

PHYSICAL CHARACTERISTICS AND SHEAR STRENGTH OF CLAY STABILIZED USING LIME AND BAGASSE ASH

SIFAT FISIS DAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR DAN ABU AMPAS TEBU

Agus Susanto ¹⁾, Renaningsih ²⁾, Dhamis Tri Ratna Puri ³⁾

1) Civil Engineering Department, Muhammadiyah University of Surakarta, e-mail : agus_susanto_98@yahoo.com

2) Civil Engineering Department, Muhammadiyah University of Surakarta, e-mail : sdynaningsih@yahoo.co.id

3) Civil Engineering Department, Muhammadiyah University of Surakarta

ABSTRACT

Based on the research conducted by Wiqoyah (2003), soil in Jono Village, Tanon, Sragen, is unorganic clay with high plasticity. In the rainy season, the soil becomes soft and its strength is very weak while in the dry season it becomes hard and cracks due to shrinkage. Therefore, it is necessary to examine its physical properties and mechanics to make the strength of construction best fit with the soil properties used as basic building through stabilization. In this study soil is stabilized using 8% lime and bagasse ash with variation of 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, and 15% of the weight of the sample. The test of soil stabilisation results include a series of tests covering specific gravity, water content, atterberg limits, sieve analysis, hydrometer, and standard Proctor. The Direct Shear Test was done with 3 and 7 days of care. The findings show that the soil stabilization based on AASHTO classification system include the group of A-5, A-2-5 and A-2-4 while based on the USCS classification, the stabilization results involve the SC and SM. In the soil of stabilization results, along with the increasing of the percentage of bagasse ash addition the value of specific gravity, liquid limit, plastic limit, plasticity index and percentage pass sieve 200 tend to decrease, the shrinkage limit turns to increase. From the standard Proctor test the optimum moisture content tends to decrease and the dry weight has a tendency to increase. Shear strength values with 3 days and 7 days of care tends to increase along with the addition of bagasse ash. Cohesion and friction angle values are the highest in the soil sample with 7 days of treatment with the addition of 15% bagasse ash which amount 0,360 kg/cm² and 51,23°.

Key words: bagasse ash, lime, shear strength, physical properties, stabilization

ABSTRAK

Tanah di Desa Jono, Tanon, Sragen menurut hasil penelitian Wiqoyah (2003) adalah tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Pada saat musim hujan tanah tersebut menjadi lembek dan kekuatannya sangat rendah, sedangkan pada saat musim kemarau keras tetapi retak-retak akibat mengalami penyusutan. Oleh karena itu perlu pengkajian sifat-sifat fisis dan mekanis agar kekuatan konstruksi bangunan sesuai dengan sifat-sifat tanah yang layak digunakan sebagai dasar bangunan dengan cara stabilisasi. Pada penelitian ini tanah Tanon distabilisasi menggunakan kapur 8% dan abu ampas tebu dengan variasi 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% dari berat sampel. Pengujian tanah hasil stabilisasi meliputi uji berat jenis, uji kadar air, uji *Atterberg limits*, uji analisa saringan, uji hydrometer, dan uji *standard Proctor*. Pengujian *Direct Shear Test* dilakukan terhadap sampel tanah dengan perawatan 3 hari dan 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasar klasifikasi sistem *AASHTO* tanah hasil stabilisasi termasuk dalam kelompok A-5, A-2-5 dan A-2-4. Sedangkan berdasar klasifikasi *USCS*, tanah hasil stabilisasi termasuk kelompok *SC* dan *SM*. Pada tanah hasil stabilisasi, seiring dengan bertambahnya persentase penambahan abu ampas tebu nilai berat jenis, nilai batas cair, nilai batas plastis, indeks plastisitas, dan nilai persentase butiran tanah lolos saringan No. 200 cenderung menurun, sedangkan nilai batas susutnya cenderung meningkat. Dari pengujian standard proctor diperoleh kadar air optimum cenderung menurun dan berat isi kering cenderung meningkat. Nilai kuat geser dengan perawatan 3 hari dan 7 hari cenderung mengalami peningkatan seiring dengan penambahan abu ampas tebu. Nilai kohesi dan nilai sudut gesek tertinggi terjadi pada sampel tanah dengan perawatan 7 hari dengan penambahan abu ampas tebu 15% masing-masing sebesar 0,360 kg/cm² dan 51,23°.

