

**STUDI STABILISASI TANAH BOJONEGORO DENGAN METODE KOLOM PASIR DAN
KAPUR DI UNIVERSITAS BOJONEGORO**

***STUDY OF BOJONEGORO SOIL STABILIZATION USING SAND AND LIME
COLUMN METHODS AT BOJONEGORO UNIVERSITY***

Bella Lutfiani Al Zakina¹, Toni Budi Santoso¹, Oni Syahrul²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

Abstrak

Tanah merupakan suatu unsur yang tidak dapat dipisahkan dalam pembangunan. Tanah yang memiliki kembang susut tinggi akan mengalami retak-retak pada saat kering dan mengembang pada saat hujan karena menyerap banyak air. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan karena terjadi reaksi yang timbul dari tanah tersebut. Contoh dari kejadian tersebut antara lain jalan bergelombang dan tanah ambles pada tanah lempung. Melihat kondisi tersebut diperlukan metode stabilitas tanah untuk menanggulangi masalah tersebut. Salah satu cara pada penelitian ini menggunakan metode stabilisasi tanah menggunakan kolom pasir dan kapur. Kolom pasir yang dipilih menggunakan variasi persegi dan segienam. Dari penelitian ini didapatkan Batas Cair (LL) 72,4%, indeks plastisitas (PI) 38,4%, Golongan tanah lempung, variasi persegi mendapatkan nilai CBR 28,60%, dan variasi segienam mendapatkan nilai CBR sebesar 32,09%.

Kata kunci: Stabilitas, *California bearing ratio* (CBR), Tanah Lempung

Abstract

Soil is an element that cannot be separated in development. Soil that has high shrinkage will experience cracks when dry and expands when it rains because it absorbs a lot of water. This can cause damage to the building structure due to reactions arising from the soil. Examples of these incidents include bumpy roads and subsidence on clay soil. Seeing these conditions, a soil stability method is needed to overcome this problem. One way in this study using soil stabilization method using a column of sand and lime. The selected sand column uses variations of squares and hexagons. From this research, the Liquid Limit (LL) is 72.4%, the plasticity index (PI) is 34%, clay soil class, the square variation gets a CBR value of 28.60%, and the hexagon variation gets a CBR value of 32.09%.

Keywords: Stability, *California bearing ratio* (CBR), Clay

1. Pendahuluan

Tanah merupakan suatu unsur yang tidak dapat dipisahkan dalam suatu proyek pembangunan dalam dunia Teknik Sipil, karena tanah berguna sebagai unsur pendukung pada bangunan. Tanah yang memiliki kembang susut tinggi akan retak-retak pada saat kering dan pada saat hujan akan mengembang karena banyak menyerap air. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan di atasnya karena reaksi yang timbul dari tanah tersebut sehingga dapat merugikan

masyarakat yang mendirikan bangunan di atas tanah tersebut. Fenomena jalan bergelombang dan tanah ambles adalah beberapa contoh kondisi tanah yang kandungan lempungnya tinggi. Dari hasil pengujian mekanis dan plastisitas tanah diketahui bahwa tanah di Bojonegoro merupakan tanah lempung ekspansif.

Melihat kondisi di atas, diperlukan metode perbaikan stabilitas tanah untuk menanggulangi masalah yang terjadi pada daerah tersebut. Metode yang dilakukan antara lain mencampur tanah dengan material tambahan, metode pemadatan, preloading, dan masih banyak lagi. Metode ini diharapkan mampu memperbaiki sifat tanah agar menjadi lebih stabil. Pada penelitian ini menggunakan metodestabilisasi tanah dengan menggunakan kolom pasir dan kapur.

Nguyen dan Chummar (1987) dalam Sutrisno (2002) telah melakukan penelitian stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan kolom kapur. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kolom kapur dapat menurunkan nilai kembang susut tanah ekspansif secara signifikan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Rao (1996) kolom kapur dapat meningkatkan nilai koefisien permeabilitas tanah sampai dengan 23 kali lipat. Selain itu, kolom kapur juga dapat meningkatkan nilai tegangan tanah pada daerah deposit sampah abu terbang (Chad, 2006). Penelitian yang diusulkan ini merupakan kelanjutan dari peneliti-peneliti terdahulu, dengan titik berat pada pengamatan nilai koefisien konsolidasi (C_v) tanah lempung lunak. Berdasarkan alasan tersebut maka sangatlah perlu untuk melakukan penelitian tentang pengaruh stabilisasi tanah dengan metode kolom pasir dan kapur. Pada penelitian kali ini dilakukan dengan stabilisasi tanah dengan metode variasi diameter dan jarak kolom pasir dan kapur yang berbeda untuk mengetahui variasi yang paling optimal untuk stabilisasi tanah.

