Pengaruh Penambahan *Bottom Ash* Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Desa Beureugang Kaway XVI Aceh Barat

Evidasari^{1,*} Banta Chairullah M² Halida Yunita³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

Email: evie.dasari97@gmail.com

Abstract

Soil is the foundation of civil construction building that functions to receive and hold the load from structure on it. Soil properties in each region are different and not all of the land are eligible to be used as subgrade construction prior to repair. The treatment that can be done to improve the nature of the land among others by means of chemical stabilization is using a mixture of coal waste (bottom ash). The stabilized soil samples were clay soil from the Beureugang Village, Kaway XVI Subdistrict, Aceh Barat District. The purpose of this study is to determine the effect of bottom ash posed to the properties of plasticity and shear strength. The addition of bottom ash is carried out with a variation of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% of the dry weight of the soil. The results showed that the addition of bottom ash on clay Village Beureugang gives an impact on the limits of Atterberg and shear strength value. Lowes PI value addition of 10% was achieved in the bottom ash which is 20,35% from the previous 24,90%. The highest value of the friction angle (ϕ) is achieved in mixture of 20% of bottom ash that is equal to 37.2°, while the value of the lowest friction angle (ϕ) is achieved on the ground without a mixture of bottom ash that is equal to 17.4°. The highest cohesion (c) value is achieved at the 10% bottom ash mixture that is equal to 0,89 kg/cm², while the lowest value of cohesion (c) is achieved in a mixture of bottom ash 20%, i.e 0,53 kg/cm². The results showed that the addition of a mixture of bottom ash causes friction angle to increase, however it decreases the cohesion due to the reduced value of bonding strength between the soil particles.

Keywords: stabilization, clay, coal waste, bottom ash, shear strength

Abstrak

Tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi bangunan sipil yang berfungsi menerima dan menahan beban dari suatu struktur di atasnya. Sifat-sifat tanah di masing-masing daerah berbeda dan tidak semua tanah layak untuk digunakan sebagai tanah dasar konstruksi sebelum dilakukan perbaikan. Tindakan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat tanah tersebut antara lain dengan cara stabilisasi kimiawi menggunakan bahan campuran limbah batu bara (*bottom ash*). Sampel tanah yang distabilisasi merupakan tanah lempung yang berasal dari Desa Beureugang, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan *bottom ash* terhadap sifat plastisitas dan kuat geser tanah. Penambahan *bottom ash* dilakukan dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat kering tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *bottom ash* pada tanah lempung Desa Beureugang berpengaruh pada batas-batas Atterberg dan nilai kuat geser tanah. Nilai indeks plastisitas (PI) terendah dicapai pada penambahan 10% *bottom ash* yaitu 20,35% dari yang sebelumnya 24,90%. Untuk Nilai sudut geser (ϕ) tertinggi dicapai pada campuran 20% *bottom ash* yaitu sebesar 37,2°, sedangkan nilai sudut geser (ϕ) terendah dicapai pada tanah tanpa campuran *bottom ash* yaitu sebesar 17,4°. Nilai kohesi (c) tertinggi dicapai pada campuran *bottom ash* 10% yaitu sebesar 0,89 kg/cm², sedangkan nilai kohesi (c) terendah dicapai pada campuran *bottom ash* 20% yaitu 0,53 kg/cm². Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan campuran *bottom ash* secara umum menyebabkan sudut geser meningkat, namun menyebabkan nilai kohesi turun dikarenakan berkurangnya daya lekat antar partikel tanah.

Kata kunci : *stabilisasi, tanah lempung, limbah batu bara, bottom ash, kuat geser*

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi bangunan sipil yang berfungsi menerima dan menahan beban dari suatu struktur di atasnya. Sifat tanah di masing-masing daerah berbeda dan tidak semua tanah layak untuk dapat digunakan sebagai tempat ditumpunya konstruksi, salah satu contohnya tanah lempung yang berasal dari Desa Beureugang, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat. Secara teori tanah lempung tidak baik digunakan untuk konstruksi sipil, karena tanah lempung memiliki kekuatan geser yang rendah dan indeks plastisitas yang tinggi. Hal ini menjadikan lempung sebagai material yang kurang baik untuk suatu pekerjaan konstruksi, baik untuk tempat berdirinya suatu konstruksi maupun sebagai bahan timbunan konstruksi.