Kata-kata kunci : abu ampas tebu, kapur, kuat geser, sifat fisis, stabilisasi

PENDAHULUAN

Tanah memiliki peran yang sangat penting dalam dunia konstruksi, karena tanah merupakan pendukung kekuatan konstruksi, baik berupa gedung, jembatan, jalan raya, bangunan air dan sebagainya. Tanah di Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen merupakan tanah yang bermasalah. Hal ini dapat dilihat bahwa pada musim kemarau retak-retak dan keras sedangkan pada musim hujan lembek, lengket, dan kekuatannya menjadi rendah. Hal ini berakibat pada sering rusaknya konstruksi bangunan di atasnya.

Menurut Wiqoyah (2003) tanah Desa Jono, Tanon ini merupakan tanah lempung dengan persentase 94,13% lolos saringan Nomor 200, batas cair (LL) = 88,03% , indeks plastisitas (IP) = 49,44%. Berdasarkan metode *American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASHTO)*, tanah lempung Tanon termasuk dalam kelompok A-7-5 dan berdasarkan klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)* termasuk ke dalam kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.

Untuk menangani permasalahan tanah Tanon tersebut diperlukan pengkajian tentang upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut agar layak digunakan sebagai pendukung konstruksi bangunan dengan cara distabilisasi. Stabilisasi tanah merupakan perbaikan tanah yang memungkinkan tanah tersebut menjadi lebih baik sehingga secara teknis tanah memenuhi syarat untuk sebuah konstruksi. Stabilisasi tanah dilakukan dengan cara mencampur tanah asli dengan bahan stabilisator diantaranya adalah semen, kapur, pasir, *fly ash*, abu sekam padi dan abu ampas tebu. Semua bahan – bahan yang dipakai sebagai stabilisator harus dapat memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Dapat bereaksi dengan tanah asli dan bercampur dengan material yang terkandung didalamnya.
2. Bersifat permanen dan mudah dikerjakan.
3. Mudah didapat dan ekonomis.

Industri pembuatan gula yang menggunakan tanaman tebu sebagai bahan utamanya menghasilkan limbah yang disebut ampas tebu. Ampas tebu banyak digunakan sebagai bahan bakar pada proses pembuatan gula. Dari sisa pembakaran ampas tebu tersebut, menyisakan abu ampas tebu. Abu ampas tebu mengandung silika yang cukup tinggi sehingga sangat menguntungkan karena pada kondisi yang sesuai dapat bereaksi dengan kapur.

Tulisan ini membahas penelitian yang berupa rangkaian percobaan dan pengujian di laboratorium guna mencari solusi terhadap permasalahan tanah lempung dengan mencampur tanah lempung Tanon

dengan kapur dan abu ampas tebu yang bertujuan dapat memperbaiki sifat fisis dan kuat gesernya.

Sifat fisis tanah yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah (Wesley, 1994 dalam Parwanto, 2011). Pengujian sifat fisis tanah berupa: berat jenis, gradasi butiran tanah dan batas-batas Atterberg. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada temperatur 27°C (Hardiyatmo, 1992). Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut *konsistensi*. Batas-batas konsistensi menurut Atterberg meliputi batas cair (LL), batas plastis (PL) dan batas susut (SL).

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Parameter kuat geser tanah ditentukan dari uji-uji laboratorium pada benda uji yang diambil dari lapangan (Hardiyatmo, 2002). Untuk mengetahui kuat geser tanah salah satu caranya adalah dengan pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*).

Pengujian kuat geser langsung adalah untuk menentukan kuat geser tanah setelah mengalami konsolidasi akibat suatu beban dengan drainase 2 arah. Dalam perhitungan mekanika tanah, kuat geser ini biasa dinyatakan dengan kohesi (C) dan sudut gesek dalam (ϕ).

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (1)$$

dengan :

- σ = Tegangan normal (kg/cm^2)
- τ = Tegangan geser (kg/cm^2)
- c = Kohesi tanah (kg/cm^2)
- σ_n = Tegangan normal bidang geser (kg/cm^2)
- ϕ = Sudut geser dalam tanah ($^\circ$)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melaksanakan serangkaian pemeriksaan dan pengujian tanah di laboratorium sesuai dengan data-data yang diperlukan.