Penelitian ini juga akan menggunakan pasir Bengawan Solo sebagai bahan stabilisasinya karena pasir merupakan bahan yang mudah didapatkan dan dengan harga yang relatif murah Menurut Tanah lempung lunak yang dipakai sebagai sampel berasal dari tanah di lingkungan Universitas Bojonegoro (UNIGORO) karena di lokasi tersebut merupakan tanah lempung ekspansif. Hal ini dapat dilihat pada kondisi tanah yang kering dan pecah pecah saat kondisi kering atau kurang kadar air serta bersifat plastis pada kadar air sedang, pada kadar air lebih tinggi tanah ekspansif bersifat lengket dan terasa lunak saat diinjak.

2. Kajian Pustaka

2.1. Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah lempung yang lunak dan mudah tertekan sehingga sering menjadi masalah dalam pelaksanaan konstruksi. Selain itu, tanah ini mempunyai sifat-sifat yang kurang baik, seperti plastisitas yang tinggi, dan permeabilitas rendah sehingga air susah keluar dari tanah. Sifat-sifat tersebut menyebabkan tanah lempung memiliki kembang susut yang besar.

Proses pengembangan (*swelling*) terjadi karena kandungan air yang tinggi, sehingga tanah yang jenuh air ini akan mengembang dan tegangan efektif tanah akan mengecil seiring dengan

peningkatan tegangan air pori. Begitu juga sebaliknya saat terjadi proses susut (*shrinkage*) pada tanah. Tanah yang kehilangan air secara tiba-tiba akan mengalami penyusutan volume pori akibat kehilangan air. Hal ini akan menyebabkan tanah mengalami kembang susut yang besar. Untuk memperbaiki sifat tanah lempung tersebut, tanah lempung umumnya distabilisasi dengan bahan-bahan yang sesuai dengan sifat tanah lempung sehingga menjadi lebih baik dan memenuhi syarat sebagai bahan konstruksi.

Tanah lempung sebagian besar terdiri atas partikel mikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, dan mineral-mineral tanah berbutir halus atau butir-butir koloid dengan ukuran butiran partikel tanah $<0,002$ mm. Namun dalam beberapa kasus partikel berukuran antara 0,002 sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung.

2.2. Kapur

Kapur merupakan salah satu material yang cukup efektif untuk proses stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dengan kapur sangat lazim digunakan dalam proyek-proyek konstruksi jalan dengan berbagai macam jenis tanah, mulai dari tanah lempung biasa sampai tanah ekspansif. Kapur yang biasa digunakan dalam stabilisasi adalah kapur hidup CaO dan Ca(OH)_2 . Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur bubuk (CaO) yang dibeli di toko material. Kapur tersebut berasal dari batu kapur (CaCO_3) yang telah dibakar sampai dengan suhu 1000 C. Kapur hasil pembakaran apabila ditambahkan air akan mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah kalsium hidroksida Ca(OH)_2 . Apabila kapur dengan mineral lempung atau mineral halus lainnya bereaksi, maka akan membentuk suatu gel yang kuat dan keras, yaitu kalsium silikat yang mengikat butir-butir atau partikel tanah (Ingles dan Metcalf, 1972).

2.3. Pasir

Menurut Hardjono (1997) pasir adalah butiran-butiran bersudut, keras tidak mudah melapuk, tidak mudah hancur akibat pengaruh cuaca. Pasir yang baik tidak boleh mengandung lumpur atau lempung lebih dari 5%. Pasir juga tidak boleh mengandung banyak bahan-bahan organik.

