1500 \times 3} \times 100\% \quad (3)$$

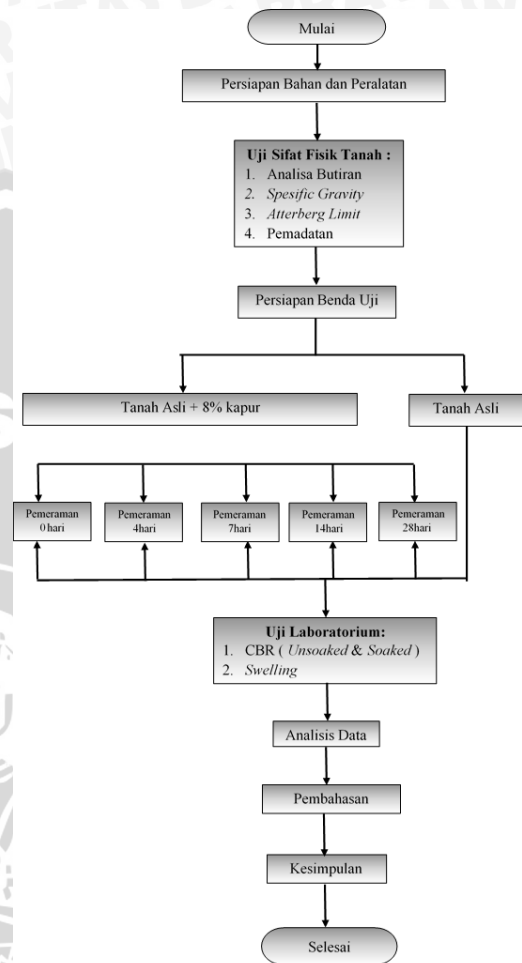
### Swelling

Cara untuk menggambarkan sifat tanah ekspansif adalah potensi pengembangan (*swelling potensial*) 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 4 perlakuan, yaitu variasi waktu perawatan (*curing*) yang masing - masing dilakukan pada tanah asli dan tanah yang sudah dicampurkan dengan kapur dengan (prosentase kapur 8% ). Variasi waktu perawatan yang dilakukan adalah 4 hari, 7 hari 14 hari, dan 28 hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Specific Gravity

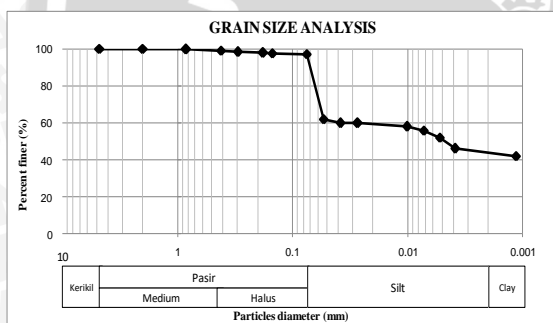
Nilai specific gravity 8% Kapur adalah 2,554, sedangkan untuk tanah asli 2,557. Berdasarkan pengujian ini penambahan dari campuran 8% kapur pada tanah dapat mengakibatkan penurunan terhadap nilai *specific gravity* pada tanah tersebut. Hal tersebut dapat terjadi karena bercampurnya 2 bahan dengan nilai *specific*

*gravity* yang berbeda, pada campuran kapur mempunyai nilai *specific gravity* yang lebih rendah dari tanah asli sehingga apabila kedua bahan tersebut dicampurkan maka akan memiliki nilai *specific gravity* yang lebih rendah 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 butiran 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.** Hasil Analisa Saringan dan Hidrometer

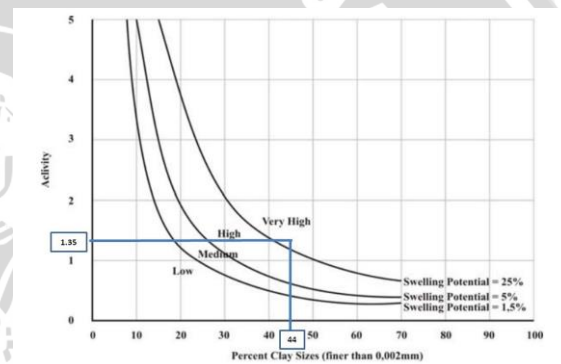
Dari hasil analisis butiran, tanah dari Desa Jelu Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro ini memiliki prosentase distribusi lolos saringan no. 200 sebesar 97.03% % dan menurut sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) termasuk jenis tanah berbutir halus.

