

PENGARUH WAKTU PEMERAMAN STABILISASI TANAH MENGUNAKAN KAPUR TERHADAP NILAI CBR

Fitridawati Soehardi

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning
Jalan Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru
E-mail : fitridawati@unilak.ac.id

Lusi Dwi Putri

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning
Jalan Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru
E-mail : lusedwiputri@unilak.ac.id

Abstrak

Tanah merupakan elemen penting dari struktur bawah sebuah konstruksi, sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik. Namun kenyataan di lapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, sehingga perlu untuk melakukan stabilisasi tanah dengan kapur. Penelitian bertujuan untuk menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur dan pengaruh penambahan kapur terhadap perubahan sifat fisis tanah dari segi nilai CBR (*California Bearing Ratio*) terhadap lama waktu pemeraman. Penelitian ini dilakukan di laboratorium, dengan melakukan pengujian sifat-sifat fisis tanah dan kuat dukung tanah (CBR) dengan variasi penambahan kapur 0%, 5%, 10% dan 15% dengan lama pemeraman 0, 4, 7 dan 14 hari. Pengujian sampel dilakukan dengan dua perlakuan yaitu sampel tanah diperam dulu baru dipadatkan dan sampel di padatkan dulu baru diperam. Dari hasil penelitian didapat nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 15 % dengan lama waktu pemeraman 14 hari dengan benda uji tanah dipadatkan terlebih dahulu baru dilakukan pemeraman yaitu sebesar 82,1%, hal ini disebabkan campuran tanah dengan kapur tersebut telah memadat sebelum sempat terjadi penggumpalan, rongga antar partikel tanah juga menjadi padat, sehingga kekuatan pun meningkat.

Kata Kunci : CBR, Stabilisasi Kapur, Waktu Pemeraman

Abstract

The soil is an essential element of a structure under construction so that the soil should have a good carrying capacity. But the fact the field is found soil that has the low bearing capacity, so it is necessary to conduct soil stabilisation with lime. The study aims to determine the percentage that is effective in adding lime and the effect of adding lime to the soil physical properties change in terms of the value of CBR (California Bearing Ratio) to the long curing time. This research was conducted in the laboratory, by testing the physical properties of soil and the strong support of land (CBR) with the addition of lime variation of 0%, 5%, 10% and 15% by long curing 0, 4, 7 and 14 days. Tests were conducted with two treatments, soil samples were cured first and then compacted and samples were pressed first and brooded. The result is the value of CBR

greatest on the variation of the addition of lime to 15% by long curing time 14 days with the test specimen compacted soil first and do the ripening in the amount of 82,1%, this is due to a mixture of soil with lime has been solidified before it had occurred clotting, cavities between the soil particles become too dense, so the strength increases.

Keywords : *CBR, Stabilisation Lime, Curing Time*

A. PENDAHULUAN

Tanah merupakan elemen penting dari struktur bawah sebuah konstruksi, baik untuk konstruksi bawah bangunan dan jembatan maupun konstruksi perkerasan jalan. Sehingga tanah harus mempunyai daya dukung yang baik untuk menahan beban yang akan dipikulnya. Namun kenyataan dilapangan banyak ditemukan tanah yang memiliki daya dukung yang rendah, hal ini dapat dipengaruhi oleh sifat tanah yang tidak memadai, misalnya kompresibilitas, permeabilitas, maupun plastisitasnya

Kekuatan tanah dasar merupakan hal yang sangat penting sehingga perlu untuk melakukan stabilisasi tanah dengan kapur. Hal ini dikarenakan stabilisasi tanah kapur lebih cocok dengan waktu ikatan yang lebih lama, sehingga dapat menguntungkan bila terjadi penundaan pekerjaan yang agak lama setelah pencampuran dan tidak ada resiko berkurangnya kekuatan campuran oleh akibat pemadatan.

Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung telah banyak dilakukan, antara lain penelitian Rosyidi dan Sucriana (2000) pada tanah lempung ekspansif dengan penambahan kapur dan abu sekam padi dan penelitian Agung Prihanto (2001) pada tanah lempung dengan penambahan kerak ketel. Dari penelitian di atas dijelaskan bahwa dengan penambahan zat aditif (kapur, abu sekam padi, kerak ketel) akan mampu memperbaiki sifat-sifat mekanik tanah dan meningkatkan daya dukung tanah lempung ekspansif.

