

Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung

Sindy Natalia Polii, O. B. A. Sompie, Lanny D. K. Manaroinsong
Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
sindynatalia96@gmail.com; bsompie@yahoo.com; lannymanaroinsong@gmail.com

Abstrak — Kekuatan tanah dasar memegang peranan penting untuk mendukung beban. Seringkali tanah belum dapat digunakan karena kondisi yang tidak mendukung. Oleh karena itu, diperlukan stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut.

Dalam penelitian ini menggunakan abu batu bara sebagai bahan stabilisasi tanah. Abu batu bara adalah bagian dari sisa pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berbentuk partikel halus. Abu batu bara tidak memiliki kemampuan mengikat, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, silikaoksida (SiO_2) yang dikandung di dalam abu batu bara akan bereaksi secara kimia dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui 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 γ_{max} menjadi 1.265 gr/cm^3 pada campuran 25% abu batu bara. Untuk nilai kohesi terbesar yaitu 6.3526 t/m^2 pada campuran 20% abu batu bara. Sedangkan untuk nilai sudut geser dalam (ϕ) = 17° pada campuran 15% dan 25% abu batu bara dan tegangan geser terbesar pada campuran 25% dengan nilai $\tau = 12.4899 \text{ kN/m}^2$. Semakin besar jumlah abu batu bara yang digunakan semakin besar pula tegangan geser yang diberikan. Kemudian faktor keamanan dari 1.414 pada campuran 0% menjadi 2.194 pada campuran 20% abu batu bara.

Kata kunci — kuat geser, stabilisasi tanah, abu batu bara, faktor keamanan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sifat-sifat tanah dimasing-masing daerah berbeda dan tidak semua tanah layak untuk digunakan sebagai bahan dasar konstruksi. Salah satunya adalah tanah lempung. Tanah lempung merupakan jenis tanah yang memiliki karakteristik yakni daya dukung yang rendah, ini menjadikan tanah

lempung sebagai material yang kurang baik untuk suatu pekerjaan konstruksi. Fungsi tanah sebagai pondasi bangunan memerlukan kondisi tanah yang stabil sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat melakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi ialah suatu tindakan yang dilakukan guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah. Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan daya dukung tanah. Meningkatkan parameter tanah seperti kohesi, sudut geser dalam, dan kepadatan tanah. Salah satu cara stabilisasi tanah yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan abu batu bara.

Abu batu bara merupakan limbah hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Produksi abu batu bara di Indonesia berkisar antara 400.000-500.000 ton/tahun. Abu batu bara akan terus bertambah hingga mencapai jumlah yang sangat besar dan akan merupakan masalah lingkungan yang perlu penanganan serius. Bahan ini mempunyai sifat sebagai pozzolan dengan cirri kandungan silica dan alumina tinggi (Denny Pinasang, 2016).

Abu batu bara tidak memiliki kemampuan mengikat, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, silikaoksida (SiO_2) yang dikandung di dalam abu batu bara akan bereaksi secara kimia dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

B. Rumusan Masalah

Parameter kuat geser tanah sangat luas dibutuhkan dalam berbagai perencanaan yang berhubungan dengan daya dukung tanah, stabilitas dan tekanan tanah pada dinding penahan. Kondisi tanah yang tidak mendukung untuk dijadikan dasar dari suatu pekerjaan konstruksi maka dibutuhkan metode perbaikan tanah untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Perlakuan stabilisasi dengan pencampuran abu batu bara pada tanah meningkatkan kekuatan gesernya, dalam hal ini parameter kuat geser tanah ϕ dan c akan meningkat.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Komposisi material penyusun tanah (lempung) tidak diperiksa.
2. Pengaruh temperatur ruang terhadap contoh uji tidak diperhitungkan.
3. Ikatan kimia yang dibentuk tidak diteliti.

Sindy Natalia Polii adalah mahasiswa tingkat akhir pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi (e-mail : sindynatalia96@gmail.com).

O. B. A. Sompie adalah guru besar dan dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada rumpun Geoteknik. (email : bsompie@yahoo.com)

Pingkan A. K. Pratas is adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada rumpun Manajemen Rekayasa Konstruksi (email : lannymanaroinsong@gmail.com)

- Variasi kadar abu batu bara yang dicampurkan hanya : (0, 5, 10, 15, 20, 25) %.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui pengaruh penambahan abu batu bara terhadap kuat geser tanah.
- Mengetahui angka faktor keamanan yang akan ditinjau dengan penambahan abu batu bara.