Fungsi tanah sebagai tempat berdirinya bangunan memerlukan kondisi tanah yang stabil sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka diperlukan adanya perbaikan yang lebih dikenal dengan istilah *soil stabilization*. Stabilisasi tanah adalah suatu tindakan yang dilakukan guna memperbaiki sifat-sifat fisis dan mekanis tanah. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan dua cara, yakni stabilisasi mekanis yang dilakukan dengan cara memadatkan tanah dengan menggunakan peralatan mekanis, dan stabilisasi kimiawi dengan menggunakan bahan pencampur yang dilakukan dengan cara mencampurkan tanah dengan bahan stabilisasi seperti semen, kapur, limbah batu bara (*fly ash* dan *bottom ash*), serbuk marmer, atau bahan lainnya yang bersifat menimbulkan reaksi kimiawi.

Kuat geser tanah merupakan salah satu sifat mekanis tanah yang erat hubungannya dengan kestabilan dan kemampuan geser tanah dalam mempertahankan struktur butirnya dari keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya luar. Kuat geser tanah terdiri dari nilai sudut geser (ϕ) dan nilai kohesi (c). Di lapangan, kuat geser tanah sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti keadaan tanah, jenis tanah, dan kadar air. Sementara di laboratorium kuat geser tanah dipengaruhi oleh metode percobaan, kualitas sampel, tingkat regangan dan kadar air.

Pada penelitian ini dilakukan stabilisasi kimiawi dengan menggunakan *bottom ash* sebagai bahan campuran. *Bottom ash* yang digunakan merupakan hasil produksi dari PT. Mifa Bersaudara yang berada di Desa Peunaga Cut Ujong, Kecamatan Meurebo, Kabupaten Aceh Barat. *Bottom ash* sama halnya dengan *fly ash* merupakan hasil sisa pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu batu bara pada dasarnya tidak memiliki

sifat mengikat, namun dengan adanya air dan kandungan silikaoksida (SiO_2) yang ada di dalam abu batu bara akan bereaksi secara kimia untuk menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat, Polii [1].

Variasi penambahan *bottom ash* yang dilakukan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat kering tanah. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat-sifat fisis tanah seperti berat jenis, batas cair, batas plastis, pembagian butir, dan pengujian mekanis tanah seperti uji pemadatan (standard proctor) dan pengujian kuat geser langsung (direct shear).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *bottom ash* terhadap sifat plastisitas dan parameter kuat geser tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah

Menurut Subekti [2] tanah atau *soil* dapat diklasifikasikan dengan berbagai cara sesuai dengan penggunaannya dalam berbagai disiplin ilmu. Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan dalam ilmu geoteknik yaitu USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*). Kedua sistem tersebut menggunakan sifat-sifat indeks tanah sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas, Hardiyatmo [3].

B. Bottom Ash

Bottom ash adalah material hasil sisa pembakaran batu bara yang tidak sempurna yang memiliki partikel menyerupai pasir dengan karakteristik fisik berwarna abu-abu gelap, berbentuk butiran berporos sehingga dianggap mampu mengurangi penggunaan pasir, Lubis dan Karolina [4].