Pelaksanaan penelitian dimulai dari pengambilan sampel tanah dari Desa Jono, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen dan abu ampas tebu dari pabrik gula Tasik Madu, Karanganyar. Tanah kemudian dibuat kondisi kering udara dan dibuat lolos saringan No. 4.

Selanjutnya melakukan pencampuran sampel tanah dengan kapur 8% dan abu ampas tebu dengan variasi 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15% dari berat sampel tanah dan dipemeram selama 24 jam. Dilanjutkan dengan pengujian sifat fisis tanah campuran yang terdiri dari *Atterberg limit* yaitu batas cair (LL), batas plastis (PL), batas susut (SL), *specific gravity* dan gradasi butiran masing – masing variasi. Selanjutnya melakukan uji *standard proctor* dengan tujuan untuk

mencari kadar air optimum dan berat volume kering maksimum masing – masing variasi sampel.

Hasil pengujian sifat fisis digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasi tanah. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian *Direct Shear Test (DST)* terhadap masing – masing variasi persentase abu ampas tebu dengan kadar air optimum (W_{opt}) hasil uji *standard proctor* dengan variasi perawatan 3 dan 7 hari.

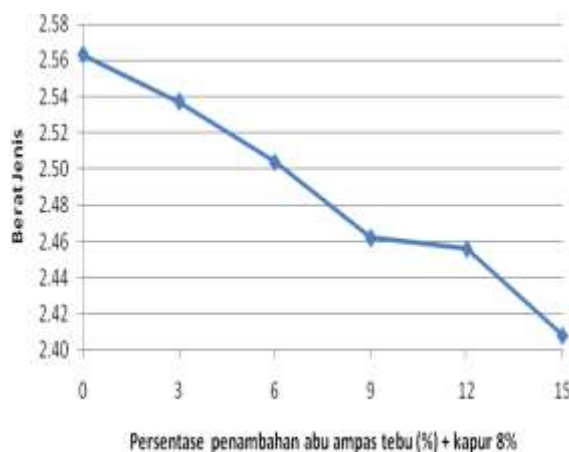
Selanjutnya dari hasil pengujian-pengujian di atas dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian. Kemudian dari langkah-langkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian berat jenis campuran dilakukan dengan sampel tanah asli dengan penambahan kapur sebesar 8% dan variasi penambahan abu ampas tebu. Hasil pengujian berat jenis tanah hasil stabilisasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Hasil pengujian berat jenis tanah

Tanah + kapur 8%	Berat jenis
+ abu 0%	2,563
+ abu 3%	2,537
+ abu 6%	2,504
+ abu 9%	2,462
+ abu 12%	2,456
+ abu 15%	2,408
Tanah asli	2,600



Gambar 1. Grafik hubungan antara berat jenis dan persentase penambahan abu ampas tebu

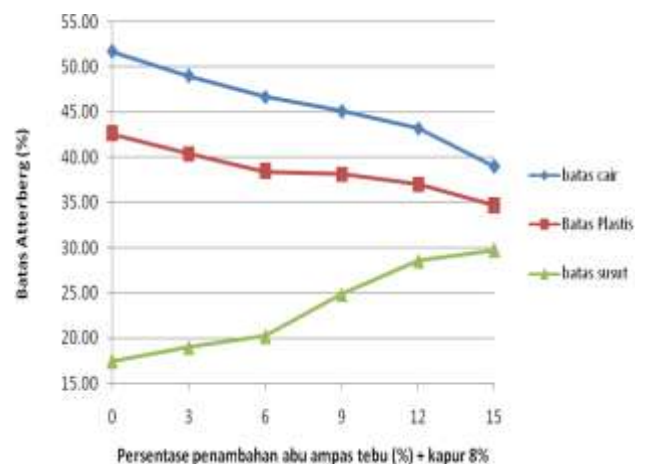
Gambar 1 menunjukkan adanya kecenderungan penurunan nilai berat jenis seiring penambahan persentase abu ampas tebu. Hal ini disebabkan karena bercampurnya 3 bahan dengan berat jenis yang berbeda – beda. Nilai berat jenis dari kapur dan abu ampas tebu yang lebih rendah jika dibandingkan

dengan berat jenis tanah asli, menyebabkan penurunan berat jenis tanah setelah distabilisasi.

