

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Sagu Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung

Agung Darmanto¹, Ariyant Nufri Muhammad², Winarno Arifin³, Muliadi Aminuddin⁴,
Mukti Maruddin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹agungdarmanto94@gmail.com; ²ariyant.nufri@gmail.com; ³winarno.arifin@umi.ac.id;
⁴muliadi.aminuddin@umi.ac.id; ⁵muktimaruddin@gmail.com

ABSTRAK

Tanah sangat berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai pekerjaan di dunia teknik sipil, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Pada pekerjaan dunia konstruksi jalan membutuhkan tanah dasar yang baik untuk meletakkan bagian-bagian pekerjaan jalan yang diletakkan diatas tanah tersebut. Limbah ampas sago bersifat lignoselulosik, memiliki serat kasar dan sukar membusuk. dimanfaatkan masyarakat untuk digunakan sebagai bangunan rumah, terutama daun, dahan dan kulit batang sago. Pengujian bahan dasar ini di maksudkan untuk mengetahui sifat-sifat dan kandungan yang terkandung pada tanah sebagai bahan pencampuran untuk dapat di campurkan pada bahan pengujian. Penambahan abu hasil pembakaran ampas sago dengan persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10% mengalami peningkatan tertinggi pada variasi persentase 6%, dengan nilai kuat tekan tak terganggu sebelum penambahan sebanyak 0,1892 Kg/cm² menjadi 0,3136kg/cm². Berdasarkan analisa hasil dan pembahasan bahwa abu hasil pembakaran ampas sago sangat mempengaruhi kondisi tanah, hal ini terlihat nilai sifat fisis tanah dan mekanis tanah yang mengalami peningkatan atau penurunan. Tentu saja hal ini di pengaruhi oleh abu ampas sago, yang dimana abu hasil pembakaran ampas sago ini memiliki kandungan yang dapat mengubah kondisi tanah lempung.

Kata Kunci: Tanah, kuat geser, sago

ABSTRACT

Soil is very useful as a building material in various jobs in the civil engineering world, be it building construction or road construction. In the world of road construction work requires a good subgrade for laying parts of the road works that are placed on the ground. Sago waste is lignocellulosic, has coarse fiber and is difficult to rot. Lignocellulose consists of three components, namely cellulose, hemicellulose and lignin. These three components are very similar to the properties of wood, so that many parts of the sago tree are used by the community to be used as house buildings, especially the leaves, branches and bark of the sago palm. This basic material test is intended to determine the properties and contents contained in the soil as a mixing material so that it can be mixed with the test material. The addition of ash from burning sago dregs with a percentage of 2%, 4%, 6%, 8%, 10% experienced the highest increase in the percentage variation of 6%, with the compressive strength value that was not disturbed before the addition of 0.1892 Kg / cm² to 0.3136kg / cm². Based on the analysis of the results and the discussion that the ash from the burning of sago dregs greatly affects the soil condition, this can be seen from the value of the soil's physical and mechanical properties which have increased or decreased. Of course, this is influenced by sago waste ash, where the ash from the burning of sago dregs has a content that can change the condition of the clay soil.

Keywords: Ground, direct shear, sago

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tanah ini dapat kita definisikan sebagai material yang dari mana kita tau bahwa terdiri dari agregat atau butiran mineral padat yang tidak dapat langsung terkontaminasi dengan bahan kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk atau yang berpartikel padat, juga disertai dengan zat gas dan cair yang dapat mengisi ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah juga dapat berguna sebagai bahan bangunan di berbagai macam pekerjaan konstruksi, baik itu pada konstruksi bangunan dan konstruksi jalan.

Pada dasarnya hampir seluruh wilayah di Indonesia kelilingi oleh tanah lempung dengan perkembangan yang cukup pesat (plastisitas tinggi), dan volumenya akan berubah (mengembang) bila kadar air bertambah (berubah) seperti pada air hujan. Volumenya akan membesar dalam kondisi basah dan akan cepat menyusut apabila dalam kondisi kering. Sifat-sifat seperti inilah yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi bangunan, jembatan, dan jalan dikarenakan kekuatan gesernya sangat rendah sehingga membuat suatu konstruksi di atas lapisan tanah ini selalu menghadapi beberapa masalah seperti daya dukung yang rendah dan sifat kembang susut yang besar.

