

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI BOJONEGORO

Angger Anggria Destamara
Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang
e-mail: angger_destamara@yahoo.co.id

ABSTRAKSI

Kriteria tanah yang dibutuhkan agar struktur yang dibangun di atasnya stabil antara lain daya dukung tanah yang tinggi serta penurunan yang terjadi tidak boleh melebihi penurunan yang diizinkan. Namun, tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang baik sehingga perlu usaha perbaikan tanah agar pekerjaan konstruksi tetap dapat dilakukan. Salah satu jenis tanah yang kurang baik bagi konstruksi adalah tanah lempung ekspansif. Tanah tersebut memiliki potensi mengembang dan menyusut yang sangat tinggi yang dapat menimbulkan kerusakan bagi struktur di atasnya.

Salah satu cara untuk memperbaiki karakteristik tanah adalah stabilisasi. Zat aditif yang digunakan sebagai stabilisator dalam penelitian ini adalah abu ampas tebu. Sementara itu, tanah lempung ekspansif yang digunakan adalah tanah dari Desa Ngasem, Kabupaten Bojonegoro. Dalam penelitian ini, digunakan penambahan campuran dengan kadar abu ampas tebu sebesar 8%, 10%, 12%, dan 14% dari berat total campuran.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan kadar 14% abu ampas tebu, batas cair menurun sebesar 26,65%, batas plastis menurun sebesar 35,94%, batas susut meningkat sebesar 940,425%, indeks plastisitas menurun sebesar 19,72%, specific gravity menurun sebesar 7,35%, kadar air optimum meningkat sebesar 23,35%, dan berat isi kering tanah menurun sebesar 13,85% dari kondisi tanah asli. Nilai CBR maksimum didapatkan pada penambahan 12% abu ampas tebu yaitu meningkat sebesar 150,68% pada CBR tak terendam dan 95,34% pada CBR terendam. Nilai pengembangan minimum didapatkan pada penambahan 8% abu ampas tebu yaitu menurun sebesar 94,57%. Pada pengujian pengembangan bebas, nilai pengembangan menurun sebesar 15,35%. Dengan 4 hari pemeraman, nilai CBR tak terendam meningkat sebesar 2,38% dari nilai CBR tak terendam tanpa pemeraman, nilai CBR terendam meningkat sebesar 15,25% dari nilai CBR terendam tanpa pemeraman, dan nilai pengembangan menurun sebesar 77,68% dari nilai pengembangan tanpa pemeraman. Dengan 14 hari pemeraman, nilai CBR tak terendam menurun sebesar 11,13% dari nilai CBR tak terendam tanpa pemeraman, nilai CBR terendam menurun sebesar 12,46% dari nilai CBR terendam tanpa pemeraman, dan nilai pengembangan menurun sebesar 100,298% dari nilai pengembangan tanpa pemeraman. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa abu ampas tebu berpengaruh terhadap peningkatan nilai CBR, penurunan nilai pengembangan, serta karakteristik yang lainnya.

Kata-kata kunci: Lempung Ekspansif, Stabilisasi Tanah, Abu Ampas Tebu, CBR, Pengembangan, Pemeraman

THE EFFECTS OF BAGASSE ASH ADDITION ON CHARACTERISTICS OF EXPANSIVE CLAY SOIL IN BOJONEGORO

ABSTRACTS

Criteria of soil for building structures are soil should have high bearing capacity and the actual settlement should not exceed the allowable settlement. However, not all types of soil have good characteristics so that need soil improvement. One of soil that not good for the construction is expansive clay soil. It has high potential to expand and shrink that can cause damage of structures.

One of method to improve characteristics of soil is stabilization. Additive that used as stabilizer in this experiment is baggase ash. Expansive clay soil used was from Ngasem Village, Bojonegoro.

