

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR DAN VARIASI ABU AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN STABILISASI TERHADAP NILAI CBR DAN SWELLING TANAH LEMPUNG

Muhamad Maftuhul Majid¹, Mifathul Fauziah²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: maftuhulm@gmail.com

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: miftahul.fauziah@uii.ac.id

Abstract: *Civil engineering construction, especially roads, are often encountered with several problems caused by clay, including bumpy or cracked roads. Clay is considered to have a low carrying capacity, easy to expand and shrink by increasing water content, and slow consolidation process. This study aims to determine the effect of lime addition and variation of sugarcane ash on CBR values and swelling values from clay soil of Duren Hamlet, RT 05 RW 04, Bandungan District, Semarang Regency, Central Java. In this research, testing of the physical properties of origin soil tested in the laboratory, testing the California Bearing Ratio (CBR) laboratory using the addition of 6% constant lime as stabilization material, and sugarcane ash content of 4%, 8% and 12% with curing period 0, 2 and 4 days. CBR test that performed was unsoaked CBR and soaked CBR and swelling tests on soil samples soaked for 4 days. The results of the research found that soil classification based on USCS belonged to the OH group namely organic clay with medium to high plasticity and based on the AASHTO classification of soils classified as A-7-5 namely clay with a general assessment as ordinary subgrade to poor soil. The results of unsoaked CBR testing of origin soil was 4,092% and the original soaked CBR was 3.30%. The effect of adding lime and bagasse ash on the unsoaked CBR value obtained the highest percentage increase in CBR value at 12% sugarcane ash content with a 4 day curing period was 271.59% with an unsoaked CBR value of 15,21%. The highest percentage increase in the soaked CBR value was 12% sugarcane ash content with a 4 day curing period was 265,53% with a CBR value of 12.06%. Based on the original soil swelling test, the swelling value was 1,6884%. The effect of adding lime and bagasse ash to the swelling value obtained the smallest swelling value on the addition of 12% sugarcane ash with a 4 day curing period was 0,0183%.*

Keywords : *clay, stabilization, Sugarcane ash, CBR, Swelling*

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan aspek yang penting dalam setiap pekerjaan konstruksi teknik sipil, karena hampir seluruh pekerjaan konstruksi teknik sipil meletakkan struktur pekerjaan di atas tanah. Salah satu konstruksi teknik sipil adalah jalan. Tanah dasar suatu jalan memegang peran penting terhadap konstruksi jalan. Tanah berdasarkan ukuran butirannya dibedakan menjadi tanah kerikil, tanah pasir, tanah lanau dan tanah lempung. Tanah

lempung atau tanah lunak merupakan salah satu jenis tanah yang dianggap kurang baik sebagai tanah dasar pada konstruksi jalan. Sifat tanah lempung yang sangat merugikan sebagai tanah dasar yaitu kapasitas dukung yang tergolong rendah dan sangat mudah mengembang dan menyusut oleh tambahan kadar air. Abu ampas tebu adalah limbah dari pabrik gula yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah abu

ampas tebu menjadi bahan yang bermanfaat, yaitu sebagai bahan stabilisasi tanah lempung. Abu ampas tebu mengandung unsur Ca, Al dan Mg yang mengurangi penyerapan air serta senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ yang berpotensi menghasilkan sifat pozolanik (Destamara, 2015). Kapur ketika dicampur dengan tanah lempung akan terjadi beberapa reaksi, yaitu absorpsi air dan reaksi pertukaran ion. Absorpsi air adalah penurunan kandungan air didalam tanah yang disebabkan oleh panas akibat dari reaksi kapur dicampur dengan air. Reaksi pertukaran ion adalah melekatnya ion ion hasil reaksi larutan kapur ke tanah lempung yang menyebabkan tanah lempung kehilangan kekuatan tolaknya (*repulsion force*) dan meningkatnya kohesi tanah lempung. Berdasarkan permasalahan yang disebutkan di atas, pada tugas akhir ini penulis menggunakan kapur dan abu ampas tebu sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung. Kadar kapur yang digunakan konstan yaitu 6%, sedangkan kadar abu ampas tebu bervariasi yaitu 4%, 8% dan 12%.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas, mudah tertekan, atau mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas terlalu tinggi atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut perlu distabilisasi.