Menurut Terzaghi dan Peck (1993) Pasir mempunyai ruang-ruang pori yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya dari segala arah hubungan antar ruang pori tersebut akan membentuk jaringan ruang pori yang rumit. Apabila air masuk ke jaringan ini dari bawah, maka akan mengakibatkan bagian bawah jaringan tersebut menjadi jenuh sempurna. Pada bagian atasnya, air akan mengisi ruang pori yang sempit sebaliknya udara akan mengisi ruang pori yang lebih luas hal ini dinamakan kenaikan kapiler. Dengan adanya gaya-gaya kapiler mengakibatkan air melawan gaya gravitasi selain itu air akan masuk ke dalam ruang pori. Dengan demikian air tanah akan dikeluarkan melalui kolom campuran pasir kapur disamping itu tanah juga akan mengeras

sehingga akan terjadi konsolidasi secara maksimal dan kemampuan tanah dalam menyerap air berkurang.

2.4. California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio (CBR) merupakan perbandingan antara beban penetrasi dengan suatu bahan terhadap bahan standar padakedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pada uji CBR dipakaicetakan yang lebih besar dari uji pemadatan, yaitu dengan rata-rata volume $1/33.33$ f³ (2124,1 cm³). Tanah dipadatkan dengan jumlah lapisan yang sama. Untuk memperoleh nilai CBR yang sesuai maka tanah disiapkan dan dipadatkan sebanyak 3 sampel dimana masing-masing dipadatkan sebanyak 10x, 25x, 56x tumbukan per lapisnya. Tanah yang dipadatkan ialah tanah asli dari pengujian pemadatan dengan kondisi kadar air optimum.

Percobaan penetrasi digunakan untuk memperhitungkan kekuatan tanah dasar ataupun bahan lainnya yang hendak dipakai untuk pembuatan perkerasan. Nilai CBR yang diperoleh kemudian dipakai untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan di atas lapisan yang CBRnya di tentukan. Nilai CBR yang diambil pada pemadatan tanah dengan kondisi kadar air tanah optimum akan di dapat 2 nilai, yaitu:

- a. CBR Unsoaked Acering (tanpa pemadatan)
- b. CBR Soaked/basah (dengan pemadatan 4 x 24)

Bersumber pada turnbull (1968) ataupun the asphalt insitute (1970, dalam tallama, 2008) diketahui kriteria umum batasan nilai CBR untuk material tanah dasar (subgrade) yaitu seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria umum CBR untuk material tanah dasar (subgrade)

Nilai CBR	Kriterian Material Tanah Dasar	
	<i>Trunbull</i>	<i>The Asphalt Institute</i>
%		
20-30	<i>Very Good</i>	<i>Excelent</i>
10-20	<i>Good to Fair</i>	<i>Good</i>
5-10	<i>Questionable to Fair</i>	<i>Madium</i>
<5	<i>Poor</i>	<i>Poor</i>

Sumber : Stabilisasi tanah untuk pekerjaan jalan, Hary C. H, (2013)

3. Metode Penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Data yang dijadikan bahan untuk penyusunan Laporan Tugas Akhir ini diklasifikasikan menjadi 2 jenis menurut jenis datanya, yaitu data primer dan data sekunder.

- a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil eksperimen tanah ekspansif di lingkungan Universitas bojonegoro

b. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari literatur-literatur penunjang dan juga dari standart sesuai dengan SNI yang berlaku.

3.2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di Laboratorium. Dengan menggunakan teori literatur terdahulu. Data awal diperoleh dari pengujian *soil properties* untuk mengklasifikasikan tanah, pengujian terdiri dari berat jenis tanah, kadar air, atterberg limit (batas cair, batas plastis dan batas susut) pengujian *compaction* awal dilakukan untuk mengetahui *Wopt* sebagai dasar pengujian berikutnya yang terdiri dari : *compaction* (proctor) dan CBR terhadap tanah yang distabilisasi dengan kolom pasir dan kapur.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah hal berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh data untuk kemudian ditarik kesimpulan. Penelitian yang dilakukan terdapat beberapa variable yang saling berkaitan satudengan lainnya. Variabel-variabel tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variable yang menyebabkan terjadi atau timbulnya variable terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah satabilisasi tanah dengan kolom pasir dan kapur variasi persegi, dan kolom pasir dan kapur variasi segi enam

b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang merupakan akibat dari adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Hasil Uji Tanah Asli

4.1.1. Kadar Air dan Berat Jenis

1. Kadar air pada penelitian ini digunakan aturan SNI 1965:2008,tanah yang digunakan untuk pengujian kadar air ini merupakan tanah kondisi terganggu (*disturb*) dan hasil pengujian kadar air untuk tanah penelitian ini adalah 34,02% diambil dari 3 sampel pengujian yang diambil rata-rata.
2. Berat jenis pada penelitian ini digunakan aturan SNI 1964:2008,pengujian berat jenis menggunakan sampel tanah yang lolos saringan 40 ASTM dengan kondisi kering oven

sebanyak 2 sampel pengujian dengan total sampel tanah yang dibutuhkan 50 gr, hasil pengujian berat jenis sebanyak 2 benda ujudidapat nilai berat jenis tanah sebesar.