Sebagian besar tanah yang ada di Indonesia sangat berbeda beda karena pada dasarnya tanah memiliki karakteristik yang yang cepat berubah ubah. Apabila pada tanah yang ditemukan dilapangan bersifat sangat lunak sehingga tidak dapat melakukan suatu pembangunan. Salah satu cara untuk akan tetapi hal tersebut dapat mengeluarkan biaya yang cukup besar. Para ahli geoteknik mencoba mencari solusi dengan cara merubah sifat-sifat fisiknya untuk menekan biaya. Perbaikan sifat-sifat fisik dari tanah kurang baik menjadi tanah yang lebih

baik dibidang rekayasa teknik Sipil disebut sebagai Stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperbaiki suatu tanah.

Abu ampas sagu adalah bahan yang mengandung zat *Lignoselulosa* yang merupakan limbah yang tidak tertangani, dan menimbulkan pencemaran lingkungan pada daerah-daerah yang memproduksi tepung sagu. Pada umumnya limbah hasil pembakaran abu ampas sagu ini tidak memiliki daya jual bahkan hanya bernilai negative karena memerlukan biaya penanganan., sehingga banyak bagian dari pohon sagu dimanfaatkan masyarakat untuk bangunan rumah, terutama daun, dahan dan kulit batang sagu (Harsanto 1986)

Dengan dilakukannya penelitian ini kita dapat mengetahui bagaimana perubahan karakteristik tanah setelah diberikannya abu ampas sagu

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa permasalahan yg telah diidentifikasi, maka akan dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menganalisis sifat-sifat fisik pada tanah dan mekanis tanah lempung terhadap campuran abu hasil pembakaran ampas sagu?
2. Bagaimana pengaruh pencampuran tanah lempung dengan abu hasil pembakaran ampas sagu dan dengan variasi tertentu terhadap kuat geser dan kuat tekan tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis hasil pencampuran tanah lempung dengan abu hasil pembakaran ampas sagu
2. Untuk mengetahui pengaruh abu hasil pembakaran ampas sagu dengan

variasi tertentu terhadap nilai kuat geser dan kuat tekan tanah lempung,

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

Tanah lempung yang kita gunakan tanah yang berasal dari daerah sudiang kota makassar dengan kedalaman kurang lebih 1 meter

Limbah Ampas sagu diambil dari usaha perkebunan masyarakat di kabupaten Luwu Utara tepatnya di desa Welawi, kecamatan Malangke barat.

Penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yang pertama pengujian dengan mengan tanah asli dan yang kedua pengujian dengan menggunakan tanah yang telah dicampur abu ampas sagu dengan variasi 2% 4% 6% 8% 10% pencampuran tanah dengan abu hasil pembakaran ampas sagu.

Langkah-langkah penelitian

1. Langkah pertama dan kedua
 - a..Mencari lokasi pengambilan sampel di kedalaman kurang lebih 1 meter
 - b. membawa sampel ke laboratorium guna dilakukannya pemeriksaan
2. Langkah ke 3
Pemeriksaan kadar air tanah asli, berat jenis, pemeriksaan batas Atterberg untuk menentukan karakteristik sample tanah tersebut.
3. Langkah ke 4
Langkah ini bertujuan untuk mencari kadar air optimum pada sample tanah tersebut.
4. Langkah ke 5
Selanjutnya ialah dilakukannya Pengelompokan variasi campuran abu hasil pembakaran abu ampas sagu pada persentase

2%,4%,6%,8%,10% dan di diamkan selama 1 hari sebelum dilakukannya pengujian.

5. Langkah 6-8

Pada variasi campuran tersebut kemudian dipadatkan dalam silinder standar dengan pemadatan dilakukan dalam 3 lapisan dan pada setiap lapisannya ditumbuk sebanyak 25 kali. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar perubahan yang terjadi pada tanah asli dan pada tanah yang campuran abu hasil pembakaran abu ampas sagu. Setelah itu membuat cetakan directshear dan unconfined untuk menguji kuat geser dan kuat tekan tanah asli dan tanah yang telah dicampurkan abu hasil pembakaran abu ampas sagu.