Penelitian diharapkan dapat menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur dan pengaruh penambahan kapur terhadap perubahan sifat fisis tanah dari segi nilai CBR (*California Bearing Ratio*) terhadap lama waktu pemeraman, sehingga diharapkan dengan melakukan stabilisasi tanah-kapur tanah tersebut dapat digunakan sebagai tanah timbun atau tanah dasar yang baik dan nilai ekonomis yang tinggi.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Tanah Lempung

Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air”. Partikel-partikel tanah berukuran yang lebih kecil dari 2 mikron ($=2\mu$), atau <5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($<1\mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

Tanah lempung merupakan tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi, lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 2006).

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo HC, 1999) adalah sebagai berikut:

- a. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
- b. Permeabilitas rendah
- c. Kenaikan air kapiler tinggi
- d. Bersifat sangat kohesif
- e. Kadar kembang susut yang tinggi
- f. Proses konsolidasi lambat

Tanah yang akan dipergunakan dalam pekerjaan teknik sipil memiliki beberapa kriteria, diantaranya haruslah mempunyai indeks plastisitas $<17\%$, karena tanah yang mempunyai indeks plastisitas $>17\%$ dapat mempengaruhi masalah teknis, sifat tanah ini mudah menyerap air dan menyebabkan kembang susut yang besar. Tanah dengan $IP > 17\%$ dikategorikan sebagai tanah lempung (Hardiyatmo HC, 1999). Tanah Lempung merupakan jenis tanah berbutir halus yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat yang cukup rumit. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesi pada tanah berbutir halus jenis lempung. Tanah Lempung yang mempunyai fluktuasi kembang susut yang tinggi disebut lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti jalan bergelombang, retaknya dinding, dan terangkatnya pondasi.

2. Kapur

Kapur dihasilkan dari pembakaran Kalsium Karbonat (CaCO_3) atau batu kapur alam (*natural limestone*) dengan pemanasan 980°C karbon dioksidanya dilepaskan sehingga tinggal kapurnya saja (CaO). Kalsium oksida yang diperoleh dari proses pembakaran

tersebut dikenal dengan *quick lime*. Kapur dari hasil pembakaran ini bila ditambah air akan mengembang dan retak-retak. Banyaknya panas yang keluar selama proses ini akan menghasilkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Proses ini disebut *slaking* adapun hasilnya disebut *slaked lime* atau *hydrated*.

Kapur tohor atau *quick lime* (CaO) yaitu hasil langsung dari pembakaran batuan kapur yang berbentuk oksida-oksida dari kalsium atau magnesium. Jenis kapur yang paling baik digunakan dalam stabilisasi tanah adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) dan kalsium oksida (CaO) (Rohman, 2015).

Kalsium hidroksida (*slaked lime*) paling banyak digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah dan disarankan berupa bubuk. Ini sangat penting untuk mengurangi masalah yang timbul yaitu menghindari iritasi kulit bagi pekerja konstruksi (Ariyani dan Yuni, 2010).

3. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, sehingga didapatkan sifat-sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis untuk lokasi konstruksi bangunan. Tujuan lain dari stabilisasi tanah ini yaitu untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut, kemudian mengambil tindakan yang tepat terhadap masalah-masalah yang dihadapi.

Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah.

Sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen, kapur atau pozzolan (Harnein, 2007).

4. Pematatan Tanah

Pematatan tanah merupakan proses densifikasi tanah dengan mengurangi rongga udara menggunakan peralatan mekanis. Derajat pematatan tanah diketahui dalam parameter pengukuran unit berat kering.

Proctor (1993) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya.

Berat volume kering setelah pematatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh alat penumbuknya karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut Protor.

5. *California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium*

Pengujian CBR adalah pengujian untuk memperoleh perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk mencapai hasil penetrasi tertentu di dalam sampel tanah pada kondisi kadar air dan berat volume tertentu terhadap beban standar yang dibutuhkan untuk mencapai penetrasi standar (Bowles, 1989).

