

EFEKTIFITAS PENGGUNAAN BAHAN STABILISATOR BERBASIS POZOLAN PADA TANAH BERBUTIR HALUS DITINJAU DARI SIFAT FISIK DAN MEKANIS TANAH

Nor Puji Lestari¹⁾, Anisatun Nikmah²⁾, Primasiwi Harprastanti¹⁾, Baiq Heny Sulistiawati¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang

Jln. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang, 50275

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

Jln. Kampus Ronggolawe Blok B No.1 Mentul Indah Cepu Blora, 58315

Email: nor.puji@polines.ac.id

ABSTRAK

Kerusakan bangunan struktur maupun bangunan geoteknik lainnya banyak disebabkan oleh kondisi tanah dasar dimana konstruksi tersebut berdiri. Tanah yang baik akan berfungsi untuk menopang konstruksi di atasnya. Salah satu faktor yang menentukan daya dukung tanah adalah parameter kondisi tanah. Tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang baik sehingga perlu usaha perbaikan tanah. Salah satu upaya untuk memperbaiki sifat tanah lempung tersebut dilakukan dengan stabilisasi tanah. Banyak bahan stabilisasi yang telah digunakan, antara lain semen dan bahan pozolan. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan ditinjau efektifitas bahan berbasis pozolan untuk bahan stabilisator tanah. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Tanah yang digunakan adalah tanah di desa Wirosari Kabupaten Grobogan. Kadar campuran yang digunakan adalah 16% dan 20% untuk bagasse ash maupun semen. Efektifitas penggunaan bahan campuran dilihat dari sifat fisik meliputi batas-batas konsistensi tanah dan sifat mekanis dengan uji pemadatan. Dari hasil pengujian dan analisis data diperoleh bahwa tanah asli termasuk jenis tanah berbutir halus kelompok A-7-5 dengan potensi pengembangan sedang. Nilai LL, PL dan PI berturut-turut adalah 77,3%; 60% dan 17,3%. Setelah dilakukan penambahan bahan stabilisator diperoleh tren yang sama untuk setiap campuran, yaitu LL menurun, PL meningkat dan PI menurun. Sedangkan pada sifat fisik kadar campuran tanah-bagasse ash 16% memberikan nilai kepadatan yang lebih tinggi di banding campuran tanah semen. Tetapi jika kadar campuran ditambah tren kepadatan tanah akan menurun.

Kata kunci: Bagasse ash, semen, stabilisasi, kepadatan.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu aspek penting dalam konstruksi yang memerlukan perhatian saat perencanaan. Tanah yang baik akan berfungsi untuk menopang konstruksi di atasnya. Salah satu faktor yang menentukan daya dukung tanah adalah parameter kondisi tanah. Sifat fisik maupun mekanis tanah menjadi input parameter yang penting dalam desain perencanaan daya dukung bangunan maupun struktur geoteknik lainnya.

Kriteria tanah stabil yang dibutuhkan untuk mendukung struktur

yang dibangun adalah daya dukung tanah tinggi serta penurunan yang terjadi tidak boleh melebihi penurunan yang diizinkan (Pratama, Hendri, & Sarie, 2021). 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 berbutir halus. Tanah lempung pada umumnya merupakan material tanah dasar yang jelek, hal ini dikarenakan kekuatan gesernya sangat rendah sehingga pembuatan suatu konstruksi di atas lapisan tanah ini selalu menghadapi

beberapa masalah seperti daya dukung yang rendah dan sifat kembang susut yang besar (Alfian, Afriani, & Iswan, 2015). Salah satu upaya untuk memperbaiki sifat tanah lempung tersebut dilakukan dengan stabilisasi tanah menggunakan bahan-bahan tertentu dengan tujuan untuk mendapatkan tanah dasar menjadi stabil pada semua kondisi.

Metode stabilisasi tanah yang pernah dilakukan antara lain dengan semen, kapur, abu sekam padi, serta bahan lain seperti material sisa dari abu pembakaran batu bara maupun ampas tebu. Namun dalam penelitian ini digunakan bahan stabilisasi berupa abu ampas tebu dan semen. Dari penelitian yang dilakukan Purnomo, dkk (2012, dalam Hanun, Setiawan, & Afluddin, 2019) komponen-komponen penyusun dari *bagasse ash* adalah SiO_2 , K_2O , CaO , Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , LOI (karbon), dan komponen penyusun lainnya. Ketika ampas tebu ini dibakar, kandungan silika (SiO_2) meningkat menjadi 64,65%.