6. Langkah 9-10

Melakukan Analisa dari setiap pengujian guna mendapatkan hasil kesimpulan dan perbandingan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian bahan dasar

Pengujian tanah dasar ini di maksudkan untuk mengetahui sifat-sifat dan kandungan yang terkandung pada tanah sebagai bahan pencampuran untuk dapat di campurkan pada bahan pengujian. Kemudian di lakukan pengujian awal pada tanah dasar berupa uji *atterberg limit*, uji berat jenis ,uji *direct shear* ,uji kompaksi , dan uji *Unconfined Compression Test*, setelah itu kita melakukan pembakaran sagu di Laboratorium Pengolahan Bahan Galian Jurusan Pertambangan Fakultas Teknik Industri dengan menggunakan alat *Furnace* dengan suhu 400° celcius, lalu memisahkan setiap variasi 2% 4% 6% 8% 10% dari setiap pengujian yang akan dilakukan.

Pengujian Atterberg Limit

Tabel 1 Komposisi tanah asli PI, PL, LL

No	Komposisi	Kode	Pi(%)	Pl(%)	Ll(%)
1	Tanah asli	A0	13,16	30,17	44,33

Batas Atterberg adalah batas plastisitas tanah yang terbagi atas dua bagian yaitu batas atas atau kondisi plastis atau biasa disebut batas plastis dan batas bawah kondisi plastis yang disebut batas cair (*liquid limit*). Berdasarkan hasil pengujian indeks

plastis diperoleh nilai 13,161% sehingga tanah ini termasuk dalam klasifikasi tanah dengan sifat plastisitas sedang dan termasuk jenis tanah **lempung berlanau**.

Pengujian Berat Jenis

Tabel 2 Komposisi berat jenis tanah asli

No	Komposisi	Kode	Sample a	Sample b	Berat jenis rata-rata (gs)
1	Tanah asli	A0	2,52	2,66	2,59

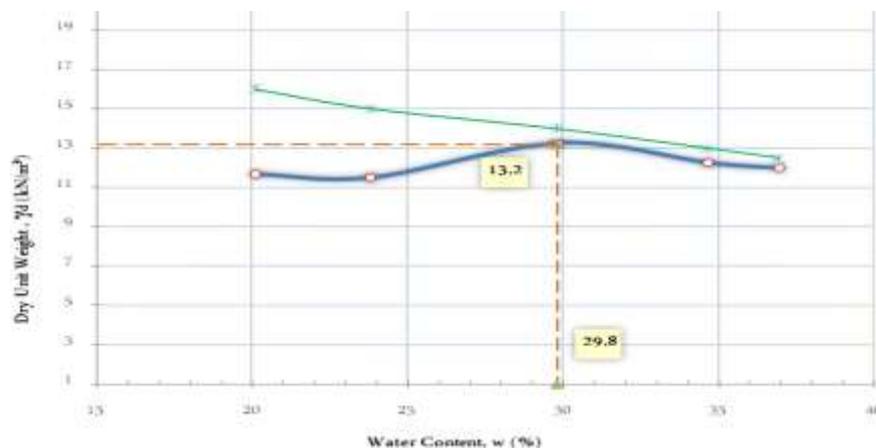
Dari table 2 Pada sample A *Specific Gravity* (Gs) diperoleh nilai 2,52%,

sedangkan pada sample B *Specific Gravity* (Gs) diperoleh nilai 2,66% dengan nilai (GS) rata-rata 2,59%.

Pengujian kompaksi

Tabel 3 Hasil dari pengujian kadar air optimum dan berat kering maksimum.

No	Hasil pengujian	Nilai
1.	Kadar air optimum	29,8 %
2.	Berat kering maksimum	13,277gr/cm ³



Gambar 1 Hubungan antara kadar air optimum dan berat kering maksimum

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Sagu Terhadap Kuat Geser Tanah Lempeng

Dari tabel 3 dan pada grafik 1 dapat dilihat bahwa tanah ini mempunyai kadar

air optimum sebesar 29,8% dan berat kering sebesar 13,277 gr/cm³.