Dalam pengujian diketahui ada berbagai macam jenis CBR, namun untuk CBR laboratorium dibedakan atas

2 (dua) macam yaitu, CBR Laboratorium rendaman (*Soaked Laboratory CBR*) dan CBR tanpa rendaman (*Unsoaked Laboratory CBR*).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sifat-sifat fisis tanah lempung ini, baik yang telah distabilisasi ataupun yang belum distabilisasi dengan menggunakan kapur dan menentukan persentase yang efektif dalam penambahan kapur dan pengaruh waktu perendaman terhadap peningkatan nilai CBR pada tanah lempung.

C. DATA DAN ANALISA DATA

1. Data

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur dengan mempelajari penelitian - penelitian sejenis yang pernah dilakukan, teori-teori yang berkaitan dengan stabilisasi tanah, metode-metode perbaikan tanah, prosedur pengujian, teknik analisis data yang dapat menunjang penelitian kemudian observasi lapangan dengan melakukan kunjungan langsung ke lapangan dilakukan untuk melihat kondisi tanah dan melakukan pengambilan sampel tanah yang akan dilakukan pengujian terhadap sifat fisik tanah dan nilai *California Bearing Ratio (CBR)* laboratoriumnya.

Data primer merupakan data utama yang diperoleh berdasarkan penelitian atau pengujian di laboratorium untuk mendapatkan data karakteristik sifat fisik tanah asli yang diambil dari lokasi jalan Teluk Lembu Ujung - Kawasan Industri Tenayan (Lingkar Luar) dan Kapur padam atau *hydrated lime* (Ca(OH)_2) dari daerah padang panjang.

2. Analisis Data

Data-data sampel tanah yang didapat sesuai dengan kondisi *real* di lapangan diteliti di laboratorium, dengan melakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, batas konsistensi tanah (*Atterber Limit*), nilai kadar air optimum, dan kuat dukung tanah (CBR). Kemudian dilanjutkan dengan pengujian sampel dengan penambahan kapur 0%, 5%, 10% dan 15% dengan lama pemeraman 0, 4, 7 dan 14 hari. Pengujian sampel dilakukan dengan 2 (dua) perlakuan yaitu sampel tanah diperam dulu baru dipadatkan dan sampel di padatkan dulu baru diperam. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui pengaruh variasi penambahan kapur terhadap lama pemeraman.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sifat-sifat Tanah Asli

Sampel tanah yang diperoleh dari lokasi dilakukan pengujian di laboratorium. Kemudian diperoleh hasil pengujian terhadap gradasi butiran mengandung 0,06% pasir, 65,55% pasir halus, 34,43% lempung. Sedangkan dari hasil pengujian konsistensi tanah didapat nilai batas cair (LL), batas plastis (PL) dan indeks plastisitas (PI). Kemudian hasil dari pengujian ini disesuaikan dengan tabel klasifikasi tanah AASTHO sesuai dengan tabel 1.

Dari tabel 1, untuk tanah asli pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut termasuk dalam klasifikasi tanah A-7-6 yaitu tanah berlempung.

Tabel 1. Kriteria Tanah untuk AASTHO

No	Kriteria	Keterangan
1	Persentase lolos saringan No. 200 > 35 %	Tanah Berbutir Halus
2	Analisa Saringan:	
	a. Lolos Saringan No.4	100
	b. Lolos Saringan No.10	100
	c. Lolos Saringan No.200	34,49
3	Nilai Atterberg Limit:	
	a. Batas Cair (LL)	66,80
	b. Batas Plastis (PL) di	32,84
	c. Indeks Plastis (PI)	33,96
4	$PI < (LL-30)$	$33,96 < 36,80$
5	$PI > (LL-30)$	
6	Klasifikasi Tanah	A-7-6

2. Pengaruh Kadar Air Optimum dan Berat Isi Kering Terhadap Penambahan Kapur

Hasil penelitian uji proctor standar tentang hubungan penambahan persentase kapur terhadap perilaku

kadar air optimum dan berai isi kering dapat dilihat pada tabel 2.