#### Pengujian Atterberg Limit

Hasil pemeriksaan batas-batas *Atterberg* untuk tanah asli, didapatkan nilai batas cair (*liquid limit*) 81.5%, batas plastis (*plastic limit*) 35.59%, batas susut (*Shrinkage limit*) 6.77%, sehingga didapatkan Indeks Plastisitas sebesar 45.91%.

### Sifat Ekspansifitas

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui potensi pengembangan dan derajat mengembang tanah digunakan metode tidak langsung (*single index method*) yaitu dengan menggunakan nilai-nilai dari batas *Atterberg*. Berdasarkan rumus 1 nilai aktivitas dapat dihitung sehingga didapatkan nilai aktivitas sebesar 0.8 dan persentase tanah ukuran 0,002 adalah 44%. Dari nilai aktivitas dan persentase lolos saringan no. 200 diplotkan pada gambar 2.5 maka dapat diketahui bahwa tanah di Desa Jelu Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro termasuk klasifikasi tanah dengan potensi pengembangan yang sangat tinggi seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Klasifikasi Potensi Mengembang (*Seed, 1962*)

Melihat hasil dari *atterberg* limit tanah asli maupun dari tanah yang telah distabilisasi dengan *kapur*, dapat diklasifikasikan sifat ekspansifitasnya menurut **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3**. Hasil dari pengklasifikasian disajikan pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Klasifikasi Tanah Lempung Ekspansif.

Jenis Sampel	PI (%)	C (%)	Potensi	Nilai Aktivitas Tanah
			Mengembang	$A = PI/(C - 10)$
Tanah Asli	45.91	44	Sangat Tinggi	1.35029, Aktif
Tanah + 6% Kapur	13.34	44	Rendah	0.39239, Tidak Aktif
Tanah + 8% Kapur	9.24	44	Rendah	0.27181, Tidak Aktif
Tanah + 9% Kapur	8.26	44	Rendah	0.24306, Tidak Aktif
Tanah + 10% Kapur	6.33	44	Rendah	0.18605, Tidak Aktif

Penambahan 8% Kapur berpengaruh terhadap indeks plastistas dan jika dimasukkan kerumus 1 tadi mengakibatkan nilai aktifitas tanah campuran lempung ekspansif dengan 8% kapur menjadi tidak aktif.

**Pemeriksaan Pemadatan Standar**

Hasil pengujian pemadatan standar pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan bahan campuran berupa kapur dengan variasi prosentase kapur ditunjukkan pada **Tabel 5.**

Jenis Sampel	OMC (%)	$\gamma_d$ maks (gr/cm <sup>3</sup> )
Tanah asli	21.94	0.8186
Tanah + 6% kapur	19.45	1.1155
Tanah + 8% kapur	19.79	1.1247
Tanah + 9% kapur	20.70	1.1069
Tanah + 10% kapur	22.03	1.1024

pada campuran tanah asli dengan 9% kapur nilai  $\gamma_d$  maks lebih kecil daripada saat kadar kapur 8%. Hal ini dikarenakan, terlalu banyaknya kadar kapur sebagai bahan adiktif atau dengan kata lain, berlebihnya kandungan kalsium sebagai pengikat sedangkan kandungan alumina dan silikat menjadi lebih sedikit sehingga

ikatan yang terbentuk antar butiran tanah dan butiran kapur tidak kuat. Keadaan ini mengakibatkan  $\gamma_d$  maks menjadi lebih kecil.