Pengujian Direct Shear

Tabel 4 Komposisi tanah, cohesi dan sudut geser

No	Komposisi	Kode	Cohesi (kg/cm ²)	Sudut geser
1	Tanah hasil dari kompaksi	A0	0,092	26,427

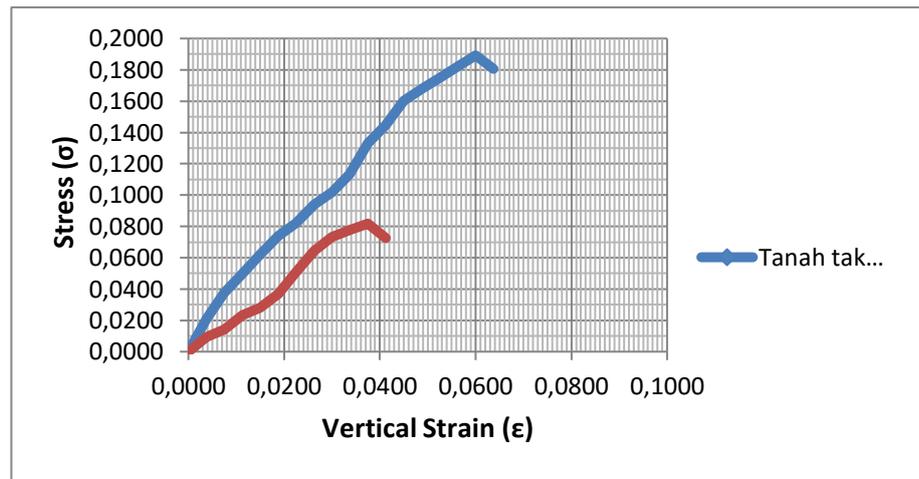
Dari tabel 4 dapat diketahui bahwa tanah ini memiliki nilai kohesi sebesar 0,092

kg/cm² dengan sudut geser sebesar 26,427°.

Percobaan Unconfined Compression

Tabel 5 Komposisi Tanah, tanah tak terganggu, terganggu dan sensitifitas

No	Komposisi	Kode	Tanah tak terganggu (qu)	Tanah terganggu (qu)	Sensitifitas (st)
1.	Tanah hasil dari kompaksi	A1	0,1892	0,0818	2,3141



Gambar 2 Grafik hubungan tegangan dan regangan

Dari tabel 5 dan gambar 2 dapat diketahui bahwa q_u tanah tak terganggu (*undisturbed*) diperoleh nilai 0.1892 kg/cm² dengan regangan 0.0600, sedangkan pada q_u tanah terganggu (*remolded*) diperoleh nilai 0,0818 kg/cm² dengan regangan 0.0380, dari hasil tersebut diperoleh nilai sensitifitas (St) 2,3141 (sensitivitas sedang).

Penelitian menggunakan bahan abu hasil pembakaran ampas sagu ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu terhadap kuat tekan tanah lempung, dan seberapa besar perubahan yang terjadi pada penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu tersebut.

Tabel 6 Komposisi tanah, abu hasil pembakaran ampas sagu, Cohesi dan Sudut geser

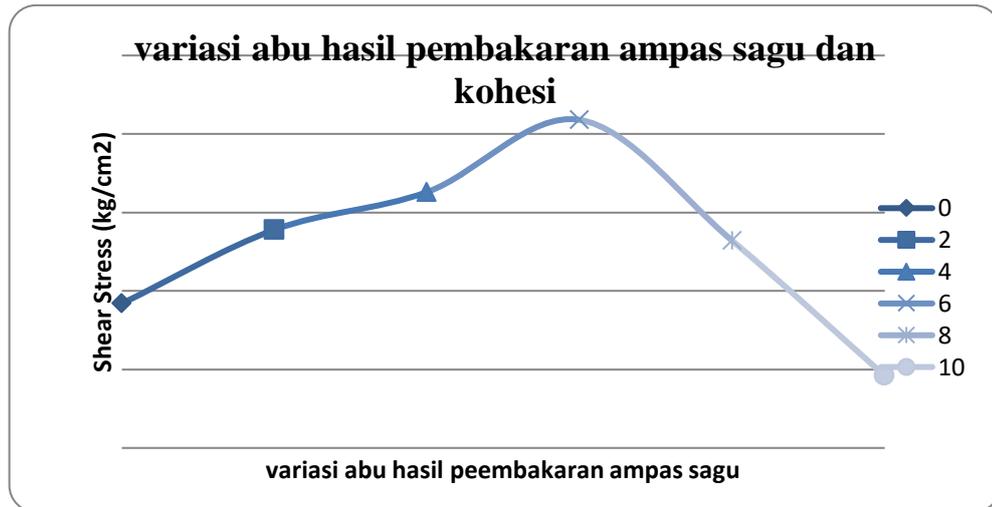
No	Komposisi	Kode	Cohesi (kg/cm ²)	Sudut geser
1	Tanah hasil dari kompaksi	A0	0,092	26,427
2	Tanah + 2% abu hasil pembakaran ampas sagu	A1	0,139	29,380
3	Tanah + 4% abu hasil pembakaran ampas sagu	A2	0,163	32,170
4	Tanah + 6% abu hasil pembakaran ampas sagu	A3	0,209	37,307
5	Tanah + 8% abu hasil pembakaran ampas sagu	A4	0,132	34,799
6	Tanah + 10% abu hasil pembakaran ampas sagu	A5	0,046	30,795