Penelitian ini sejalan dengan hasil pengujian yang dilakukan oleh Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado yang menunjukkan kandungan silikat abu ampas tebu sebesar 68,5% sehingga abu ampas tebu memiliki sifat pozzolan. Menurut standar ASTM C 125-07 (2007), pozzolan adalah bahan yang mempunyai silika atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen, dan apabila bereaksi dengan senyawa alumina seperti Al_2O_3 dan CaO yang terkandung dalam tanah lempung akan bertambah keras (Budiman, 2013). Dengan ukuran butiran yang halus dan kandungan silika

yang tinggi maka limbah ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen (Rompas, Pandaleke, Mangare, & Pangouw, 2013). Kondisi ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Adiguna dan Wahyudi (2020) yang menunjukkan bahwa substitusi abu ampas tebu pada beton juga mampu meningkatkan kuat tekan beton.

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis, dengan kandungan *quicklime* (CaO) maupun *hydrated lime* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang tinggi sehingga memiliki pengaruh yang besar terhadap stabilitas tanah lempung. Campuran tanah-semen telah banyak digunakan terutama dalam pekerjaan jalan raya dan lapangan terbang (Hardiyatmo, 2010). Dari karakteristik dasar semen jauh lebih baik sebagai bahan pengikat hidrolis dibandingkan dengan kapur, karena unsur-unsur lain yang terdapat pada semen yang dapat mempengaruhi karakteristiknya. Sehingga kekuatan semen jauh lebih baik dibandingkan dengan kapur, tentunya nilai indeks plastisitas semakin berkurang, dengan penurunan batas cair dan peningkatan batas plastisitas. Demikian pula dengan batas susut yang secara umum mengalami kenaikan. Keadaan ini menunjukkan karakteristik penyusutan dan pengembangan tanah akan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan apabila ditambahkan kapur (Anggraeni & Batti, 2019).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, maka perlu ditinjau lebih dalam tentang bagaimana efektifitas penggunaan bahan stabilisasi tanah yang memiliki kandungan pozzolan dalam hal ini adalah *bagasse ash* (abu ampas tebu) jika dibandingkan dengan penggunaan semen terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis pada tanah lempung lunak setelah di stabilisasi. Tujuan yang ingin

dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung di daerah Wirosari serta membandingkan pengaruh penggunaan bahan stabilisasi berupa abu ampas tebu maupun semen pada variasi yang sama, yaitu sebesar 0%, 16% dan 20% terhadap sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui efektivitas campuran tanah semen dan tanah abu ampas tebu. Pembuatan dan pengujian terhadap sampel tanah dilakukan di laboratorium mekanika tanah. Lokasi pengambilan sampel tanah lempung yang digunakan terletak di desa Wirosari Kabupaten Grobogan. Pengujian yang dilakukan berupa uji sifat fisik dan mekanik tanah yang terdiri dari pengujian kadar air, berat isi tanah, gradasi butiran, batas-batas konsistensi tanah dan pemadatan. Peralatan dan analisa pengujian yang digunakan didasarkan pada peraturan ASTM yang berlaku untuk tiap-tiap jenis pengujian yang dilakukan yaitu:

1. pengujian kadar air (ASTM D-2216-71),
2. pengujian berat jenis tanah (ASTM D-854-72),
3. pengujian analisa saringan dan hidrometer (ASTM C 136-46; ASTM D-421-58),
4. pengujian batas-batas konsistensi tanah (ASTM D423-66; ASTM D-424-74; ASTM D-427-74),
5. pengujian pemadatan (ASTM D-698).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel tanah lempung, abu ampas tebu dan semen, dengan batasan sebagai berikut:

1. Tanah lempung yang digunakan merupakan tanah dalam kondisi terganggu (*undisturbed*) dan tanah terganggu (*disturbed*). Tanah tersebut diambil pada kedalaman \pm 100 cm dari permukaan tanah atas dengan menggunakan bor tangan dan tabung penyimpanan sampel. Sedangkan tanah terganggu diambil pada kedalaman yang sama disekitar lokasi sampel tidak terganggu dengan menggunakan cangkul.
2. Abu ampas tebu (*bagasse ash*) diperoleh dari PT. Gendhis Multi Manis yang kemudian dikeringkan dan diayak dengan saringan No. 200. Variasi penambahan abu ampas tebu yang ditambahkan sebesar 16% dan 20% dari berat sampel tanah.
3. Semen yang digunakan dalam pengujian ini adalah semen yang dibeli dari toko bangunan yaitu semen Portland merk Holcim. Variasi kadar semen yang digunakan sama dengan kadar abu ampas tebu, yaitu 6% dan 20%.