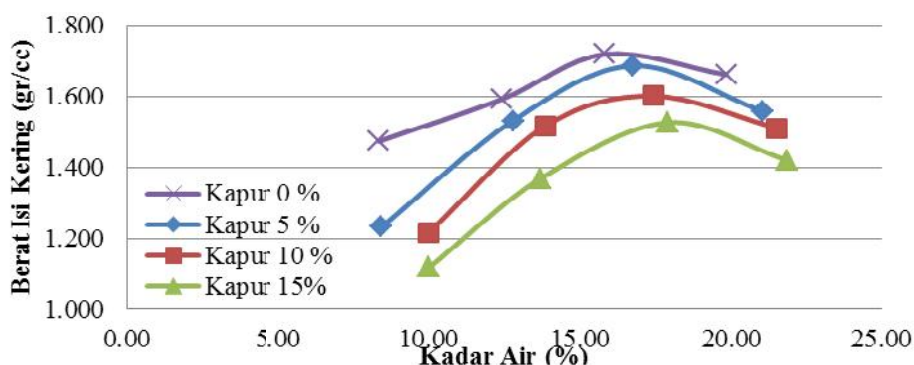
Grafik hubungan penambahan persentase kapur, terhadap perilaku kadar air optimum dan berat isi kering dapat dilihat pada gambar 1.

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa berat isi kering cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan kapur pada tanah asli. Hal ini disebabkan karena dengan menambahkan kapur pada tanah asli menyebabkan struktur tanah menjadi

terflokulasi (acak) sehingga terbentuk banyak rongga, akan mengakibatkan angka pori meningkat. Peningkatan nilai angka pori pada tanah akan mengakibatkan terjadinya penurunan kepadatan tanah yang ditandai dengan turunnya berat isi kering.

Tabel 2. Hasil Pengujian Nilai Kadar air Optimum dan Berat Isi Kering Terhadap Variasi Penambahan Kapur

Variasi Persentase Kapur	Kadar Air Optimum (%)				Berat Isi Kering (gr/cc)			
Kapur 0 %	8,36	12,41	15,83	19,85	1,474	1,592	1,719	1,661
Kapur 5 %	8,46	12,79	16,77	21,06	1,233	1,531	1,687	1,557
Kapur 10 %	9,99	13,87	17,42	21,52	1,215	1,519	1,601	1,511
Kapur 15 %	10,02	13,72	17,92	21,86	1,118	1,369	1,526	1,419



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Nilai Kadar air Optimum dan Berat Isi Kering terhadap Variasi Penambahan Kapur

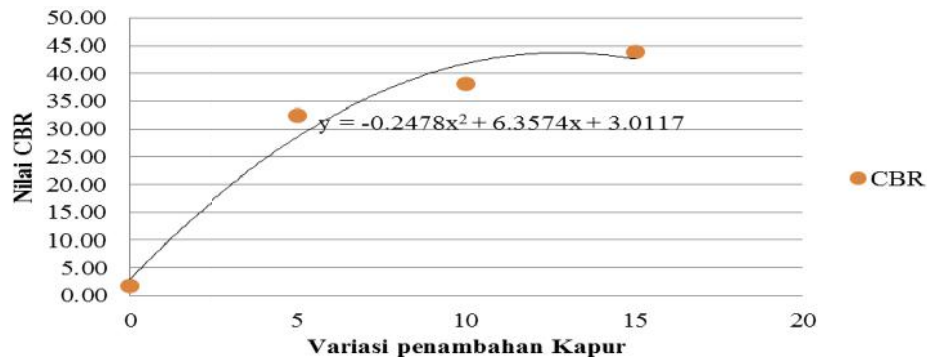
3. Hasil Pengujian California Bearing Ratio (CBR) Terhadap Variasi Penambahan Kapur

Hasil pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) yang dilakukan pada tanah asli dan tanah yang sudah dicampur kapur dengan persentase 5%, 10% dan 15% tanpa dilakukan pemeraman) dapat terlihat pada gambar 2.