Gambar 3 Hubungan antara penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu dengan nilai kuat geser

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 3 dapat diketahui dengan penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu mengalami peningkatan tertinggi pada variasi penambahan 6%, dengan nilai sudut geser tanah sebesar 37,307° dari tanah hasil kompaksi 26,467° yang mengalami peningkatan sebesar 10,84° atau

meningkat sebesar 29,05%, sedangkan nilai sudut geser minimum terjadi pada variasi penambahan 2% dengan nilai 29,380°. hal ini diakibatkan oleh abu hasil pembakaran ampas sagu yang memiliki kandungan silikat sehingga dapat mengikat tanah dari setiap rongga-rongga yang ada pada tanah.



Gambar 4 Hubungan antara penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu dengan nilai kohesi

Berdasarkan hasil dari gambar 4 dapat diketahui dengan penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu mengalami peningkatan tertinggi pada variasi penambahan 6%, pada nilai kohesi pada tanah hasil kompaksi 0,092kg/cm² mengalami peningkatan sebesar 0,117 kg/cm² menjadi **0,209** kg/cm² atau mengalami peningkat sebesar 55,980%, seedangkan nilai kohesi minimum terjadi pada variasi penambahan 10%

dengan nilai 0,046 kg/cm². hal ini diakibat kan oleh abu hasil pembakaran ampas sagu yang memiliki kandungan silikat sehingga dapat mengikat tanah dari setiap rongga-rongga yang ada pada tanah.

3.2 Hubungan tegangan dan regangan tanah tak terganggu dan terganggu dengan bahan tambah abu hasil pembakaran ampas sagu.

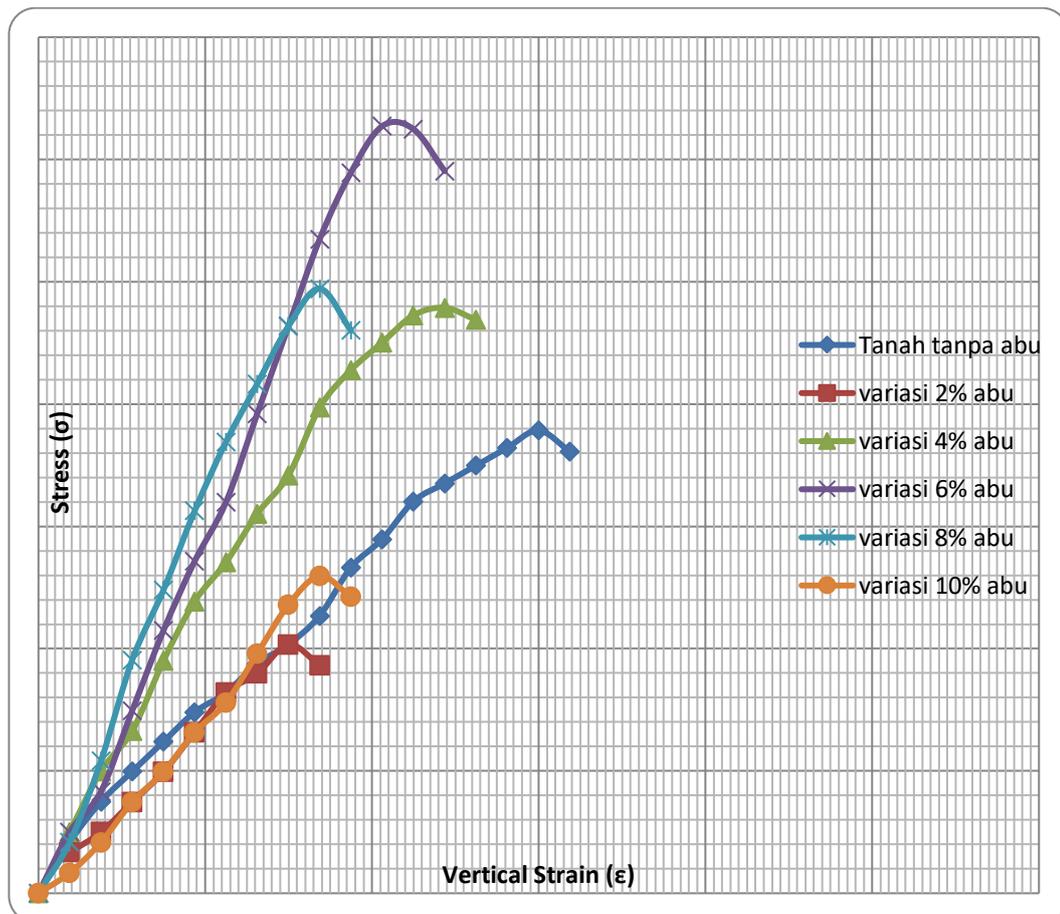
Tabel 7 Komposisi tanah, abu hasil pembakaran ampas sagu, tak terganggu (qu) terganggu (qu) dan sensitifitas (St)