**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 6.**

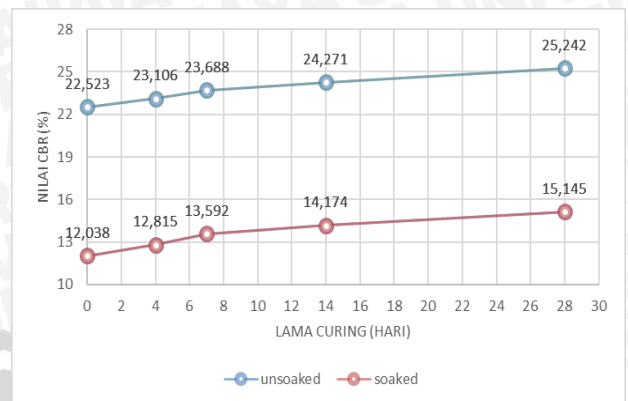
**Tabel 6** Pengujian CBR *Unsoaked* dan *Soaked* pada Tanah Campuran dengan Variasi Prosentase Kapur.

Jenis Sampel	Nilai CBR (%)	
	Soaked	Unsoaked
Tanah asli	4.66	14.76
Tanah + 6% kapur	11.26	21.75
Tanah + 8% kapur	12.04	22.52
Tanah + 9% kapur	10.87	20.19
Tanah + 10% kapur	9.71	18.83

Dari tabel 6 menunjukkan bahwa campuran tanah asli dengan 8% kapur terjadi peningkatan kekuatan tanah sebesar 12.04% untuk *soaked* dan 22.52% untuk *unsoaked*.

**Tabel 7** Pengujian CBR *Unsoaked* pada Tanah Campuran 8% Kapur dengan Variasi *Curing*.

Komposisi Tanah	Kadar Air (%)	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR ( <i>Unsoaked</i> ) (%)
Tanah Asli	21.8	0.8186	14.76
Tanah Asli + 8% Kapur (0 hari)	20.06	1.245	22.523
Tanah Asli + 8% Kapur (4 hari)	19.21	1.267	23.106
Tanah Asli + 8% Kapur (7 hari)	18.72	1.282	23.688
Tanah Asli + 8% Kapur (14 hari)	18.25	1.313	24.271
Tanah Asli + 8% Kapur (28 hari)	17.39	1.326	25.242



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

Dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan nilai CBR seiring dengan lama waktu perawatan (*curing*). Terjadi selisih yang besar antara CBR *unsoaked* dengan CBR *soaked* dikarenakan perlakuan sampel terhadap CBR *soaked* yang direndam air yang mengakibatkan permukaan dari tanah cenderung lembek. Kenaikan dari grafiknya juga cenderung sama.

**Tabel 8** Pengujian CBR *Soaked* pada Tanah Campuran 8% Kapur dengan Variasi *Curing*.

Komposisi Tanah	Kadar Air (%)	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR ( <i>Soaked</i> ) (%)
Tanah Asli	21.8	0.8186	4.66
Tanah Asli + 8% Kapur (0 hari)	20.06	1.245	12.038
Tanah Asli + 8% Kapur (4 hari)	19.21	1.267	18.446
Tanah Asli + 8% Kapur (7 hari)	18.72	1.282	19.028
Tanah Asli + 8% Kapur (14 hari)	18.25	1.313	19.417
Tanah Asli + 8% Kapur (28 hari)	17.39	1.326	20.582

### Pengujian *Swelling*

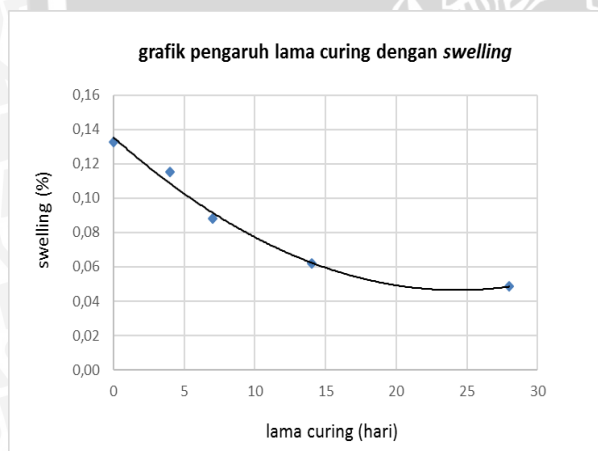
Perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula dinyatakan dalam persen (%) merupakan pengertian dari *swelling*. Dalam penelitian ini, pengujian *swelling* dilakukan selama 3120 menit dengan dilakukan variasi waktu curing 0 hari, 4 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari pada tanah asli dengan campuran 8% kapur. Hasil dari pengujian *swelling* ditunjukkan dalam **Tabel 9** berikut.