Pelaksanaan pengujian sampel dimulai dari tahapan persiapan. Pada tahap ini dilakukan uji karakteristik tanah asli yang meliputi uji kadar air, uji berat jenis, uji gradasi butiran dan uji batas-batas konsistensi tanah. Hasil dari tahap persiapan adalah diperoleh klasifikasi tanah lempung yang digunakan baik menurut klasifikasi AASHTO maupun USCS. Setelah diperoleh jenis tanahnya, kemudian dilakukan pembuatan benda uji, yaitu dengan mencampur tanah dengan kadar abu ampas tebu maupun semen sesuai dengan nilai yang telah ditetapkan diawal. Banyaknya abu ampas tebu maupun semen yang ditambahkan dalam tanah sesuai dengan besarnya prosentase variasi terhadap berat tanah. Kemudian

dilakukan pemeraman sampel dan pengujian sifat fisik dan mekanik tanah. Uji sifat fisik dan mekanis tanah yang dilakukan meliputi uji batas-batas konsistensi dan uji pemadatan standar.

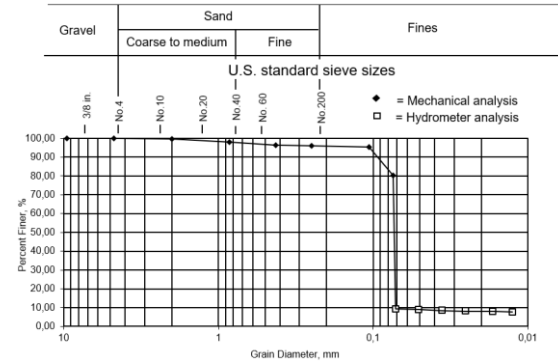
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Asli

Hasil interpretasi pengujian sampel tanah yang diperoleh di lapangan, didapatkan bahwa secara umum, tanah di desa Wirosari Kabupaten Grobogan memiliki kadar air berkisar antara 10,11% hingga 21,82%. Nilai spesifik gravity yang diperoleh sebesar 2,59. Sedangkan dari uji gradasi butiran, diperoleh distribusi ukuran butiran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan grafik distribusi ukuran butir, dapat diketahui bahwa 80% butiran tanah memiliki diameter butiran kurang dari 0,075 mm. Jika dilihat dari prosentase butiran yang lolos saringan No. 200 lebih dari 50%, maka jenis sampel tanah yang digunakan termasuk dalam jenis tanah berbutir halus. Nilai batas-batas konsistensi tanah ditentukan berdasarkan hasil pengujian di laboratorium. dari hasil pengujian diperoleh nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL) sebesar 77,30% dan 60%, sedangkan nilai indeks plastisitasnya sebesar 17,30%. Menurut ASTM D-1883 tentang perkiraan pengembangan dan persen pengembangan berdasarkan indeks plastisitas (PI), maka sampel tanah yang digunakan termasuk dalam jenis tanah agak ekspansif.

Sedangkan menurut Chen (1988, dalam Hardiyatmo, 2010) dengan nilai PI 17,30% maka tanah memiliki potensi pengembangan sedang.



Gambar 1. Distribusi ukuran butiran

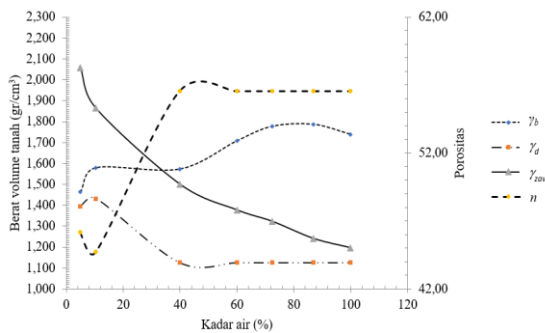
Rekapitulasi hasil uji karakteristik tanah asli dapat dilihat pada Tabel 1. Dari nilai batas-batas konsistensi dan hasil plotting distribusi ukuran butiran, tanah dapat diklasifikasikan berdasar parameter-parameter tersebut. Menurut sistem klasifikasi AASHTO maka tanah ini digolongkan sebagai kelompok tanah A-7 (tanah berlempung) dan jika ditinjau dari nilai PL ($PL > 30\%$) maka sampel tanah termasuk sub kelompok A-7-5. Tanah golongan ini termasuk golongan tanah buruk dan kurang baik digunakan sebagai tanah dasar pondasi. Sedangkan jika sistem klasifikasi yang digunakan adalah sistem klasifikasi USCS, maka dari parameter tanah yang lolos saringan No. 200, nilai LL dan PI jenis tanah secara umum dikategorikan golongan tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi dengan kelompok MH atau OH.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Tanah