No	Komposisi	Kode	Tanah tak terganggu (qu)	Tanah terganggu (qu)	Sensitifitas (St)
1	Tanah asli	A0	0,1892	0,0818	1,9192
2	Tanah + 2% abu hasil pembakaran ampas sag	A1	0,1017	0,0954	0,9472
3	Tanah + 4% abu hasil pembakaran ampas sagu	A2	0,2394	0,1312	0,9644
4	Tanah + 6% abu hasil pembakaran ampas sagu	A3	0,3136	0,1803	2,3992
5	Tanah + 8% abu hasil pembakaran ampas sagu	A4	0,2472	0,0414	1,9760
6	Tanah + 10% abu hasil pembakaran ampas sagu	A5	0,1297	0,000	1,9266

Tabel 8 Nilai Sensitifitas Tanah Lempung

Sensitifitas	Lempung
1	Tidak sensitive
1-2	Sensitivitas yang rendah
2-4	Sensitifitas yang sedang
4-8	Sensitifitas yang tinggi
8-16	Sensitifitas yang Ekstra
>16	Quick

Tabel Sensitifitas Lempung (Braja M.Das)

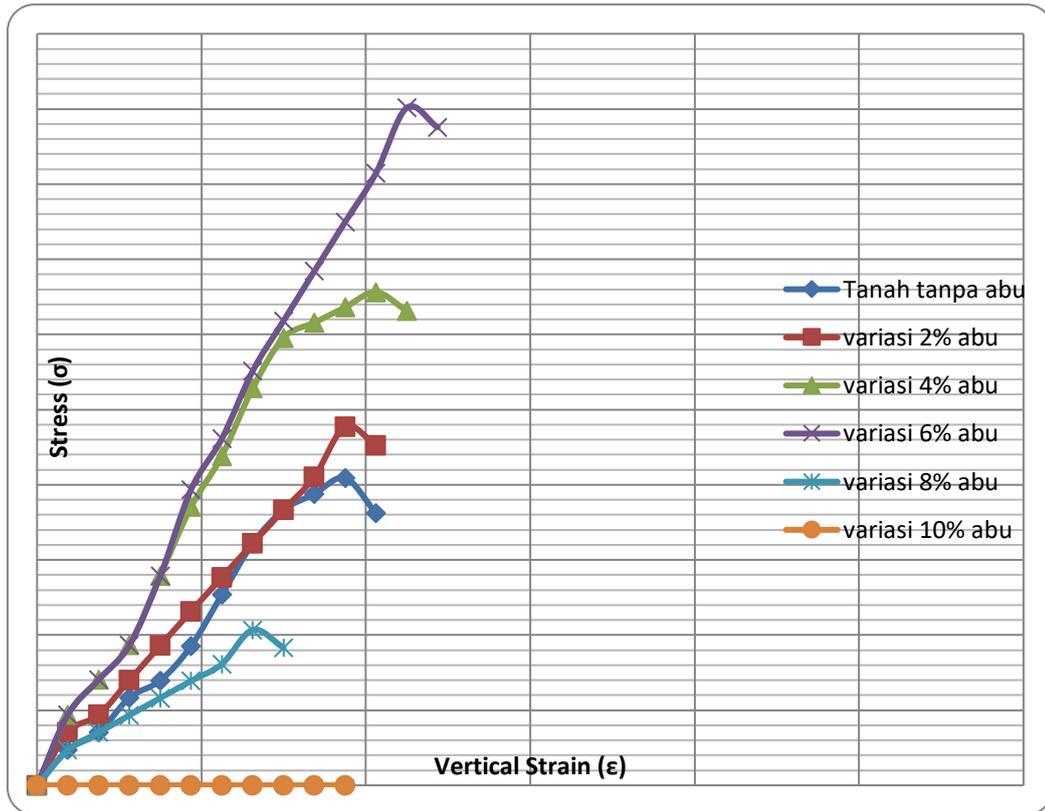


Gambar 5 Hubungan tegangan dan regangan tanah tak terganggu dengan bahan tambah abu hasil pembakaran ampas sag

Dari tabel 8 dan gambar 5 dapat di ketahui bahwa tanah yang di campur dengan abu hasil pembakaran ampas sagu mengalami peningkatan tegangan tertinggi pada variasi penambahan 6%, perubahan kuat tekan untuk tanah tak terganggu(q_u) yang sebelumnya $0,1892\text{kg/cm}^2$ mengalami peningkatan sebesar $0,1244\text{kg/cm}^2$ atau meningkat sebesar 39,66% menjadi **$0,3136\text{kg/cm}^2$** ,

sedangkan nilai terendah terjadi pada penambahan 2% dengan nilai $0,1017\text{kg/cm}^2$. Hal ini disebabkan oleh penambahan abu hasil pembakaran yang mengisi rongga-rongga pada tanah yang membuat tanah tersebut menjadi lebih padat dan mempengaruhi kuat tekan pada tanah.