Batu bara yang diproduksi PT. Mifa Bersaudara berjenis *subbituminous*. *Subbituminous* adalah jenis batu bara dengan kualitas sedang di antara jenis *lignite* dan *bituminous*. Secara fisik *subbituminous* memiliki ciri-ciri berwarna coklat gelap cenderung hitam, memiliki kelembaban yang lebih rendah dari jenis *lignite*, dan cocok digunakan untuk bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap. Unsur-unsur kimiawi yang terkandung di dalam *bottom ash* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Unsur Kimia Dalam *Bottom Ash*

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	SiO ₂	%	42.87
2	Al ₂ O ₃	%	16.94
3	Fe ₂ O ₃	%	7.43
4	CaO	%	15.75
5	MgO	%	9.12
6	TiO ₂	%	0.73
7	Na ₂ O	%	0.47
8	K ₂ O	%	0.90
9	Mn ₃ O ₄	%	0.461
10	P ₂ O ₅	%	0.395
11	SO ₃	%	4.39

Sumber : PT. Mifa Bersaudara (2019)

C. Pengujian Kuat Geser Dengan Uji *Direct Shear*

Menurut Hardiyatmo [3] kuat geser adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap gesekan atau tarikan.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

di mana:

τ = kuat geser tanah (kN/m²);

c = kohesi tanah (kN/m²);

ϕ = sudut geser dalam tanah (°); dan

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²).

D. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai pengaruh penambahan *bottom ash* yang berhubungan dengan penelitian ini berdasarkan penelitian terdahulu dapat dilihat pada uraian berikut ini :

1. Indera dkk (2016) telah meneliti pengaruh penambahan fly ash dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% dengan judul Stabilitas Tanah dengan Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. Hasil penelitiannya menunjukkan penambahan fly ash dapat menurunkan nilai liquid limit (LL) dan nilai berat jenis tanah dengan kadar fly ash 20% dan waktu pemeraman selama 21 hari.
2. Polii dkk (2018) dengan judul Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung, dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Dari hasil penelitian yang dilakukan, pada pengujian pemadatan terjadi peningkatan pada campuran 25% abu batu bara. Untuk nilai kohesi terbesar yaitu 6.35 t/m² dari 2.52 t/m² pada campuran 20% abu batu bara. Untuk nilai

sudut geser dalam dari (ϕ)=12° menjadi (ϕ)=17° pada campuran 15% dan 25% abu batu bara dan tegangan geser terbesar pada campuran 25%.

3. METODE PENELITIAN

Alur Penelitian

Gambar 1 Bagan Alur Penelitian

A. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah tanah lempung yang diambil dari Desa Beureugang, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat. Tanah ini distabilisasi menggunakan bottom ash dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

B. Jenis dan Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data utama yang diperlukan dalam analisis hasil penelitian dan data sekunder adalah data pendukungnya.

1. Data primer

Data ini diperoleh dari hasil pemeriksaan atau pengujian langsung di laboratorium, terdiri dari data sifat-sifat fisis tanah seperti berat jenis, batas plastis, batas cair, dan pembagian butir, dan data sifat-sifat mekanis tanah yaitu pemadatan tanah dan parameter kuat geser tanah yaitu sudut geser (ϕ) dan kohesi (c).

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperlukan dalam penelitian di antaranya angka koreksi benda uji pada saat perhitungan, angka kalibrasi alat uji, serta peta lokasi pengambilan tanah dan lain sebagainya. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait, studi literatur dan konsultasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pengolahan data yang disajikan meliputi pengujian sifat-sifat fisis berupa berat jenis, batas cair, batas plastis, pembagian butir, klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dan USCS. Pengujian sifat mekanis yaitu pemadatan (*Standard Proctor*) dan pengujian kuat geser tanah dengan alat *direct shear*.

A. Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap tanah lempung Desa Beureugang, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat, diperoleh hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah lempung yang terdiri dari berat isi, berat jenis, batas-batas Atterberg dan analisa saringan. Hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah diperlihatkan dalam Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah

No	Parameter Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	2,339
2	Batas-batas Atterberg	
	a. Batas Cair (LL)	62,99%
	b. Batas Plastis (PL)	38,09%
	c. Indeks Plastisitas (PI)	24,90%
3	Analisa Saringan (lolos #200)	92,484%
4	Pengelompokan Tanah	
	a. AASHTO (Group Index)	A-7-5 (24)
	b. USCS	CH