Uji batas *atterberg* yang dilakukan adalah uji batas cair (*LL*), batas plastis (*PL*) dan batas susut (*SL*). Nilai indeks plastisitas (*PI*) dihitung berdasarkan nilai *LL* dan *PL*. Pengaruh penambahan persentase abu ampas tebu terhadap nilai batas *atterberg* ditunjukkan pada Tabel 2 dan besarnya perubahan penambahan persentase abu ampas tebu terhadap nilai batas *atterberg* ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil pengujian *Atterberg limits*

Tanah + kapur 8%	<i>LL</i> (%)	<i>PL</i> (%)	<i>SL</i> (%)	<i>PI</i> (%)
+ abu 0%	51,70	42,59	17,48	9,11
+ abu 3%	49,00	40,38	18,89	8,62
+ abu 6%	46,70	38,43	20,21	8,27
+ abu 9%	45,10	38,15	24,87	6,95
+ abu 12%	43,20	37,04	28,57	6,16
+ abu 15%	39,00	34,62	29,75	4,38
Tanah asli	88,03	38,58	10,73	49,44



Gambar 2. Grafik hubungan antara batas atterberg dengan persentase abu ampas tebu + kapur 8%

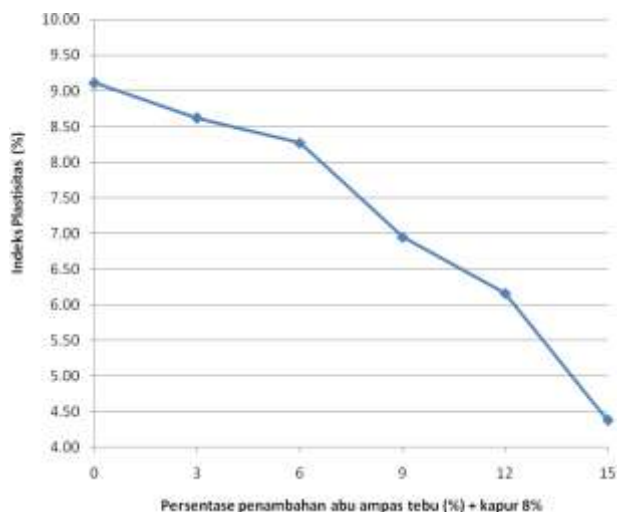
Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai batas cair (*LL*) tanah campuran ini cenderung mengalami penurunan. Semakin besar persentase abu ampas tebu, maka semakin kecil batas cairnya. Pada tanah asli batas cair mencapai 88,03% sedangkan nilai batas cair terendah pada penambahan abu ampas tebu 15% sebesar 39%. Hal ini disebabkan tanah mengalami proses sementasi sehingga tanah menjadi butiran yang lebih besar yang menjadikan gaya tarik menarik antar partikel dalam tanah menurun.

Nilai batas plastis (*PL*) tanah ditambah 8% kapur lebih besar dibandingkan tanah asli, tetapi seiring bertambahnya persentase abu ampas tebu nilai batas plastis mengalami penurunan. Nilai batas plastis tanah asli menunjukkan 38,58% dan pada

penambahan abu ampas tebu 15% menunjukkan nilai sebesar 34,62%. Hal ini juga disebabkan karena adanya proses sementasi pada butiran tanah.

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa batas susut (*SL*) cenderung meningkat seiring dengan penambahan abu ampas tebu. Hal ini disebabkan oleh adanya proses sementasi butiran tanah yang pada awalnya butirannya kecil menjadi butiran yang lebih besar sehingga luas permukaan spesifik butiran akan semakin kecil, sehingga jika terjadi perubahan kadar air volume tidak mengalami pengembangan dan penyusutan.

Sedangkan nilai indeks plastis cenderung mengalami penurunan karena menurunnya nilai batas cair dan batas plastis. Namun, penurunan nilai batas cair lebih signifikan dibandingkan dengan penurunan yang terjadi pada batas plastis. Sehingga menyebabkan terjadinya penurunan indeks plastisitas. Penurunan indeks plastisitas dapat dilihat pada Gambar 3.