In this research, soil samples made of mixture with the addition of bagasse ash by 8%, 10%, 12%, and 14% of the total weight of the mixture. The results of this study indicate that with the addition of 14% ash content of bagasse, liquid limit decreased by 26.65%, the plastic limit decreased by 35.94%, shrinkage limit increase of 940.425%, plasticity index decreased by 19.72%, specific gravity is decreased by 7.35%, the optimum water content increased by 23.35%, and the soil dry bulk density decreased by 13.85% of the original soil conditions. The maximum CBR value obtained on the addition of 12% bagasse ash is increased by 150.68% in the unsoaked CBR and 95.34% in soaked CBR. The minimum swell value obtained on the addition of 8% bagasse ash is decreased by 94.57%. In testing the free swell, swell value decreased by 15.35%. With 4 days of curing, unsoaked CBR value increased by 2.38% of the value of the unsoaked CBR without curing, soaked CBR value increased by 15.25% of the value of soaked CBR without curing, and swell value decreased by 77.68% of the swell value without curing. With 14 days of curing, unsoaked CBR value decreased by 11.13% of the value of the unsoaked CBR without curing, soaked CBR value decreased by 12.46% of the value of soaked CBR without curing, and swell value decreased by 100.298% of the swell value without curing. Based on these results, it can be concluded that the bagasse ash affects the increase in the value of CBR value, decrease in swell value, as well as other characteristics.

Keywords: Expansive Clay Soil, Soil Stabilization, Bagasse Ash, CBR, Swell, Curing

PENDAHULUAN

Kriteria tanah yang dibutuhkan agar struktur yang dibangun di atas tanah tersebut stabil antara lain daya dukung tanah yang tinggi serta penurunan terjadi tidak boleh melebihi penurunan yang diizinkan. Tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang baik sehingga perlu usaha perbaikan tanah agar pekerjaan konstruksi tetap dapat dilakukan. Salah satu jenis tanah yang kurang baik bagi konstruksi adalah tanah lempung ekspansif. Tanah jenis ini memiliki potensi mengembang dan menyusut yang sangat tinggi.

Salah satu daerah yang memiliki jenis tanah berupa tanah lempung ekspansif adalah Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur. Perubahan ketinggian muka tanah yang tidak seragam di tiap titik akibat kembang susut tanah yang terjadi setiap pergantian musim dikhawatirkan dapat merusak bangunan dan jalan. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah lempung ekspansif tersebut.

Salah satu usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah lempung ekspansif adalah stabilisasi tanah. Bahan tambahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu ampas tebu. Abu ampas tebu dipilih karena secara fisik memiliki sifat lepas sehingga

dapat menjadi *filler* dan mengurangi kohesi tanah lempung ekspansif. Selain itu, abu ampas tebu mengandung unsur Ca, Al, dan Mg yang berkontribusi mencegah penyerapan air oleh partikel lempung serta senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ yang berpotensi menghasilkan sifat pozolanik jika bereaksi dengan air dan Ca(OH)₂.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap karakteristik, pemampatan, serta daya dukung dan potensi pengembangan tanah lempung ekspansif.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif adalah tanah lempung yang didominasi oleh mineral *montmorillonite*. *Montmorillonite* terdiri atas dua lapisan silika tetrahedral yang mengapit satu lapisan aluminium oktahedral membentuk satu unit partikel dan tiap partikel dipisahkan oleh ion H⁺. Ketika bereaksi dengan air, air akan diserap oleh partikel lempung yang bermuatan negatif sehingga tanah lempung akan mengembang. Permukaan spesifik *montmorillonite* yang besar mengakibatkan penyerapan air juga lebih besar dibanding mineral lempung lainnya.