Contoh-contoh penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh Hartanto dkk (2015) mengkaji penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah stabilisasi tanah lempung. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu ampas tebu dan semen dapat meningkatkan nilai *california bearing ratio (CBR)* baik rendaman maupun langsung.

Kajian tentang penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah stabilisasi tanah lempung dilakukan oleh Destamara (2015). Penelitian tersebut menghasilkan bahwa penambahan abu ampas tebu dapat menyebabkan nilai indeks plastisitas menurun, nilai *swelling* menurun, dan meningkatkan nilai *CBR*.

Wiqoyah (2006) melakukan penelitian yang mengkaji penambahan kapur pada stabilisasi tanah lempung. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa penambahan kapur menurunkan nilai *swelling*, dan meningkatkan nilai *CBR*.

Penelitian tentang penambahan kapur sebagai bahan stabilisasi tanah lempung, dilakukan oleh Laras (2017). Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa penambahan kapur dapat menurunkan nilai *swelling* dan meningkatkan nilai *CBR*.

Ranggaesa dkk (2017), melakukan penelitian yang mengkaji penggunaan kapur sebagai bahan tambah stabilisasi tanah lempung. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa penambahan kapur dapat meningkatkan nilai *CBR*, mengurangi nilai *swelling*, meningkatkan sudut geser dalam dan meningkatkan kohesi tanah.

Pada tahun 2015 Prasetyo dkk melakukan penelitian tentang penambahan kapur dan abu ampas tebu sebagai bahan tambah stabilisasi tanah lempung. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa penambahan abu ampas tebu dan kapur dapat meningkatkan nilai *CBR* dan *swelling* tanah.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah lempung yang memiliki aktifitas yang tinggi dalam perubahan volume akibat adanya perubahan kadar air. Mineral lempung adalah susunan kelompok partikel yang berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm yang diakibatkan oleh pelapukan reaksi kimia. Dalam permasalahan teknik sipil, partikel tanah lempung akan senantiasa bersentuhan dengan air. Interaksi antara

partikel lempung, air, dan bermacam-macam bahan yang terlarut dalam air menjadi faktor penentu yang utama bagi sifat-sifat tanah yang tersusun dari partikel-partikel tersebut. Jenis tanah yang perlu diperhatikan sebagai dasar struktur bangunan adalah jenis tanah lempung. Sifat tanah lempung yang sangat merugikan sebagai tanah dasar yaitu kapasitas dukung yang tergolong rendah dan sangat mudah mengembang dan menyusut oleh tambahan kadar air. Tanah dasar yang mengandung tanah lempung yang kurang baik akan menyebabkan permukaan jalan bergelombang hingga retak sehingga dapat membahayakan keselamatan pengguna jalan.

3.2 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu (*Sugarcane Ash*) adalah hasil pembakaran ampas tebu dari pembuangan limbah pabrik gula, dalam penelitian ini limbah pabrik gula yang digunakan adalah limbah dari Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta, yang dibakar menjadi abu. Abu ampas tebu juga mengandung senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 yang berpotensi menghasilkan sifat pozolanik. Abu ampas tebu dapat meningkatkan kepadatan tanah lempung. Secara kimiawi, unsur-unsur dalam abu ampas tebu dapat mengurangi potensi pengembangan.

3.3 Kapur

Kapur merupakan salah satu jenis bahan stabilisasi tanah paling sering digunakan. Kapur sangat cocok digunakan untuk stabilisasi tanah lempung. Ketika dicampur antara air, tanah lempung dan kapur menyebabkan reaksi yang dapat meningkatkan kekuatan tanah akibat reaksi pertukaran kation, penggumpalan-penggumpalan dan reaksi pozolanik.

3.4 Pengujian CBR

Pengujian *CBR* dimaksudkan untuk menentukan nilai *CBR* tanah ataupun campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. *CBR* adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah ataupun material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan

penetrasi yang sama. Biasanya pengujian *CBR* dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material perkerasan jalan raya. *CBR* dapat diujikan di laboratorium ataupun di lapangan.