No	Pemeriksaan	Satuan	Nilai
1.	Kadar air (w)	%	21,82
2.	Berat jenis tanah (G_s)	gr/cm ³	2,59
3.	Batas cair (LL)	%	77,30
4.	Batas plastis (PL)	%	60,00
5.	Indeks plastisitas (PI)	%	17,30

No	Pemeriksaan	Satuan	Nilai
6.	Batas susut (SL)	%	10,56
7.	Berat isi kering tanah (γ_d)	%	1,432
8.	Porositas (n)	gr/cm ³	42,12
9.	Angka pori (e)	%	0,73
10.	Aktivitas (A)	%	2,35

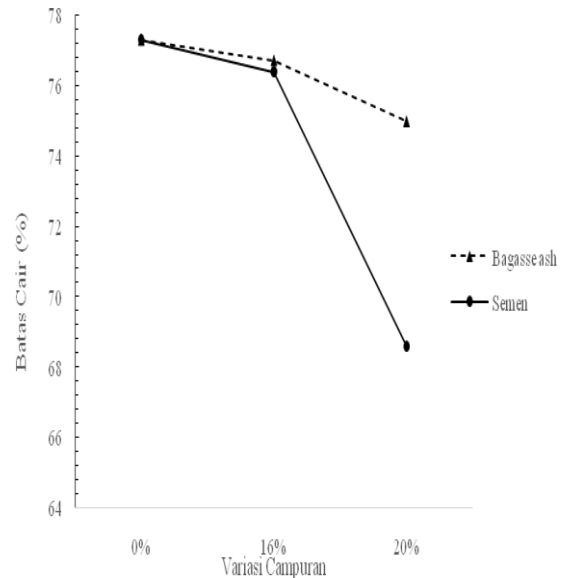
Hasil pengujian pemadatan tanah dengan standar Proktor pada tanah lempung tanpa tambahan bahan stabilisasi disajikan dalam Gambar 2. Dari hasil pengujian dan analisis data, diperoleh tanah asli memiliki nilai kadar optimumnya (OMC) adalah 10% dan nilai berat isi kering maksimum (MDD) sebesar 1,432 gr/cm³.



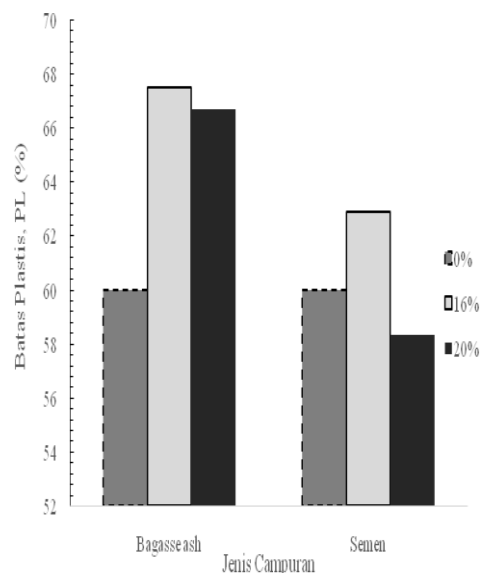
Gambar 2. Hubungan kadar air dan berat volume tanah

Hasil Uji Batas-Batas Konsistensi Tanah Campuran

Perbandingan nilai – nilai batas konsistensi tanah asli dan tanah campuran dengan variasi campuran *bagasse ash* maupun semen dapat dilihat pada Gambar 3 hingga Gambar 5. Penggunaan tambahan *bagasse ash* dan semen pada tanah lempung untuk variasi 16% dan 20% menunjukkan tren penurunan yang sama pada nilai batas cair (LL). Kondisi ini menunjukkan bahwa adanya capuran bahan stabilisator pada tanah lempung, mampu menyerap kandungan air yang ada di dalam tanah lempung.