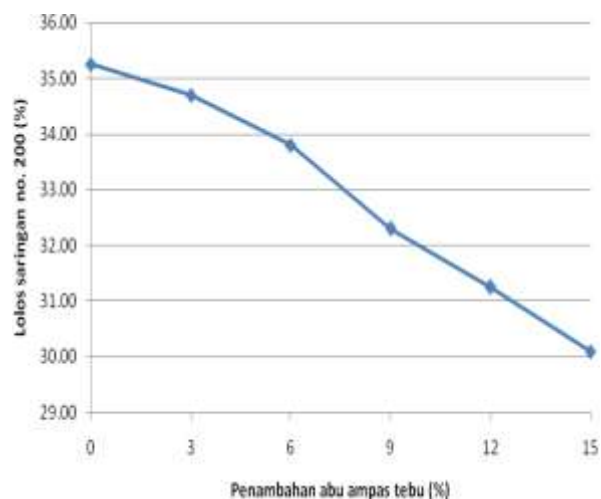


Gambar 3. Grafik hubungan antara indeks plastisitas dengan penambahan persentase abu ampas tebu + kapur 8%

Berdasarkan pengujian analisa saringan dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase fraksi yang lolos saringan No 200.

Tabel 3. Persentase butiran lolos saringan No 200

Tanah + kapur 8%	Persentase lolos saringan No. 200
+ abu 0%	35,25
+ abu 3%	34,70
+ abu 6%	33,80
+ abu 9%	32,30
+ abu 12%	31,25
+ abu 15%	30,10
Tanah asli	94,13



Gambar 4. Grafik hubungan antara persentase lolos saringan no. 200 dengan persentase penambahan abu ampas tebu

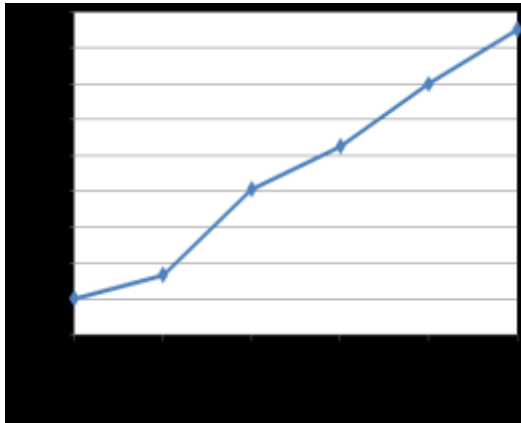
Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu menyebabkan penurunan fraksi halus, hal ini disebabkan oleh adanya proses sementasi yang mengakibatkan butiran menjadi lebih besar sehingga fraksi yang lolos saringan no. 200 semakin sedikit.

Pengujian pemadatan *standard Proctor* dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum. Kadar air optimum yang diperoleh dari pengujian ini akan digunakan sebagai pijakan dalam pembuatan sampel untuk pengujian selanjutnya yaitu pengujian *Direct Shear Test (DST)*.

Hasil uji *standard Proctor* yang berupa berat isi kering maksimum dan kadar air optimum dapat dilihat pada Tabel 4.

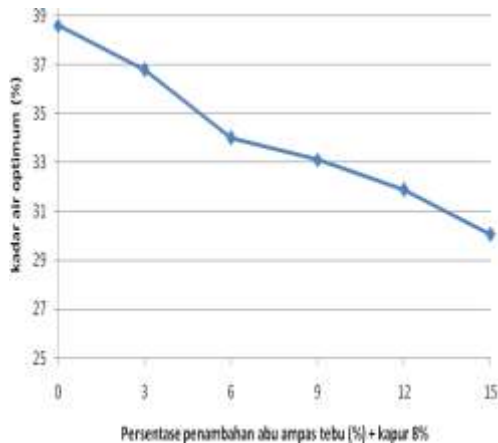
Tabel 4. Hasil pengujian *standard Proctor*

Tanah + kapur 8%	γ_d max (gr/cm ³)	W optimum (%)
+ abu 0%	1,160	38,60
+ abu 3%	1,173	36,80
+ abu 6%	1,221	34,00
+ abu 9%	1,245	33,12
+ abu 12%	1,280	31,89
+ abu 15%	1,310	30,05
Tanah asli	1,270	36,50