Pengaruh Penambahan Abu Ampas Sagu Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung



Gambar 6 Grafik gabungan tegangan dan regangan tanah terganggu dengan bahan tambah abu hasil pembakaran ampas sagu

Dari gambar 6 dapat di ketahui bahwa tanah yang di campur dengan abu hasil pembakaran ampas sagu mengalami peningkatan tertinggi pada variasi penambahan 6%, perubahan kuat tekan untuk tanah terganggu yang sebelumnya nilai perlawanan pada kuat tekan 0,0638 kg/cm² mengalami peningkatan sebesar

0,0985kg/cm² atau meningkat sebesar 54,63% menjadi **0,1803 kg/cm²**, sedangkan nilai terendah terjadi pada variasi penambahan 10% dengan nilai 0,000 dengan nilai Sensitifitas(St) **2,3992**.dari hasil tersebut tanah ini dapat dikategorikan sebagai **tanah lempung dengan sensitifitas sedang**.

Tabel 9 Perbandingan pengujian tanah dasar dan pengujian tanah dengan menambahkan bahantambah uji.

No.	Pengujian	Tanah asli	Variasi Abu hasil pembakaran ampas sagu					
			2%	4%	6%	8%	10%	
1	Atterberg limits	PL	30,17	34,20	54,62	28,24	35,12	41,64
		LL	44,33	64,62	64,60	29,84	71,35	68,13
		IP	13,16	3,50	9,98	1,60	3,40	8,46
2	Berat Jenis	2,59	2,72	2,59	2,47	2,27	2,25	
3	γ DRY	Yd	13,28	1,43	1,49	1,790	0,64	0,23
		w	29,80	11,98	12,42	13,20	13,70	14,84
4	Direct Shear	Ø	26,427	29,380	32,170	37,307	34,799	30,795
		C	0,092	0,139	0,163	0,209	0,132	0,046
5	Unconfined compression	0,1892	0,1017	0,2395	0,3136	0,2472	0,1297	