Gambar 3. Pengaruh variasi campuran terhadap batas cair

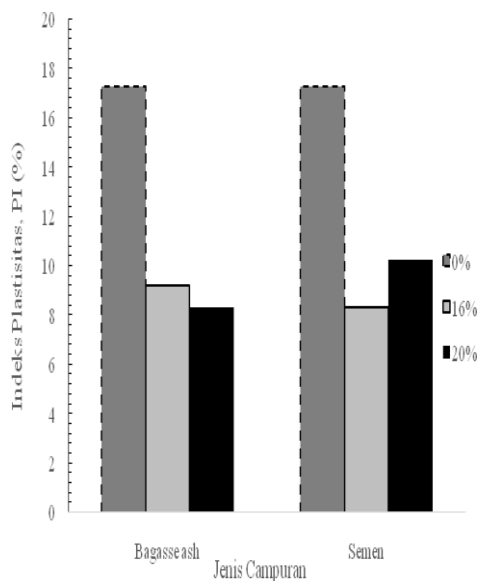


Gambar 4. Pengaruh jenis bahan stabilisasi terhadap batas plastis tanah

Pada penambahan *bagasse ash* maupun semen dengan variasi 16% menunjukkan nilai yang hampir sama. Namun jika digunakan kadar campuran sebesar 20%, menunjukkan penurunan nilai LL yang cukup signifikan. Kondisi ini membuktikan bahwa semakin banyak kadar semen yang digunakan pada campuran tanah berbutir halus maka kekuatan tanah akan meningkat. Jika ditinjau dari nilai PL maka menunjukkan tren peningkatan pada variasi kadar

campuran 16% dan 20% baik untuk bagasse ash maupun semen. Kenaikan batas plastis ini disebabkan karena butiran tanah menjadi lebih besar dari sebelum dilakukan pencampuran dengan bahan stabilisator.

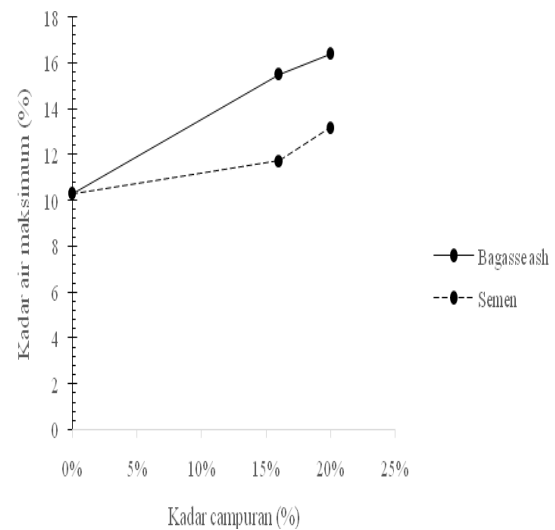
Dengan berkurangnya batas cair dan peningkatan batas plastis, maka secara teoritis nilai indeks plastisitas tanah akan menurun. Kondisi ini sesuai dengan tren penurunan yang ditunjukkan pada hasil analisis indeks plastisitas yang ditunjukkan pada Gambar 5.



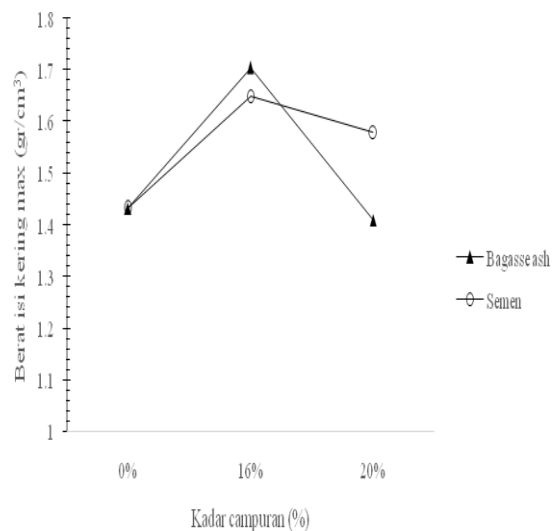
Gambar 5. Pengaruh kadar campuran bahan stabilisasi terhadap nilai PI

Hasil Uji Pematatan Tanah Campuran

Hasil pengujian kepadatan tanah asli maupun tanah campuran yang diperoleh dari laboratorium dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7 berikut.