Stabilisasi Tanah dengan Abu Ampas Tebu

Secara fisik dan mekanik, stabilisasi dengan abu ampas tebu dapat meningkatkan kepadatan tanah lempung ekspansif. Secara kimiawi, unsur-unsur dalam abu ampas tebu dapat mengurangi potensi pengembangan. Partikel lempung yang bermuatan negatif akan menyerap kation di sekitarnya termasuk ion H⁺ pada air (H₂O). Ketika tanah lempung ekspansif dicampur dengan abu ampas tebu, unsur-unsur dalam abu ampas tebu yang meliputi Ca, Al, dan Mg akan terion dan diserap oleh partikel lempung. Ion-ion unsur tersebut dapat menggantikan ion H⁺ di antara lapisan partikel lempung dan mencegah

penyerapan air oleh partikel lempung sehingga potensi pengembangan dapat berkurang.

METODE PENELITIAN

Tanah lempung ekspansif yang digunakan berasal dari Desa Njelu, Kecamatan Ngasem, Bojonegoro. Pengambilan sampel tanah dilakukan dalam keadaan tanah terganggu.

Dalam pekerjaan laboratorium, metode yang digunakan antara lain:

1. Pemeriksaan Berat Jenis (ASTM 1989 D 854-83)
2. Pemeriksaan Batas Konsistensi (ASTM 1989 D 4318)
3. Pengujian Proktor Standar (ASTM D-698 (Metode B))
4. Pengujian CBR (ASTM D-1883)
5. Pengujian Pengembangan (ASTM D-4546-90)

Prosentase penambahan abu ampas tebu yang digunakan antara lain 8%, 10%, 12%, dan 14% dari berat total campuran. Pemeriksaan berat jenis dan batas konsistensi digunakan untuk mengetahui sifat fisik tanah asli. Pengujian proktor standar digunakan untuk menentukan kepadatan serta kadar air optimum. Kadar air optimum yang didapatkan digunakan dalam pengujian CBR dan pengembangan.

Selain prosentase abu ampas tebu, variabel kendali yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu pemeraman selama 4 hari dan 14 hari. Pemeraman dilakukan dengan tujuan memberikan waktu bagi campuran untuk bereaksi membentuk ikatan antarpartikel dengan menjaga sampel dalam keadaan suhu kamar agar tidak kehilangan air. Setelah itu, dilakukan pengujian CBR dan pengembangan untuk mengetahui perubahan daya dukung dan pengembangan tanah lempung ekspansif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Batas-Batas Atterberg

Hasil pengujian batas-batas Atterberg ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Batas Atterberg

Komposisi Tanah	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut	Indeks Plastisitas
Tanah lempung ekspansif	104,00	44,41	2,82	59,59
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	79,82	18,38	17,57	61,44
Tanah lempung ekspansif + 10% AAT	78,45	24,51	19,06	53,94
Tanah lempung ekspansif + 12% AAT	77,12	26,95	24,38	50,17
Tanah lempung ekspansif + 14% AAT	76,28	28,45	28,39	47,84

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa batas plastis tanah lempung ekspansif menurun ketika ditambah dengan 14% abu ampas tebu yaitu dari 44,41% menjadi 28,45%. Namun setiap penambahan kadar abu ampas tebu, batas plastis cenderung mengalami peningkatan. Hal tersebut terjadi karena ketika kadar abu ampas tebu ditingkatkan, maka kadar air minimum yang dibutuhkan tanah lempung ekspansif untuk mencapai kondisi plastis juga meningkat. Batas cair tanah lempung ekspansif menurun ketika ditambah 14% abu ampas tebu yaitu dari 104% menjadi 76,28%. Hal tersebut terjadi karena kadar air minimum yang dibutuhkan tanah lempung ekspansif untuk mencapai kondisi cair berkurang ketika kadar abu ampas tebu ditingkatkan. Batas susut tanah lempung ekspansif meningkat dari 2,82% menjadi 29,34% ketika ditambah dengan 14% abu ampas tebu. Hal tersebut terjadi karena semakin besar kadar abu ampas tebu yang ditambahkan, kadar air minimum yang dibutuhkan tanah lempung ekspansif untuk mengalami perubahan volume semakin besar sehingga semakin sulit untuk mengalami perubahan volume. Sementara itu, indeks plastisitas mengalami penurunan dari 59,59% menjadi 47,84% pada penambahan abu ampas tebu sebesar 14%.