B. Pemadatan

Tujuan dari pengujian pemadatan yaitu untuk memperoleh berat volume kering maksimum (γ_k maks) dan kadar air optimum (OMC). Kadar air optimum dan berat volume kering (γ_k) yang dihasilkan pada penelitian ini digunakan untuk menggambarkan grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

Gambar 2 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

Tabel 3. Hasil Pengujian Pemadatan

Pemadatan	Berat Isi Kering Maksimum (gr/cm^3)	Kadar Air Optimum (%)
Tanah asli	1,466	27,08

C. Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg Tanah Campuran Bottom Ash

Hasil pengujian batas-batas *Atterberg* yang meliputi batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI) dengan variasi persentase campuran bottom ash 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Batas-batas *Atterberg* Tanah dengan Variasi Campuran *Bottom Ash*

Variasi Persen Campuran <i>Bottom Ash</i>	Batas-batas <i>Atterberg</i> (%)		
	Batas Cair LL (%)	Batas Plastis PL (%)	Indeks Plastisitas PI (%)
0	62,99	38,09	24,90
5	60,49	38,23	22,25
10	61,39	41,04	20,35
15	63,30	40,01	23,28
20	64,73	38,47	26,26

Gambar 3 Grafik Hubungan Kadar Bottom Ash dengan Batas *Atterberg*

Tabel 4 dan Gambar 2 memperlihatkan bahwa penambahan *bottom ash* pada tanah sangat jelas mempengaruhi batas-batas *Atterberg*. Pada campuran 5% *bottom ash* nilai batas cair menurun dari 62,99% menjadi 60,49%, akan tetapi pada campuran 10%, 15%, dan 20% nilai batas cair kembali meningkat menjadi masing-masing 61,39%, 63,30%, dan 64,73%. Pada campuran 5% dan 10% *bottom ash* nilai batas plastis meningkat dari sebelumnya 38,09% menjadi 38,23% dan 41,04%, namun selanjutnya batas plastis kembali mengalami penurunan pada campuran 15% dan 20% yaitu 40,01% dan 38,47%. Nilai indeks plastisitas tanah cenderung menurun pada campuran 5% dan 10% dari 24,90% menjadi 22,25% dan 20,35%, dengan penurunan terbesar terjadi pada campuran 10% yaitu 20,35%. Pada campuran 15% dan 20% nilai indeks plastisitas kembali mengalami peningkatan menjadi 23,28% dan 26,26%.

D. Hasil Pengujian *Direct Shear*

Variasi Persen Campuran <i>Bottom Ash</i>	Parameter Kuat Geser	
	Sudut Geser (°)	Kohesi (kg/cm ²)
0%	17,4	0,86
5%	21,3	0,86
10%	22,9	0,89
15%	33,0	0,77
20%	37,2	0,53

Dari Tabel 5 di atas dapat dilihat adanya peningkatan sudut geser dan penurunan nilai kohesi (c) pada benda uji dengan kandungan *bottom ash* yang semakin besar. Peningkatan maksimum nilai sudut geser (ϕ) terjadi pada kondisi pencampuran 20% *bottom ash* yaitu sebesar 37,2°. Peningkatan maksimum nilai kohesi (c) terjadi pada kondisi pencampuran 10% *bottom ash* sebesar 0,89 kg/cm².

1. Pengaruh campuran *bottom ash* terhadap sudut geser

Penambahan *bottom ash* dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% pada tanah lempung Desa Beureugang memberikan pengaruh pada besarnya nilai sudut geser (ϕ) dan kohesi (c). Untuk melihat pengaruh campuran *bottom ash* terbaik untuk sudut geser ditampilkan garis yang memperlihatkan pola kecenderungan pengaruh yaitu dengan melihat pola linear yang terjadi. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 4 Grafik Hubungan Penambahan *Bottom ash* dengan Sudut Geser

Pada Gambar 3 memperlihatkan secara umum pengaruh penambahan *bottom ash* yang sangat signifikan meningkatkan nilai sudut geser

(ϕ) dengan persentase campuran *bottom ash* yang semakin besar sampai 20%. Peningkatan nilai sudut geser (ϕ) diperkirakan karena terjadinya peningkatan bidang kontak antar butiran akibat penambahan *bottom ash*.