3.5 Pengujian Swelling

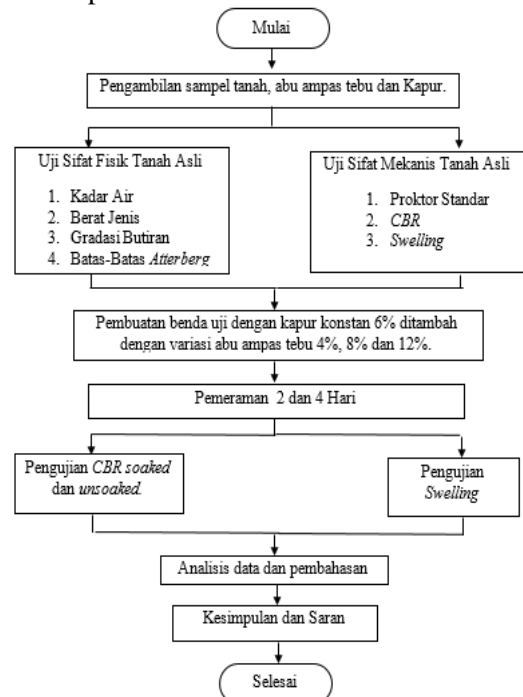
Pengembangan (*swelling*) adalah nilai perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula yang dinyatakan dalam persen. Tanah yang mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah.

4. METODOLOGI PENELITIAN

Variasi sampel tanah yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tanah Asli (*disturbed*)
2. Tanah Asli + 6% Kapur
3. Tanah Asli + 6% Kapur + 4% Abu Ampas Tebu
4. Tanah Asli + 6% Kapur + 8% Abu Ampas Tebu
5. Tanah Asli + 6% Kapur + 12% Abu Ampas Tebu

Berikut adalah began alir penelitian dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

5. Analisis dan Pembahasan

5.1 Sifat Fisik Tanah

Pengujian fisik tanah pada setiap pengujian dilakukan dengan 2 sampel, yaitu 2 sampel pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, analisa granuler, dan batas-batas Atterberg, dan pemadatan tanah untuk mendapatkan nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) yang kemudian digunakan untuk pengujian CBR. Rekapitulasi pengujian sifat fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

Pengujian	Hasil	Satuan
Kadar Air	27,458	%
Berat Volume Basah	1,855	gr/cm ³
Berat Jenis (Gs)	2,489	
Batas-Batas Konsistensi		
Batas Cair (LL)	50,245	%
Batas Plastis (PL)	31,919	%
Indeks Plastisitas	18,325	%
Batas Susut	19,796	%
Analisis Granuler		
#200	80,815	%
Kerikil	0,0376	%
Pasir	19,147	%
Lanau	30,01	%
Lempung	50,804	%
Uji Proktor Standar		
Kadar Air Optimum	30,95	%
Berat Volume Maksimum	1,37	gr/cm ³

5.2 Klasifikasi Tanah

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah asli, maka dapat ditentukan klasifikasi tanah asli yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi Tanah Asli

Metode	Jenis Tanah	Kriteria
USCS	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi

AASHTO	A-7-5	Tanah berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar biasa sampai jelek
--------	-------	---

5.3 Pengujian CBR

Hasil dari pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

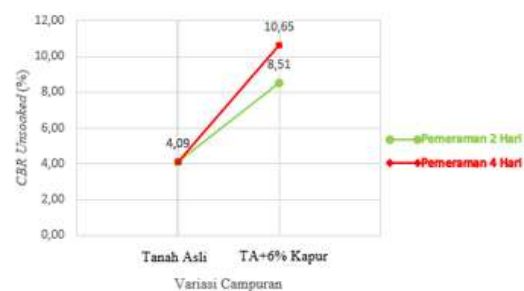
Tabel 3 Rekapitulasi CBR Tanah Asli

Sampel Pengujian CBR	Nomor Sampel	CBR Langsung (%)	CBR Rendaman 4 hari (%)
Tanah Asli	1	4,65	3,26
	2	3,53	3,35
		4,09	3,30

Tabel 4 Rekapitulasi CBR Tanah Asli + Kapur

Sampel Pengujian	No Sampel	CBR Unsoaked Pemeraman 2 Hari (%)	CBR Unsoaked Pemeraman 4 Hari (%)
TA + Kapur 6%	1	8,65	10,23
	2	8,37	11,07
		8,51	10,65
Sampel Pengujian	No Sampel	CBR Soaked Pemeraman 2 Hari (%)	CBR Soaked Pemeraman 4 Hari (%)
TA + Kapur 6%	1	4,19	5,95
	2	3,35	5,49
		3,77	5,72