4.1.2. Atteberg Limit

4.1.2.1. Batas Cair (*Liquid Limit*), Batas Plastis (*Plastis Limit*)

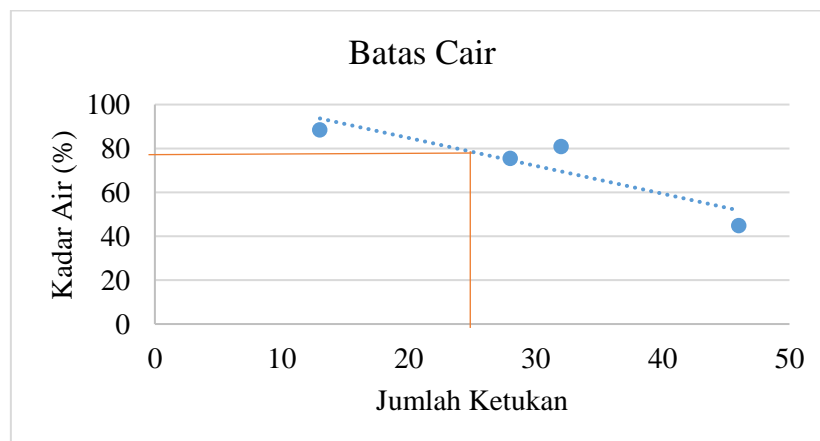
Berdasarkan SNI 1966:2008, dari hasil pengujian Atterbeg Limit didapatkan beberapa nilai seperti LL = 72,4 % , PL = 34,0 % dan PI = 38,4 % . Hasil pengujian ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Batas Cair, Batas Plastis, Indeks Plastisitas

LL %	PL %	PI %
72,4	34,0	38,4

Tabel 3. Perhitungan Batas Cair dan Batas Plastis

		BATAS CAIR (LL)				BATAS PLASTIS (PL)	
Banyak Ketukan		13	28	32	46		
Nomor Cawan		13	15	34	46	15	46
Berat Cawan	(gr)	14,52	14,32	14,49	14,12	14,32	14,12
Berat Cawan + Contoh Basah (A)	(gr)	28,03	28,41	28,47	28,26	32,22	32,31
Berat Cawan + Contoh Kering (B)	(gr)	21,69	22,35	22,22	23,88	27,56	27,81
Berat Air	(gr)	6,34	6,06	6,25	4,38	4,66	4,5
Berat Contoh Kering	(gr)	7,17	8,03	7,73	9,76	13,24	13,69
Kadar Air	(%)	88,42	75,47	80,85	44,88	35,20	32,87



Gambar 1. Grafik Batas Cair (*Liquid Limit*) Tanah Asli

Klasifikasi tanah yang digunakan sebagai bahan penelitian ini termasuk kedalam kelompok A-7-5 ($PL > 30$) berdasarkan AASHTO, hal ini didasarkan pada PL sebesar 34,0 % dan nilai PI sebesar 38,4 % diklasifikasikan sebagai lempung lanauan (CL-ML).

4.1.2.2. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Tabel 4. Perhitungan Batas Susut

BATAS SUSUT (SL)					
Cawan susut No		1	2	3	
Tinggi Cawan susut	A	1,2	1,2	1,2	cm
Diameter Cawan susut	B	4,2	4,2	4,2	cm
Gelas susut Kaca	C	44,69	44,69	44,69	gram
Gelas susut Kaca+ air raksa	D	141,20	151,58	153,03	gram
Berat cawan susut	W1	73,04	65,04	69,14	gram
Berat cawan susut + tanah basah	W2	97,13	89,32	93,64	gram
Berat cawan susut + tanah kering	W3	86,97	79,94	84,38	gram
Berat tanah basah	W	24,09	24,28	24,5	gram
Berat tanah kering	W0	13,93	14,9	15,24	gram
Volume Contoh tanah Basah	V	16,62	16,62	16,62	gram
Volume Contoh tanah kering	V0	7,15	7,92	8,03	gram
Batas susut (SL)	SL	9,47	8,70	8,59	SL
Rata - Rata		8,92			