Berdasarkan hasil di lampirkan pada tabel 9, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu dengan persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10% mengalami peningkatan tertinggi pada variasi persentase 6%, dengan nilai kuat tekan tak terganggu sebelum penambahan 0,1892 kg/cm² menjadi 0,3136 kg/cm².
- b. Penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu dengan persentase 2%, 4%, 6%, 8%, 10% mengalami peningkatan tertinggi pada variasi persentase 6%, dengan nilai sudut geser sebelum penambahan bahan tambah sebesar 26,427° mengalami peningkatan sebesar 10,84° atau meningkat sebesar 29,056% sehingga menjadi 37,307°, nilai kohesi sebelum penambahan bahan tambah sebesar 0,092 kg/cm³ mengalami peningkatan sebesar 0,117 kg/cm³ atau meningkat sebesar 55,980 % sehingga menjadi 0,209 kg/cm³.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yaitu pengaruh penambahan abu ampas sagu terhadap kuat geser tanah lempung, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis, sifat fisis tanah dengan penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu dengan variasi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% menunjukkan bahwa tanah mengalami perubahan, pada pengujian *attelberg limit* batas plastis dan batas cair mengalami penurunan sehingga indeks plasitisnya juga menurun dari 13,16% menjadi 1,60% sehingga sifat plastisnya mengalami perubahan dari plastisitas sedang menjadi plastisitas rendah dan termasuk jenis tanah LANAU. Pada uji berat jenis dengan penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu dengan variasi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% mengalami penurunan pada nilai Gs dari 2,75% hingga

2,25%. Dengan hasil ini kita dapat menyimpulkan bahwa dengan penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu dapat merubah kondisi tanah.

2. Berdasarkan analisa hasil dan pembahasan bahwa abu hasil pembakaran ampas sagu sangat mempengaruhi kondisi tanah, hal ini terlihat nilai sifat fisis tanah dan mekanis tanah yang mengalami peningkatan atau penurunan. Tentu saja hal ini di pengaruhi oleh abu ampas sagu, yang dimana abu hasil pembakaran ampas sagu ini memiliki kandungan-kandungan yang dapat mengubah kondisi tanah lempung.
3. Berdasarkan analisa hasil dan pembahasan nilai kuat geser pada pengujian *unconfined compression* dengan penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu sangat mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat geser tanah. Nilai kuat tekan pada tanah asli adalah 0,1892 kg/cm² meningkat menjadi 0,3136 kg/cm² pada penambahan 6% abu pembakaran hasil ampas. Sedangkan nilai kuat geser pada pengujian *direct shear* dengan penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu mengalami peningkatan. Nilai kuat geser pada tanah asli adalah 64,041° meningkat menjadi 75,456° pada penambahan 6% abu hasil pembakaran ampas sagu.

4.2 Saran

1. Penambahan abu hasil pembakaran ampas sagu (2%, 4%, 6%, 8%, 10%) pada tanah lempung menunjukkan pengaruh yang baik terhadap perubahan baik sifat fisis maupun mekanis tanah. Akan tetapi, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan lebih teliti dibutuhkan sampel yang lebih banyak lagi (lebih dari 2) pada setiap percobaan.

2. Dapat dipertimbangkan mengenai alternatif bahan stabilisasi lain untuk tanah berbutir halus, khususnya lempung, supaya dapat diperoleh perbandingan yang lebih baik guna memperbaiki kondisi tanah lempung tersebut.

Daftar Pustaka

- Achmad, Y. (2016). Perbaikan Tanah Untuk Meningkatkan CBR Dengan Bahan Aditif Serbuk Bata Merah Dan Abu Sekam Padi. *Online Institut Teknologi Nasional*, 2(2).
- Made Dwika Utama Putra. (2017). *Dengan Metode Deep Soil Mixing Pada Berbagai Kadar Air Lapangan Tanah Asli Terhadap Nilai Cbr*.
- Mansyur, K., Mashuri, M., & Alhadar, A. (2012). Studi penggunaan kapur sebagai bahan aditif terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis aus (ac-wc). *Rekayasa Dan Manajemen Transportasi Journal of Transportation Management and Engineering*, 2(2), 55–71.
- Puri, R., & Tri, D. (2012). *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur*. 755–761.
- Sarifah, J., & Pasaribu, B. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Guna Meningkatkan Stabilitas Tanah Lempung. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 55–61.