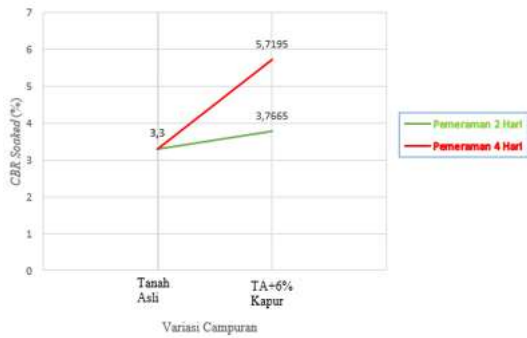
Berdasarkan tabel diatas dapat digambarkan grafik hubungan antara pengaruh penambahan kapur terhadap nilai CBR Unsoaked dengan lama waktu pemeraman pada gambar 3 berikut.



Gambar 2 Grafik CBR Unsoaked Tanah+6% Kapur

Penambahan kapur dapat meningkatkan CBR tanah asli. Peningkatan nilai CBR berbanding lurus dengan lamanya waktu pemeraman. Penambahan kapur dapat meningkatkan tanah dari *poor to fair* menjadi *fair* berdasarkan nilai CBR.

Berdasarkan tabel diatas dapat digambarkan grafik hubungan antara pengaruh penambahan kapur terhadap nilai *CBR Soaked* dengan lama waktu pemeraman pada gambar 3 berikut.

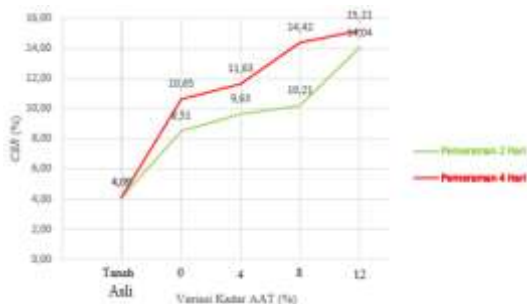


Gambar 3 Grafik *CBR Soaked* Tanah+6% Kapur

Tabel 5 Rekapitulasi *CBR Unsoaked* Tanah + 6% Kapur + Variasi Abu Ampas Tebu

Variasi Kadar AAT (%)	Nilai <i>CBR Unsoaked</i> (%)		
	Waktu Pemeraman (Hari)		
	Langsung	2	4
0 (TA)	4,09	-	-
0	-	8,51	10,65
4	-	9,63	11,63
8	-	10,21	14,42
12	-	14,04	15,21

Berdasarkan tabel diatas dapat digambarkan grafik hubungan antara pengaruh penambahan variasi abu ampas tebu terhadap nilai *CBR Unsoaked* dengan lama waktu pemeraman pada gambar 3 berikut.



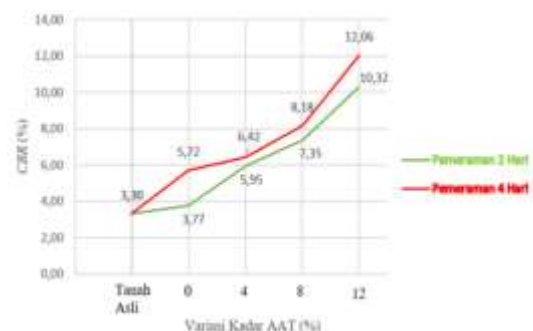
Gambar 4 Grafik Hubungan antara Variasi Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai *CBR Unsoaked* dengan Variasi Waktu Pemeraman

Berdasarkan gambar grafik pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap nilai *CBR* dengan variasi waktu pemeraman, menunjukkan bahwa penambahan kapur dan abu ampas tebu dapat meningkatkan nilai *CBR* suatu tanah. Peningkatan nilai *CBR* terus meningkat seiring penambahan kadar abu ampas tebu (0%, 4%, 8% dan 12%). Nilai *CBR* maksimum yang didapatkan yaitu 15,21% pada penambahan abu ampas tebu 12% dan pada waktu pemeraman 4 hari. Kenaikan nilai *CBR* paling signifikan terjadi pada penambahan kapur 6% (AAT 0%) dengan lama waktu pemeraman 4 hari. Kenaikan nilai *CBR* paling signifikan yaitu 6,56%.