Gambar 5. Grafik hubungan antara berat volume maksimum dengan penambahan persentase abu ampas tebu + kapur 8%

Gambar 5 menunjukkan bahwa dengan penambahan abu ampas tebu cenderung menunjukkan adanya peningkatan berat isi kering maksimum. Besarnya nilai berat isi kering maksimum pada atau tanah asli adalah 1,315 gr/cm³, namun pada penambahan kapur 8% mengalami penurunan yaitu menjadi 1,16 gr/cm³ namun seiring dengan penambahan abu ampas tebu nilainya semakin meningkat. Hal ini disebabkan adanya abu ampas tebu yang mengisi rongga-rongga di antara butiran tanah sehingga air tidak dapat masuk ke dalamnya. Dengan terisinya rongga-rongga tanah oleh abu ampas tebu maka tingkat kerapatan tanah campuran akan meningkat.



Gambar 6. Grafik hubungan antara kadar air optimum dengan penambahan persentase abu ampas tebu + kapur 8%

Pada Gambar 6 terlihat nilai kadar air optimum tanah asli yaitu 30,50% mengalami peningkatan pada penambahan kapur 8%, yaitu mencapai 38,6%. Akan tetapi cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan abu ampas tebu. Apabila suatu tanah dipadatkan, tanah akan mempunyai rongga

yang semakin kecil. Rongga tersebut akan diisi oleh abu ampas tebu yang berfungsi sebagai *filler*, sehingga air yang dibutuhkan sedikit, hal ini yang akan menjadikan kadar air optimum akan menurun seiring dengan bertambahnya abu ampas tebu.

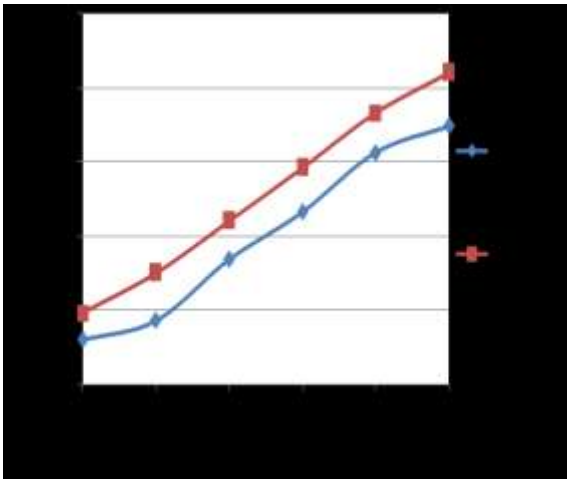
Pengujian *direct shear* dilakukan terhadap sampel tanah lempung dengan penambahan kapur 8% dan penambahan persentase abu ampas tebu serta memperhatikan lama perawatan, yaitu selama 3 dan 7 hari dengan menggunakan kadar air optimum yang diperoleh dari uji standard proctor. Tujuan pengujian *direct shear* adalah untuk mencari nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ) dari masing-masing variasi persentase abu ampas tebu, termasuk variasi lama perawatan. Hasil perhitungan kohesi dan sudut gesek dalam pada penambahan variasi abu ampas tebu dan lama perawatan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Nilai kohesi dan sudut gesek dalam sampel tanah dengan perawatan 3 hari

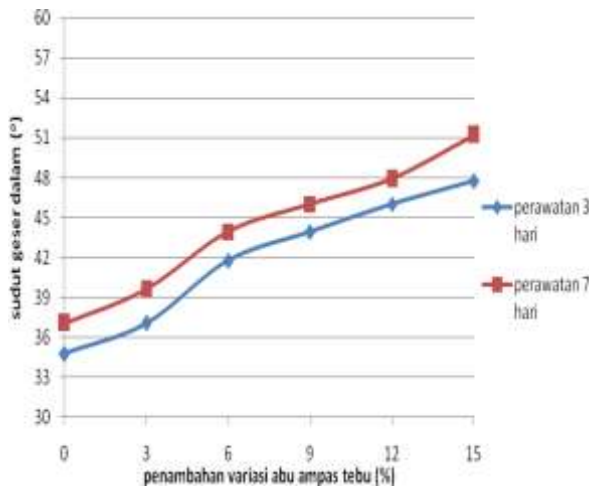
Tanah + kapur 8%	kohesi (kg/cm ²)	sudut gesek dalam (°)
+ abu 0%	0,180	34,76
+ abu 3%	0,193	37,05
+ abu 6%	0,234	41,76
+ abu 9%	0,266	43,95
+ abu 12%	0,306	46,01
+ abu 15%	0,324	47,78
Tanah asli	0,095	10,58