Pendekatan Empiris untuk Indeks Pemampatan (Cc)

Berdasarkan persamaan empiris oleh Terzaghi dan Peck untuk menentukan indeks pemampatan, didapatkan hubungan nilai batas cair dengan indeks pemampatan sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Batas Cair dengan Indeks Pemampatan

Komposisi Tanah	LL (%)	Cc
Tanah lempung ekspansif	104	0,658
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	79,82	0,489
Tanah lempung ekspansif + 10% AAT	78,45	0,479
Tanah lempung ekspansif + 12% AAT	77,12	0,470
Tanah lempung ekspansif + 14% AAT	76,28	0,464

Berdasarkan Tabel 4.4, didapatkan nilai Cc menurun dari 0,658 menjadi 0,464 pada penambahan abu ampas tebu sebesar 14%. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kadar abu ampas tebu yang ditambahkan, kemampuan tanah lempung ekspansif untuk memampat akan semakin kecil sehingga penurunan (*settlement*) juga akan semakin kecil.

Pengujian Specific Gravity

Hasil pengujian *specific gravity* ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Specific Gravity

Komposisi Bahan	Specific Gravity (%)
Tanah lempung ekspansif	2,6
Abu ampas tebu (AAT)	2,071
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	2,472
Tanah lempung ekspansif + 10% AAT	2,467
Tanah lempung ekspansif + 12% AAT	2,412
Tanah lempung ekspansif + 14% AAT	2,409

Berdasarkan Tabel 3, tanah lempung ekspansif memiliki nilai *specific gravity* sebesar 2,6% dan abu ampas tebu memiliki nilai *specific gravity* sebesar 2,071%. Dengan adanya penambahan 14% abu ampas tebu pada tanah lempung ekspansif, nilai *specific gravity* tanah lempung ekspansif menurun dari 2,6% menjadi 2,419%. Hal tersebut disebabkan oleh nilai *specific gravity* abu ampas tebu yang lebih rendah dari *specific gravity* tanah lempung ekspansif. Semakin besar kadar abu ampas tebu yang ditambahkan, maka nilai *specific gravity* campuran tersebut semakin rendah.

Pengujian Pemadatan Standar

Hasil dari pengujian standar adalah kadar air optimum dan berat isi kering. Hubungan antara kadar air optimum dan berat isi kering ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pemadatan Standar

Komposisi Bahan	Kadar Air Optimum (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)
Tanah lempung ekspansif	26,89	1,401
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	28,21	1,323
Tanah lempung ekspansif + 10% AAT	30,23	1,279
Tanah lempung ekspansif + 12% AAT	31,70	1,262
Tanah lempung ekspansif + 14% AAT	33,17	1,210

Berdasarkan Tabel 4, didapatkan bahwa berat isi kering tanah lempung ekspansif menurun dari 1,401 gr/cm³ menjadi 1,210 gr/cm³ dengan adanya penambahan abu ampas tebu sebesar 14% dari berat total campuran. Sebaliknya, kadar air optimum meningkat dari 26,89% menjadi 33,17% dengan adanya penambahan abu ampas tebu sebesar 14% dari berat total campuran.

Setelah dicampur dengan abu ampas tebu dan dipadatkan, ruang pori tanah lempung ekspansif yang sebelumnya berupa rongga udara akan terisi oleh butiran abu

ampas tebu sehingga tanah menjadi lebih padat. Menurunnya berat isi kering tanah disebabkan oleh berat abu ampas tebu yang lebih ringan daripada berat butiran tanah dalam volume yang sama. Akibat berat isi kering yang semakin berkurang, kadar air yang perlu ditambahkan untuk mencapai berat isi kering maksimum akan semakin besar. Oleh karena itu, kadar air optimum akan meningkat seiring penambahan kadar abu ampas tebu.