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

**Tabel 9** Pengujian *Swelling* pada tanah campuran 8% kapur dengan variasi *curing*

Komposisi Tanah	Waktu <i>Curing</i> (hari)	<i>Swelling</i> (%)	Penurunan <i>Swelling</i> (%)
Tanah Asli + 8% Kapur (0 hari)	0	0.133	0
Tanah Asli + 8% Kapur (4 hari)	4	0.115	13.53
Tanah Asli + 8% Kapur (7 hari)	7	0.088	33.83
Tanah Asli + 8% Kapur (14 hari)	14	0.062	53.58
Tanah Asli + 8% Kapur (28 hari)	28	0.049	63.16

Grafik perbandingan Nilai *Swelling* tanah campuran 8% kapur terhadap waktu *curing* ditunjukkan pada **Gambar 8** berikut.



**Gambar 8** Pengaruh lama waktu *curing* terhadap nilai *Swelling*.

Grafik diatas merupakan hubungan antara lama waktu *curing* dengan prosentse *swelling* dimana semakin lama *curing* semakin kecil nilai *swelling*-nya. Hal ini disebabkan karena penambahan pasta (campuran zat aditif dan air) dapat mengikat partikel dan menutupi pori-pori tanah. Kondisi pori-pori tanah yang tertutup pasta menyebabkan kemampuan tanah menyerap air menjadi turun.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari data hasil penelitian serta analisis pembahasan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai CBR mengalami peningkatan dan nilai pengembangan (*swelling*) mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu perawatan (*curing*).
2. Campuran tanah asli dengan 8% kapur dengan lama waktu *curing* tidak memberikan pengaruh yang terlalu signifikan terhadap kenaikan nilai CBR.

## SARAN

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

1. Diperlukan adanya variasi jenis kapur yang digunakan, karena dalam penelitian ini diambil sampel kapur secara acak dari toko bangunan.
2. Diperlukan adanya penambahan variasi *curing* dibawah 28 hari agar didapatkan hasil yang optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, Ninik. 2009. Pengaruh Penambahan Kapur Pada Tanah Lempung Ekspansif dari Dusun Bodrorejo Klate. Yogyakarta: Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM
- 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, Joseph E. 1986. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga
- Bowles. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Bruce, Marry Ellen C. 2013. "Deep Mixing for Embankment and Foundation Support" dalam *Federal Highway Administration Design Manual*. Washington, DC: Federal Highway Administration.
- Bruce, Donald A. 2000. Introduction to the Deep Soil Mixing Method as Used in Geotechnical Application. *Report Document No. FHWA-RD-99-138*. Virginia: U.S. Departement of commerce
- Chen, F.H. 1975. *Foundation Expansive Soil*. Amsterdam : Esevier Scientific
- 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.
- Hardiyatmo, Hary Christady 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- SK SNI S-01-1994-03. 1996. Spesifikasi Kapur Untuk Stabilisasi Tanah. Departemen PU
- Sutikno, Budi Damianto. 2009. Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Penambahan Kapur (Lime) : Aplikasi pada Pekerjaan Timbunan, *Jurnal Volume 2 Nomor 11*. Depok: Politeknik Negri.
- Warsiti. 2009. Meningkatkan CBR dan Memperkecil Swelling tanah Sub Grade dengan Metode Stabilisasi Tanah dan Kapur. *Jurnal Volume 14 Nomor 1*. Semarang: Politeknik Negri.