Gambar 6. Pengaruh kadar campuran terhadap kadar air optimum



Gambar 7. Pengaruh kadar campuran terhadap berat volume kering tanah

Kadar air optimum pada tanah asli adalah 10,32%. Kadar air optimum untuk pematatan tanah mengalami peningkatan seiring dengan penambahan abu ampas tebu maupun semen pada kadar campuran 16% maupun 20%. Sedangkan berat volume kering pada tanah campuran mengalami penurunan. Pada kadar campuran 16%, penggunaan abu ampas tebu lebih efektif daripada penambahan semen jika ditinjau dari nilai berat volume kering

maksimum tanah. Namun jika kadarnya ditambah maka penggunaan abu ampas tebu kurang efektif karena nilai berat volume tanah yang menunjukkan penurunan yang cukup signifikan, sedangkan pada penambahan kadar semen menunjukkan penurunan yang tidak relatif kecil.

SIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan terhadap data hasil pengujian di laboratorium, adalah sebagai berikut:

1. Sifat fisik tanah di Desa Wirosari Kabupaten Grobogan berdasar analisa ukuran butiran termasuk jenis tanah berbutir halus dengan nilai LL, PL sebesar 77,30% dan 60%, sedangkan IP sebesar 17,30% dan klasifikasikan dalam kelompok A-7-5 (AASHTO), memiliki potensi pengembangan sedang dengan berat jenis 2,59. Sedangkan sifat mekanis tanah dari uji pemadatan diperoleh kadar air optimum 10,32% dan berat volume kering maksimum 1,432 gr/cm³.
2. Penambahan bagasse ash maupun semen pada tanah lempung di Desa Wirosari Kabupaten Grobogan cukup efektif untuk meningkatkan batas konsistensi tanah. Sifat fisik tanah campuran jika ditinjau dari batas-batas konsistensi menunjukkan bahwa dengan campuran yang sama batas cair mengalami penurunan, batas plastis meningkat dan indeks plastisitasnya meningkat.
3. Sifat mekanis tanah campuran jika ditinjau dari kepadatan tanah pada kadar campuran yang sama, menunjukkan bahwa semakin banyak kadar campuran *bagasse ash* maupun semen menghasilkan nilai berat volume keringnya akan

semakin menurun. Tetapi dengan kadar 16% untuk campuran tanah-bagasse ash menghasilkan kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan campuran tanah-semen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, & Wahyudi, A. (2020). *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Limbah Pabrik Gula Cinta Manis Kabupaten Ogan Ilir Sebagai Additive Beton*. Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Volume 17 No. 1, Juni 2020, 46-54.
- Alfian, R., Afriani, L., & Iswan. (2015). *Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi Yang Dicampur Zeolit*. JRSDD, Edisi Juni 2015, Vol. 3, No. 2, Hal:221 – 236 (ISSN:2303-0011), 221-236.
- Anggraeni, D., & Batti, A. S. (2019). *Analisis Efektivitas Penggunaan Abu Tempurung Kelapa Dan Semen Sebagai Solusi Peningkatan Daya Dukung Dan Stabilitas Tanah Lempung*. Portal Sipil, Volume 8 No. 2 Desember 2019, 12-28.
- Budiman, N. A. (2013). *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 17, No. 1, Januari 2013, 84-96.
- Hanun, J. N., Setiawan, A., & Afluddin, A. E. (2019). *Karakteristisasi Limbah Bagasse Ash Pabrik Gula sebagai Alternatif Bahan Dasar Zeolit Sintesis*. National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology (pp. 23-28). Surabaya: Program Studi D4

Teknik Pengolahan Limbah –
Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya.

Hardiyatmo, H. C. (2010). *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Pratama, B. B., Hendri, O., & Sarie, F. (2021). *Analisis Peningkatan Nilai Kuat Geser Tanah Gambut Dengan Bahan Stabilisasi Abu Ampas Tebu dan Kapur*. Jurnal Kacapuri Jurnal Keilmuan Teknik Sipil Volume 4 Nomor 2 Edisi Desember 2021, 131-142.

Rompas, G. P., Pandaleke, R., Mangare, J. B., & Pangouw, J. D. (2013). *Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.2, Januari 2013 , 82-89.