Pengujian CBR

Hasil pengujian CBR ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian CBR

Komposisi Bahan	CBR <i>Unsoaked</i> (%)	CBR <i>Soaked</i> (%)
Tanah lempung ekspansif	3,952	2,406
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	7,690	3,724
Tanah lempung ekspansif + 10% AAT	8,501	4,442
Tanah lempung ekspansif + 12% AAT	9,907	4,7
Tanah lempung ekspansif + 14% AAT	8,436	4,155

Hasil pengujian CBR tak terendam menunjukkan bahwa nilai CBR tanah lempung ekspansif meningkat dari 3,952% menjadi 9,907% dengan adanya penambahan abu ampas tebu sebesar 12% dari berat total campuran. Peningkatan nilai CBR yang terjadi disebabkan abu ampas tebu dapat mengisi pori tanah sehingga meningkatkan kepadatan serta kekuatan tanah. Penurunan yang terjadi pada penambahan 14% abu ampas tebu disebabkan karena jumlah abu ampas tebu yang berlebih mengakibatkan kohesi pada tanah lempung berkurang sehingga kekuatan tanah menurun.

Hasil pengujian CBR terendam menunjukkan bahwa nilai CBR tanah lempung ekspansif meningkat dari 2,406% menjadi 4,7% dengan adanya penambahan abu ampas tebu sebesar 12% dari berat total

campuran. Peningkatan nilai CBR terendam lebih rendah dari CBR tak terendam. Hal tersebut terjadi karena dalam keadaan jenuh, jumlah air lebih besar dari jumlah abu ampas tebu sehingga kemungkinan air untuk masuk ke dalam pori tanah yang masih kosong sangat besar. Ketika tanah dibebani, air yang mengisi pori tanah tersebut akan keluar sehingga kekuatan tanah berkurang. Selain itu, abu ampas tidak dapat memberikan kontribusi yang besar untuk terjadinya reaksi sementasi.

Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Hasil pengujian pengembangan ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pengembangan

Komposisi Bahan	<i>Swell</i> (%)
Tanah lempung ekspansif	6,186
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	0,336
Tanah lempung ekspansif + 10% AAT	0,699
Tanah lempung ekspansif + 12% AAT	0,801
Tanah lempung ekspansif + 14% AAT	1,097

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa nilai pengembangan tanah lempung ekspansif menurun dari 6,186% menjadi 0,336% dengan adanya penambahan abu ampas tebu sebesar 8% dari berat total campuran. Hal tersebut terjadi karena pori-pori tanah menjadi lebih padat dengan adanya penambahan abu ampas tebu sebesar 8% sehingga air kesulitan untuk memasuki pori tanah. Selain itu unsur-unsur dalam abu ampas tebu dapat mencegah penyerapan air oleh partikel lempung sehingga potensi pengembangan berkurang. Namun pada prosentase penambahan abu ampas tebu yang lebih besar dari 8%, nilai pengembangan meningkat. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak kadar abu ampas tebu, kohesi tanah lempung ekspansif semakin berkurang sehingga ikatan antarbutiran tanah melemah. Dengan begitu, air dapat masuk ke

dalam pori tanah dan menyebabkan tanah mengembang.

Pengujian Pengembangan Bebas (*Free Swell*)

Hasil pengujian pengembangan bebas ditampilkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Pengembangan Bebas

Komposisi Tanah	Volume Awal (mL)	Volume Akhir (mL)	<i>Free Swell</i> (%)
Tanah Lempung Ekspansif	42,5	72,5	70,588
Tanah Lempung Ekspansif + 8% AAT	45	75,75	72,222
Tanah Lempung Ekspansif + 10% AAT	45	75,25	67,222
Tanah Lempung Ekspansif + 12% AAT	45	73,5	63,333
Tanah Lempung Ekspansif + 14% AAT	45	72	60,0