Tabel 6. Nilai kohesi dan sudut gesek dalam sampel tanah dengan perawatan 7 hari

Tanah + kapur 8%	kohesi (kg/cm ²)	sudut gesek dalam (°)
+ abu 0%	0,198	37,05
+ abu 3%	0,225	39,59
+ abu 6%	0,260	43,95
+ abu 9%	0,296	46,01
+ abu 12%	0,333	47,91
+ abu 15%	0,360	51,23
Tanah asli	0,089	14,27



Gambar 7. Grafik hubungan antara kohesi dan persentase penambahan abu ampas tebu



Gambar 8. Grafik hubungan antara sudut gesek dan persentase penambahan abu ampas tebu

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai kohesi dan sudut gesek dalam pada tanah distabilisasi dengan kapur 8% dan penambahan variasi abu ampas tebu cenderung semakin meningkat. Peningkatan nilai kohesi dan sudut gesek dalam dikarenakan abu ampas tebu dan kapur mengisi rongga antar butiran tanah dan terjadi proses sementasi sehingga menyebabkan bidang gesek antar butiran tanah semakin luas. Demikian juga dengan

pengaruh perawatan, nilai kohesi dan sudut gesek dalam semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena reaksi kimia kapur dengan abu ampas tebu telah bereaksi semakin baik terhadap tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil pengujian tanah dan analisis data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Stabilisasi tanah lempung Jono, Tanon, Sragen dengan kapur 8% dan variasi penambahan abu ampas tebu 0%, 3%, 6 %, 9 %, 12%, 15% menjadikan nilai kadar air, nilai berat jenis, nilai batas cair, nilai batas plastis, nilai indeks plastisitas, nilai persentase butiran tanah lolos saringan No.200 semakin menurun. Sedangkan nilai batas susut semakin meningkat.
- Berdasar klasifikasi *AASHTO* tanah lempung Jono, Tanon, Sragen setelah distabilisasi menjadi semakin baik dari kelompok A-7-5 pada tanah asli menjadi kelompok A-5 pada penambahan kapur 8% dan menjadi kelompok A-2-5 pada penambahan kapur 8% + abu ampas tebu dengan persentase 3%-12%, kemudian menjadi kelompok A-2-4 pada penambahan kapur 8% + abu ampas tebu 15%. Sedangkan berdasar klasifikasi *USCS* juga menjadi semakin baik dari kelompok *CH* menjadi kelompok *SM* pada penambahan kapur 8% + abu ampas tebu variasi 0%-6%, kemudian menjadi kelompok *SC* pada penambahan kapur 8% + abu ampas tebu variasi 9%-15%.
- Stabilisasi tanah lempung Jono, Tanon, Sragen dengan kapur 8% dan abu ampas tebu 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15% menjadikan berat isi kering maksimum tanah semakin meningkat dan nilai kadar air optimum semakin menurun.
- Seiring dengan makin besarnya persentase penambahan abu ampas tebu nilai kohesi dan sudut gesek semakin meningkat, maka nilai kuat gesernya semakin tinggi sehingga semakin baik bagi konstruksi. Nilai kuat geser untuk perawatan 7 hari lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat geser dengan perawatan 3 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C, 2002, *Mekanika Tanah II*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Haryono, S. dan Sudjatmiko, A, 2011, Kajian Kandungan Pozzolan pada Limbah Abu Ampas Tebu (Baggase Ash) dengan Suhu Pembakaran Secara Terkontrol, *Prosiding Simposium Nasional RAPI X*, Fakultas Teknik, UMS.
- Parwanto, A, 2011, Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung dengan Perawatan 3 hari (Studi Kasus Subgrade Jalan Raya Tanon, Sragen), *Tugas Akhir*, S1 Teknik Sipil, UMS.
- Wiqoyah, Q, 2003, Stabilisasi Tanah Lempung Tanon dengan Penambahan Kapur dan Tras, *Tesis*, S2 Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.