Dari gambar 2 terlihat bahwa nilai CBR rata-rata pada tanah lunak cenderung mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kapur. Hal ini disebabkan kapur bereaksi dengan mineral lempung dalam tanah, atau dengan butiran halus yang lain

(komponen pozzolanik seperti silica *hydrous*), untuk membentuk ikatan antar air dan gel yang tidak dapat larut dari kalsium silikat, yang mengikat partikel-partikel tanah.

Fungsi perantara ikatan mempunyai kesamaan dengan kapur portland (semen). Namun pada kapur portland mempunyai perbedaan yaitu, gel kalsium silikat terbentuk dari hidrasi dan *anhydours* kalsium silikat, sedang pada kapur, gel terbentuk hanya sesudah adanya reaksi dan terpecahannya silica dari mineral lempung dari tanah. Penambahan komposisi kapur yang semakin besar pada tanah tidak akan berarti menaikkan kekuatan tanah.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

Dari gambar 2 terlihat bahwa nilai CBR rata-rata pada tanah lunak cenderung mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kapur. Hal ini disebabkan kapur bereaksi dengan mineral lempung dalam tanah, atau dengan butiran halus yang lain (komponen pozzolanik seperti silica *hydrous*), untuk membentuk ikatan antar air dan gel yang tidak dapat larut dari kalsium silikat, yang mengikat partikel-partikel tanah.

Fungsi perantara ikatan mempunyai kesamaan dengan kapur portland (semen). Namun pada kapur portland mempunyai perbedaan yaitu, gel kalsium silikat terbentuk dari hidrasi dan *anhydrous* kalsium silikat, sedang pada kapur, gel terbentuk hanya sesudah adanya reaksi dan terpecahannya silica dari mineral lempung dari tanah. Penambahan komposisi kapur yang semakin besar pada tanah tidak akan berarti menaikkan kekuatan tanah.

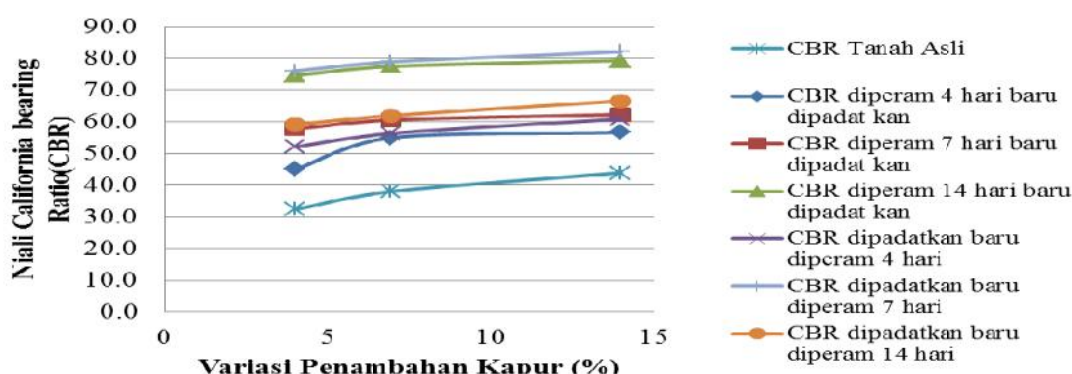
4. Pengaruh Pemeraman Sampel terhadap nilai CBR

Pengujian benda uji dilakukan dengan dua perlakuan yaitu benda uji tanah diperam dulu baru dipadatkan dan benda uji di padatkan dulu baru diperam. Sehingga diperoleh tren pengaruhnya. Hasil pengujian California Bearing Ratio (CBR) yang dilakukan pada tanah asli dengan variasi penambahan kapur 5%, 10% dan 15% pada variasi lama pemeraman sampel 0 hari, 4 hari, 7 hari, dan 14 hari. Namun 4 hari sebelum dilakukan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) dilakukan perendaman sampel agar didapat kondisi jenuh air dapat dilihat pada tabel 3.