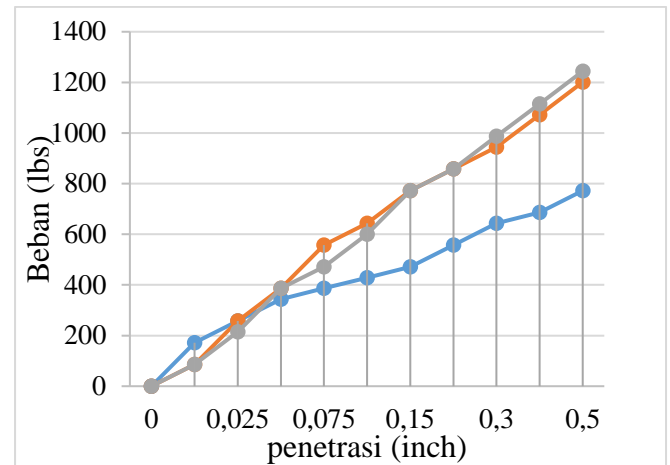
4.2. Hasil Uji CBR

Dalam penentuan kadar air pada penelitian ini digunakan aturan SNI 1744:2012. Dalam perhitungan nilai CBR ini digunakan nilai CBR tertinggi dari pengujian di laboratorium tanpa perendaman (unsoaked). Didapatkan nilai sebagai berikut:

1. Tanah Asli dengan nilai CBR sebesar 19,54%.
2. Tanah dengan penambahan pasir dan kapur variasi kolom persegi nilai CBR sebesar 28,60%
3. Tanah dengan penambahan pasir dan kapur variasi kolom persegi nilai CBR sebesar 32,09%.

Tabel 5. Hasil pengujian CBR 10 Tumbukan

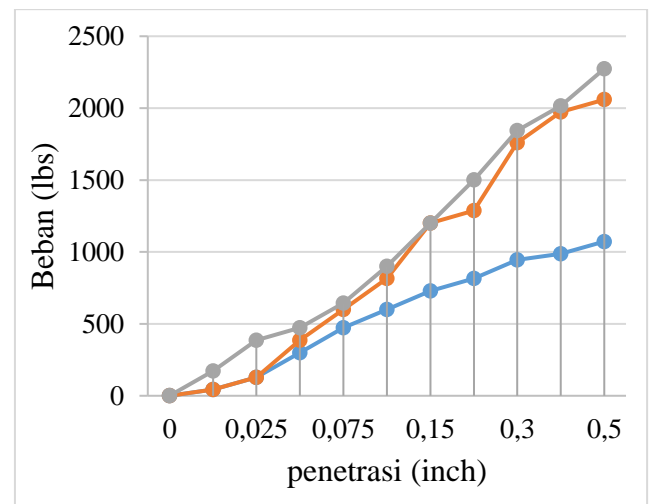
Hasil pengujian 10 tumbukan			
penetrasi	Beban		
	tanah asli	variasi persegi	variasi segienam
0	0	0	0
0,0125	171,6	85,8	85,8
0,025	257,4	257,4	214,5
0,05	343,2	386,1	386,1
0,075	386,1	557,7	471,9
0,1	429	643,5	600,6
0,15	471,9	772,2	772,2
0,2	557,7	858	858
0,3	643,5	943,8	986,7
0,4	686,4	1072,5	1115,4
0,5	772,2	1201,2	1244,1