Tabel 6 Rekapitulasi *CBR Soaked* Tanah + 6% Kapur + Variasi Abu Ampas Tebu

Kadar AAT (%)	Nilai <i>CBR Soaked</i> (%)		
	Waktu Pemeraman (Hari)		
	Langsung	2	4
0 (TA)	3,30	-	-
0	-	3,77	5,72
4	-	5,95	6,42
8	-	7,35	8,18
12	-	10,32	12,06

Berdasarkan tabel diatas dapat digambarkan grafik hubungan antara pengaruh penambahan variasi abu ampas tebu terhadap nilai *CBR Soaked* dengan lama waktu pemeraman pada gambar 3 berikut.



Gambar 5 Grafik Hubungan antara Variasi Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai *CBR Soaked* dengan Variasi Waktu Pemeraman

5.4 Pengujian Swelling

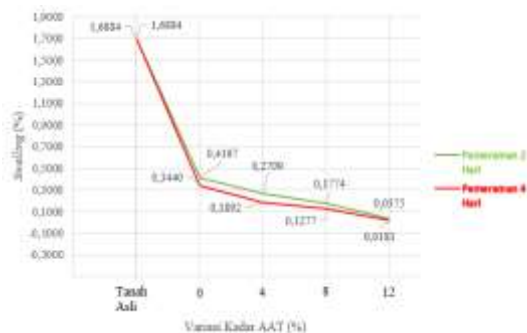
Hasil pengujian *swelling* dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 7 Rekapitulasi *Swelling*

Sampel Pengujian	Swelling (%)	Swelling Pemeraman 2 Hari (%)	Swelling Pemeraman 4 Hari (%)
Tanah Asli	1,6884		
TA + Kapur 6%		0,41667	0,34398
TA + Kapur 6% + AAT 4%		0,27093	0,18923
TA + Kapur 6% + AAT 8%		0,17741	0,12774
TA + Kapur 6% + AAT 12%		0,03746	0,01830

Berdasarkan tabel di atas didapatkan nilai *swelling* rerata tanah asli sebesar 1,688%. Berdasarkan derajat pengembangannya tanah ini digolongkan sedang (*medium*) karena nilai *swelling* diantara 1,5-5%.

Berdasarkan tabel diatas dapat dibuat grafik hubungan antara nilai *swelling* terhadap variasi kadar abu ampas tebu dengan lama waktu pemeraman pada gambar 5 berikut.



Gambar 6 Grafik Hubungan antara *Swelling* terhadap Variasi Kadar Abu Ampas Tebu dengan Lama Waktu Pemeraman

Berdasarkan grafik pengujian yang telah dilakukan, penambahan 6% kapur dapat menurunkan nilai *swelling* yang semula 1,688% menjadi 0,4167% pada pemeraman 2 hari. Penambahan 6% kapur pada pemeraman 4 hari dapat menurunkan nilai *swelling* yang semula 1,688% menjadi 0,3440%. Penambahan 6% kapur dan variasi abu ampas tebu pada tanah dapat menurunkan nilai

swelling yang semula 1,688% menjadi 0,0375% pada pemeraman 2 hari. Penambahan 6% kapur dan variasi abu ampas tebu dapat menurunkan nilai *swelling* yang semula 1,688% menjadi 0,0183% pada pemeraman 4 hari. Penambahan kapur dan abu ampas tebu dapat menurunkan nilai *swelling* tanah seiring dengan bertambahnya kadar abu ampas tebu dan seiring lamanya waktu pemeraman. Penambahan kapur dan abu ampas tebu dapat menurunkan *swelling* yang mulanya pengembangan sedang (*medium swelling*) menjadi pengembangan rendah (*low swelling*). Hal ini berarti bahwa kapur dan abu ampas tebu dapat menurunkan nilai *swelling* tanah lempung organik.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Simpulan yang dapat disampaikan dari hasil penelitian dan analisis adalah sebagai berikut.