Berdasarkan hasil tersebut, nilai pengembangan tanah lempung ekspansif meningkat dari 70,88% menjadi 72,22% pada penambahan 8% abu ampas tebu. Namun seiring dengan penambahan kadar abu ampas tebu nilai pengembangannya berkurang. Penurunan minimum terjadi pada penambahan 14% abu ampas tebu yaitu dari 70,88% menjadi 60%. Hal tersebut terjadi karena abu ampas tebu memiliki berat yang ringan sehingga pada kadar 8%, abu ampas tebu mudah melayang. Namun seiring dengan bertambahnya kadar abu ampas tebu, semakin banyak pula abu ampas tebu yang mengisi pori-pori tanah sehingga tanah menjadi lebih padat dan air kesulitan untuk memasuki pori tanah yang menyebabkan nilai pengembangannya semakin menurun.

Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai CBR dan Pengembangan

Hasil pengujian CBR dengan pengaruh variasi waktu pemeraman ditampilkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian CBR dengan Variasi Waktu Pemeraman

Komposisi Bahan	Curing (Hari)	CBR (%)	
		Unsoaked	Soaked
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	0	7,690	3,724
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	4	7,873	4,292
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	14	6,834	3,260

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, didapatkan bahwa nilai CBR tak terendam meningkat dari 7,690% menjadi 7,873% dengan adanya waktu pemeraman selama 4 hari. Sedangkan pada waktu pemeraman 14 hari, nilai CBR menurun menjadi 6,834%. Begitu juga dengan CBR terendam, nilai CBR meningkat dari 3,724% menjadi 4,292% dengan adanya waktu pemeraman selama 4 hari. Sedangkan pada waktu pemeraman 14 hari, nilai CBR menurun menjadi 3,260%.

Hal tersebut terjadi karena pada hari ke-4, abu ampas tebu yang telah mengisi pori-pori tanah bereaksi dengan air dan partikel lempung membentuk suatu ikatan yang mampu meningkatkan kekuatan tanah. Namun pada hari ke-14, kandungan air dalam tanah semakin berkurang sehingga ikatan antara partikel lempung dengan abu ampas tebu semakin melemah.

Hasil pengujian pengembangan dengan pengaruh variasi waktu pemeraman ditampilkan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Pengembangan dengan Variasi Waktu Pemeraman

Komposisi Bahan	Waktu Pemeraman (Hari)	Swell (%)
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	0	0,336
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	4	0,075
Tanah lempung ekspansif + 8% AAT	14	0,673

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, didapatkan bahwa nilai pengembangan menurun dari 0,336% menjadi 0,075% dengan adanya waktu pemeraman selama 4 hari. Sedangkan pada waktu pemeraman 14 hari, nilai pengembangan meningkat menjadi 0,672%. Hal tersebut terjadi karena pada hari ke-4, ikatan antara partikel lempung dengan abu ampas tebu dapat mencegah air masuk ke dalam partikel lempung sehingga tanah sulit mengembang. Namun pada hari ke-14, ikatan abu ampas tebu dengan partikel lempung melemah dan air akan memaksa masuk ke dalam pori-pori tanah ketika proses perendaman sehingga tanah dapat mengembang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Penambahan abu ampas tebu berpengaruh terhadap karakteristik tanah lempung ekspansif. Pada penambahan abu ampas tebu sebesar 14%, batas cair menurun sebesar 26,65% dari kondisi tanah asli, batas plastis menurun sebesar 35,94% dari kondisi tanah asli, batas susut meningkat sebesar 940,425% dari kondisi tanah asli, indeks plastisitas menurun sebesar 19,72% dari kondisi tanah asli, *specific gravity* menurun sebesar 7,35% dari kondisi tanah asli, kadar air optimum meningkat sebesar

23,35% dari kondisi tanah asli, dan berat isi kering tanah menurun sebesar 13,85% dari kondisi tanah asli.