2. Pengaruh campuran *bottom ash* terhadap nilai kohesi

Gambar 5 Grafik Hubungan Penambahan *Bottom Ash* dengan kohesi

Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan *bottom ash* hingga persentase 10% dengan menyebabkan peningkatan nilai kohesi dari 0,86 kg/cm² menjadi 0,89 kg/cm², selanjutnya pada persentase campuran 15% dan 20% *bottom ash* nilai kohesi (c) kembali turun menjadi 0,77 kg/cm² dan 0,53 kg/cm². Peningkatan nilai kohesi (c) disebabkan adanya perubahan reaksi antara partikel tanah dengan butiran *bottom ash*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Tanah dari Desa Beureugang termasuk ke dalam golongan A-7-5 (15) menurut sistem klasifikasi AASHTO dan termasuk ke dalam lempung anorganik plastisitas tinggi yang disimbolkan dengan CH menurut sistem USCS.
2. Kekuatan geser tanah asli pada kondisi kepadatan *proctor* diperoleh nilai sudut geser (ϕ) sebesar 17,4° dan nilai kohesi (c) sebesar 0,85 kg/cm².

3. Penambahan campuran *bottom ash* 10% dapat menurunkan nilai indeks plastisitas tanah dari 24,90% menjadi 20,35%. Penurunan ini merupakan penurunan terbesar dibandingkan dengan campuran 5%, 15%, dan 20%.
4. Penambahan *bottom ash* dapat meningkatkan nilai sudut geser (ϕ) hingga kadar 20% *bottom ash*. Nilai sudut geser (ϕ) tertinggi yang dicapai pada penambahan 20% *bottom ash* yaitu sebesar 37,2°, sedangkan nilai sudut geser (ϕ) terendah yang dicapai pada tanah tanpa campuran *bottom ash* yaitu sebesar 17,4°.
5. Penambahan *bottom ash* juga dapat meningkatkan nilai kohesi (c) sampai persentase campuran 10% *bottom ash* dengan masa tunggu 3 hari yaitu dari 0,86 kg/cm² menjadi 0,89 kg/cm².
6. Penambahan *bottom ash* yang memberikan pengaruh paling optimum pada tanah lempung Desa Beureugang adalah pada persentase campuran 20% untuk nilai sudut geser (ϕ) dan pengaruh paling optimum untuk nilai indeks plastisitas (PI) tanah dicapai pada persentase campuran 10%.

B. Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan campuran material lain selain *bottom ash* seperti kapur, semen, serbuk marmer, dan bahan stabilisasi lainnya.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan kadar *bottom ash* yaitu 21% - 30% dan menambah waktu pemeraman dari 3 hari dan 7 hari untuk mengetahui seberapa jauh pengaruhnya pada persentase campuran *bottom ash* yang besar.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mencari nilai kadar air optimum tiap volume campuran *bottom ash* dan tanah yang akan digunakan sebagai bahan campuran *bottom ash* dan tanah.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Polii, S. N. Sompie, O. B. A. Dan Manaroinson, L. D. K. Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung, Jurnal Tekno 16(69):11-15, 2018.
2. Subekti, I. Geologi Teknik, Teknosain, Yogyakarta, 2017.
3. Hardiyatmo, H. C. Mekanika Tanah I, Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2002.
4. B. M. Das, Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1995.

5. I. Subekti, Geologi Teknik, Teknosain, Yogyakarta, 2017.
6. Lubis, N. dan Karolina, R. Optimasi Subtitusi Fly Ash dan Bottom Ash Terhadap Pembuatan Paving Block Sesuai SNI 03-0691-1996, Jurnal Teknik Sipil USU 6(1), 2017.