- Berdasarkan hasil dari pengujian sifat fisik tanah, dapat disimpulkan bahwa tanah yang diteliti memiliki kadar air sebesar 27,458%, berat volume sebesar 1,855 gr/cm³, berat jenis sebesar 2,489, batas cair sebesar 50,24%, batas plastis sebesar 31,919%, indeks plastisitas sebesar 18,325%, batas susut sebesar 19,769%, persen lolos saringan nomor 200 sebesar 80,815%, klasifikasi tanah berdasarkan *USCS* adalah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi (*OH*), dan klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* adalah tanah lempung dengan penilaian umum untuk tanah dasar sedang sampai buruk (*A-7-5*). Berdasarkan pengujian *CBR* didapatkan nilai *CBR unsoaked* tanah asli sebesar 4,09% dan nilai *CBR soaked* sebesar 3,30%. Tanah asli dapat digolongkan sebagai *poor to fair* berdasarkan nilai *CBR* nya. Berdasarkan pengujian *swelling* didapatkan nilai *swelling* tanah asli sebesar 1,688%. Tanah tergolong dalam *medium swelling* berdasarkan nilai pengembangannya.
- Pengaruh penambahan kapur 6% pada nilai *CBR* didapatkan nilai *CBR* maksimum pada pemeraman 4 hari

diperoleh kenaikan persentase nilai *CBR unsoaked* pemeraman 4 hari sebesar 160,39% dan kenaikan persentase nilai *CBR soaked* pemeraman 4 hari sebesar 73,33%. Pengaruh kapur dapat meningkatkan nilai *CBR* tanah dari *poor to fair* menjadi *fair* berdasarkan nilai *CBR* nya.

3. Pengaruh penambahan kapur 6% dan variasi abu ampas tebu 4%, 8% dan 12% terhadap nilai *CBR* didapatkan nilai *CBR* maksimum pada kadar abu ampas tebu 12% pada pemeraman 4 hari, didapatkan persentase peningkatan nilai *CBR unsoaked* sebesar 271,59%. Persentase peningkatan nilai *CBR soaked* sebesar 265,53%. Pengaruh kapur dan variasi abu ampas tebu dapat meningkatkan nilai *CBR* tanah dari *poor to fair* menjadi *fair* berdasarkan nilai *CBR* nya.
4. Pengaruh penambahan kapur 6% dan variasi abu ampas tebu maksimum 12% terhadap nilai *swelling* dapat menurunkan nilai pengembangan yang semula 1,688% menjadi 0,0183%. Pengembangan yang semula *medium swelling* menjadi *low swelling*.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penyempurnaan penelitian Tugas Akhir selanjutnya sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat menambah persentase kadar abu ampas tebu untuk mendapatkan nilai *CBR* yang optimum.
2. Persentase penambahan kadar abu ampas tebu untuk jenis tanah yang sama (*OH/A-7-5*) dapat menggunakan kadar mulai dari 8% dan kemudian ditambah dengan persentase kadar abu ampas tebu untuk mendapatkan kadar abu ampas tebu yang optimum.
3. Persentase penambahan kadar abu ampas tebu untuk jenis tanah yang berbeda (jenis lempung yang lain) dapat menggunakan persentase kadar abu ampas tebu dengan kadar yang terus meningkat sehingga menemukan kadar abu ampas tebu yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. *SNI 1738-2011. Cara Uji CBR (California Bearing Ratio) Lapangan*. Badan Standarisasi Nasional.
- Bowles, E. J. 1986. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Erlangga. Jakarta.
- Camp, Charles. Tanpa Tahun. *Mechanical Analysis of Soil Part 2*.(Online). (<http://www.ce.memphis.edu/1101/notes/filtration/filtration-2.html>). Diakses 10 Desember 2017)
- Das, B. M.. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Erlangga. Jakarta.
- Destamara, Angger Anggria. 2014. Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro. *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Brawijaya*. Malang.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hartanto, G.H., Djarwantri, N., dan Surjandari, N.S. 2015. Perubahan Nilai *CBR* Tanah Lempung Tanon yang Ditambah Abu Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret*. Solo.
- Ingles, O. G. and Metcalf, J. B. *Soil Stabilization (Principles and Practice)*. Butterworths. Australia.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. *Diklat Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan*. Penerbit Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Laras, A. W., Suryo, E. A., dan Zaika, Y. 2017. Pengaruh Penambahan Kapur dengan Lamanya Waktu Pemeraman Terhadap Kekuatan dan Pengembangan Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Brawijaya*. Malang.

- Prasetyo, Y. E., Zaika, Y., dan Suroso. 2015. Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro. *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Brawijaya*. Malang.
- Ranggaesa, R. A., Zaika, Y., dan Suroso. 2017. Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Kekuatan dan Pengembangan (*Swelling*) pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro. *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Brawijaya*. Malang.