Gambar 2. Grafik CBR Laboratorium 10 Tumbukan

Tabel 6. Hasil pengujian CBR 30 Tumbukan

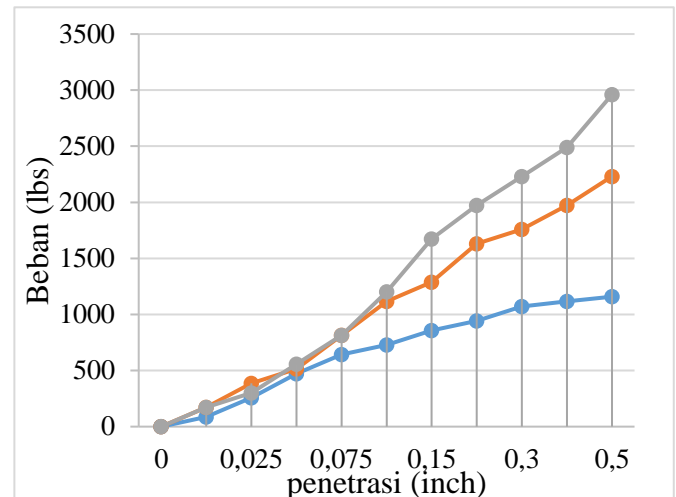
Hasil pengujian 30 tumbukan			
penetrasi	Beban		
	tanah asli	variasi persegi	variasi segienam
0	0	0	0
0,0125	42,9	42,9	171,6
0,025	128,7	128,7	386,1
0,05	300,3	386,1	471,9
0,075	471,9	600,6	643,5
0,1	600,6	815,1	900,9
0,15	729,3	1201,2	1201,2
0,2	815,1	1287	1501,5
0,3	943,8	1758,9	1844,7
0,4	986,7	1973,4	2016,3
0,5	1072,5	2059,2	2273,7



Gambar 3. Grafik CBR Laboratorium 30 Tumbukan

Tabel 7. Hasil pengujian CBR 65 Tumbukan

Hasil pengujian 65 tumbukan			
penetrasi	Beban		
	tanah asli	variasi persegi	variasi segienam
0	0	0	0
0,0125	85,8	171,6	171,6
0,025	257,4	386,1	300,3
0,05	471,9	514,8	557,7
0,075	643,5	815,1	815,1
0,1	729,3	1115,4	1201,2
0,15	858	1287	1673,1
0,2	943,8	1630,2	1973,4
0,3	1072,5	1758,9	2230,8
0,4	1115,4	1973,4	2488,2
0,5	1158,3	2230,8	2960,1



Gambar 4. Grafik CBR Laboratorium 65 Tumbukan

5. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan :

1. Tanah yang digunakan pada penelitian ini mempunyai Batas Cair (LL) sebesar 72,4%, Indeks Plastisitas (PI) sebesar 34,0% dan $PI < LL - 30$. Jadi menurut AASHTO tanahnya masuk tanah lempung golongan A-7-5.
2. Berdasarkan uji CBR yang dilakukan untuk tanah lempung yang diuji dengan kolom campuran pasir dan kapur variasi persegi menghasilkan nilai CBR sebesar 28,60%, Tanah dengan kolom campuran pasir dan kapur variasi segienam menghasilkan nilai CBR sebesar 32,09%. Nilai CBR mencapai kestabilan optimum pada komposisi Tanah yang telah diuji dengan kolom campuran pasir dan kapur variasi segienam dengan jumlah kolom yang lebih banyak dapat meningkatkan Nilai CBR hingga sebesar 32,09%.

6. Saran (optional)

Setelah mengamati hasil penelitian ini terdapat beberapa saran yang perludisampaikan yaitu :

1. Perlu ditinjau lebih luas lagi untuk mengetahui potensial pengembangan (swelling) pada tanah lunak.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan pengujian CBR terendam dengan bahan stabilisasi yang lainnya.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1964:2008). 2008. Cara Uji Berat Jenis Tanah.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1965:2008). 2008. Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan Di Laboratorium.

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1966:2008). 2008. Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1967:2008). 2008. Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 3422:2008). 2008. Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah.
- Chad, S.K. and Sobbaro C., 2006, Limes Migration in Pond Ash Deposits Stabilized by Hydrated Limes Columns, *Electronic Journal Of Geotechnical Engineering*.
- Rao, S.N, and Mathew, K.P, 1996, Permeability Studies in Marine Clays Stabilized with Limes Column, *International Journal of Offshore and Polar Engineering* Vol. 6, No.3, pp 13-23.
- Sosrodarsono, S, 1980, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Erlangga, Jakarta.
- Sutrisno, A, 2002, *Tinjauan Nilai Indeks Plastisitas dan Potensi Mengembang pada Stabilitas Tanah Ekspansif Menggunakan Kolom Kapur*, Skripsi Teknik Sipil UNS, Surakarta.
- Terzaghi K dan Peck R.B. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.