- 2) Nilai batas cair berpengaruh dalam menentukan indeks pemampatan (C_c) secara empiris. Dengan adanya penambahan abu ampas tebu sebesar 14%, C_c menurun sebesar 29,48% dari kondisi tanah asli.
- 3) Penambahan abu ampas tebu berpengaruh terhadap nilai CBR tanah lempung ekspansif baik CBR tak terendam maupun terendam. Nilai CBR maksimum dicapai pada penambahan abu ampas tebu sebesar 12%. Pada CBR tak terendam, nilai CBR meningkat sebesar 150,68% dari kondisi tanah asli. Sementara pada CBR terendam, nilai CBR meningkat sebesar 95,34% dari kondisi tanah asli.
- 4) Penambahan abu ampas tebu berpengaruh terhadap nilai *swelling* tanah lempung ekspansif. Nilai *swelling* minimum dicapai pada penambahan abu ampas tebu sebesar 8%. Nilai *swelling* menurun sebesar 94,57% dari kondisi tanah asli. Pada pengujian *swelling* bebas, nilai pengembangan menurun dari menurun sebesar 15,35% dari kondisi tanah asli.
- 5) Waktu pemeraman berpengaruh terhadap nilai CBR dan *swelling* tanah lempung ekspansif. Pada penambahan abu ampas tebu sebesar 8% dengan waktu pemeraman 4 hari, nilai CBR tak terendam meningkat sebesar 2,38% dari kondisi tanah asli, nilai CBR terendam meningkat sebesar 15,25% dari kondisi tanah asli, dan nilai *swelling* menurun sebesar 77,68%. Sementara itu dengan waktu pemeraman 14 hari, nilai CBR tak terendam menurun sebesar 11,13%, nilai CBR terendam menurun sebesar 12,46%, dan nilai *swelling* meningkat sebesar 100,298%.

SARAN

Saran-saran yang dianjurkan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

- 1) Perlu adanya penelitian lanjutan dengan bahan tambahan yang dapat meningkatkan reaksi pozolanik atau sementasi pada campuran tanah lempung ekspansif dan abu ampas tebu.
- 2) Perlu adanya penelitian lanjutan CBR dan *swelling* dengan variasi waktu pemeraman yang lebih banyak agar diperoleh hasil CBR dan *swelling* yang lebih signifikan.
- 3) Perlu adanya penelitian lanjutan CBR dan *swelling* pada campuran tanah lempung ekspansif dan abu ampas tebu dengan metode pemeraman yang lebih baik.
- 4) Dalam pekerjaan lapangan, stabilisasi dengan metode penghamparan dan pencampuran bahan pada umumnya dapat dilakukan pada struktur perkerasan jalan karena ketebalan tanah yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Namun jika ingin dilakukan pada tanah dengan kedalaman yang sangat besar, dapat dilakukan dengan metode deep soil mixing (DSM).

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, N. Ari. 2013. *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif*. Denpasar: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Udayana.
- 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) 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 Christady. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2013. *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Santosa, Budi dkk. 1998. *Dasar Mekanika Tanah*. Gunadarma: Jakarta.
- Saputra, Ferdian Budi. (2014). *Pengaruh Lama Waktu Curing terhadap Nilai CBR dan Swelling pada Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro dengan Pencampuran 6% Abu Sekam Padi*. Malang: Skripsi Sarjana Fakultas Teknis Universitas Brawijaya.
- Sutanto, Rachman. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Konsep dan Kenyataan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Wafid, Muhammad. 1997. *Permeabilitas Tanah Lempung Ditinjau dari Teori Lapisan Ganda*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Yudhayanto, Andi W. (2001). *Pengaruh Penambahan Geosta Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung dengan Variasi Abu Ampas Tebu*. Malang: Skripsi Sarjana Fakultas Teknis Universitas Brawijaya.