Grafik hubungan penambahan persentase kapur, terhadap CBR dengan lama waktu pemeraman dan dua perlakuan yaitu benda uji tanah diperam dulu baru dipadatkan dan benda uji di padatkan dulu baru diperam dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Nilai Kadar air Optimum dan Berat Isi Kering Terhadap Variasi Penambahan Kapur

Sampel CBR	Lama Waktu Pemeraman	Variasi Penambahan Kapur		
		5	10	15
CBR tanah asli	0	32,39	38,02	43,88
CBR diperam 4 hari baru dipadatkan	4	45,06	54,92	56,62
CBR diperam 7 hari baru dipadatkan	7	57,74	60,55	62,28
CBR diperam 14 hari baru dipadatkan	14	74,64	77,45	79,27
CBR dipadatkan baru diperam 4 hari	4	52,10	56,33	60,87
CBR dipadatkan baru diperam 7 hari	7	59,15	61,96	66,53
CBR dipadatkan baru diperam 14 hari	14	76,04	78,86	82,10

**Gambar 3.** Grafik Hubungan CBR terhadap CBR dengan Lama Waktu Pemeraman dan Dua Perlakuan Benda Uji

Dari gambar 3 dapat dilihat nilai CBR benda uji yang dipadatkan terlebih dahulu baru kemudian diperam didalam mold selalu lebih tinggi dari pada nilai CBR benda uji yang diperam terlebih dahulu didalam plastik baru dipadatkan. Nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 15% dengan lama waktu pemeraman 14 hari dan benda uji tanah dipadatkan baru dilakukan pemeraman yaitu sebesar 82,1%. Hal ini diakibatkan terjadinya penggumpalan pada butiran tanah dan saat dilakukan pemadatan butiran tanah menjadi lebih besar dan tanah cenderung non kohesif. Sebaliknya jika benda uji dipadatkan terlebih dahulu baru kemudian dilakukan pemeraman di dalam mold, campuran tanah dengan

kapur tersebut telah memadat sebelum sempat terjadi penggumpalan, rongga antar partikel tanah juga menjadi padat, sehingga kekuatan pun meningkat.

E. KESIMPULAN

Nilai CBR benda uji yang dipadatkan terlebih dahulu baru kemudian diperam di dalam mold selalu lebih tinggi dari pada nilai CBR benda uji yang diperam terlebih dahulu di dalam plastik baru dipadatkan. Nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 15% dengan lama waktu pemeraman 14 hari dan benda uji tanah dipadatkan baru dilakukan pemeraman yaitu sebesar 82,1%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani N., Yuni, A., 2010, *Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Lempung Ekspansif dari Dusun Bodrorejo Kalten*, Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM.
- Bowles J.E., 1984, *Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknik Tanah Edisi Kedua*, Erlangga, Yogyakarta.
- Das B.M., 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Edisi Ketiga*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo H.C., 2014, *Mekanika Tanah I Edisi Keenam*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo H.C., 1992, *Mekanika Tanah II Edisi Kelima*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Harnaeni S.R., 2007, *Tinjauan CBR Lempung yang distabilisasi dengan Kapur Pada Pematatan Sisi Basah*, Jurnal Dinamika TEKNIK SIPIL Volume 7 Nomor 2 Juli 2007 : 163-269.
- Prihanto A., 2001, *Tinjauan Penggunaan Baggase Ash Sebagai Aditif Untuk Memperbaiki Sifat-Sifat Tanah*, Tugas Akhir S1, FTS UKRIM, Yogyakarta.
- Rokman A., Artiani G.P., 2015, *Perbaikan Sifat Fisik Tanah Bekas Timbunan Sampag Dengan Menggunakan Bahan Stabilisasi Kapur*, Jurnal Semnastek, FT UNJ, Jakarta.
- Syahrial., 2010, *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kapur*, Tesis, Program Magister Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Trissiyana., 2015, *Pengaruh Waktu Pemeraman dengan Penambahan Kapur Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR Tanah*, Jurnal Juristek Volume 4 Nomor 1 Juli 2015 : 70-78.
- Ukirman, 2013, *Pengaruh Penambahan Kapur dan Semen terhadap Nilai CBR Tanah lempung Merah*, Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Volume 18 Nomor 1 Juni 2013 : 163-269.
- Widhiarto H., Andriawan A.H., Matulesy A., 2015, *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam dan Kapur*, Jurnal Pengabdian LPPM UNTAG.