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat antara lain :

- Dapat mengetahui seberapa besar kekuatan geser tanah dengan variasi kadar abu batu bara.
- Memperoleh pengetahuan mengenai pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan variasi kadar abu batu bara terhadap tanah lempung.
- Dapat menjadi referensi dalam melaksanakan stabilisasi tanah dengan menggunakan abu batu bara.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Material yang Digunakan

- Abu Batu Bara.
Abu batu bara yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PLTU Amurang, Minahasa Selatan.
- Tanah.
Tanah diambil dari desa Kolongan Atas Kecamatan Sonder, diambil pada kedalaman 150-250 cm, dengan menggunakan sekop kemudian dimasukkan ke dalam karung.

B. Pengujian Laboratorium

Percobaan-percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Kadar air
- Berat jenis
- Analisa saringan
- Hidrometer
- Batas konsistensi tanah (atterberg)
- Pemadatan
- Triaksial kondisi UU

C. Analisis dengan Program Slide

Setelah didapatkan data kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ), kemudian dianalisis dengan program slide dan menggunakan data koordinat sebagai berikut :

- A (0.00,0.00)
- B (0.00,15.00)
- C (5.00,15.00)
- D (20.00,4.00)
- E (25.00,4.00)
- F (25.00,0.00)
- G (0.00,4.00) Untuk Boundary
- H (20.00,4.00) Untuk Boundary

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Tanah

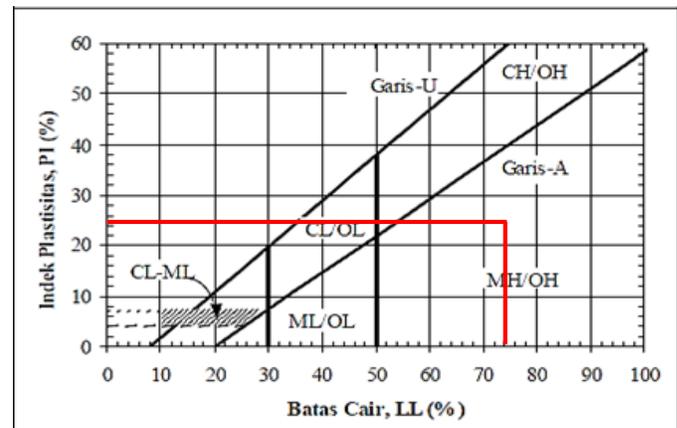
Hasil pengujian karakteristik tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1
HASIL UJI KARAKTERISTIK TANAH

| Karakteristik | Nilai |
|------------------------------------|---------|
| Kadar air | 12,95 % |
| Berat Jenis (Spesific Grafity, Gs) | 2,67 |
| Batas Cair (LL) | 72,9 % |
| Batas Plastis (PL) | 48,75 % |
| Indeks Plastisitas (PI) | 24,15 |
| Material lolos saringan no. 200 | 50,32 % |

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

- Berdasarkan nilai presentase lolos saringan no.200 tanah lempung diatas, didapat hasil $\geq 50\%$ lolos, maka berdasarkan table klasifikasi USCS tanah ini secara umum dikategorikan kedalam golongan tanah berbutir halus.
- Tabel sistem klasifikasi USCS untuk data batas cair dan indeks plastisitas di plot pada diagram plastis sehingga di dapat identifikasi tanah yang lebih spesifik. Hasil dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Plastisitas Tanah Berbutir Halus USCS

Hasil plot menunjukkan suatu titik pertemuan dibawah garis A, yang mana titik temu itu menjelaskan jenis tanah yang diuji. Dengan merujuk pada hasil diatas maka tanah berbutir halus tersebut termasuk kedalam kelompok campuran MH,OH yaitu lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.

B. Pemadatan

Pengujian pemadatan dapat dilihat pada Tabel 2.

C. Triaksial

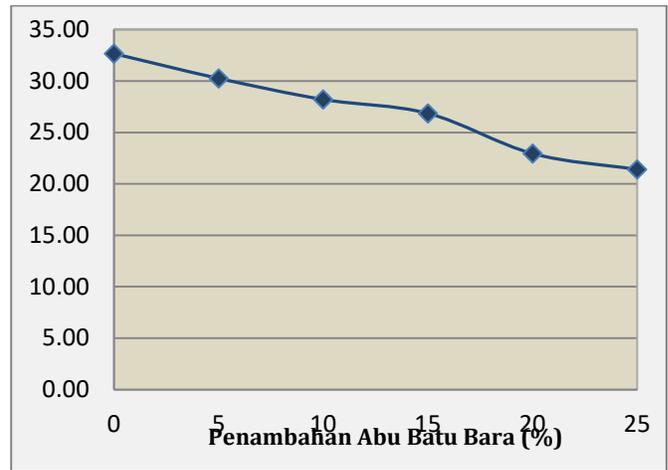
Hasil pengujian triaksial lihat pada Tabel 3. Hasil perhitungan tegangan geser ditampilkan pada Tabel 4.

D. Analisis dengan Program SLIDE

Hasil analisis menggunakan program slide dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN PEMADATAN

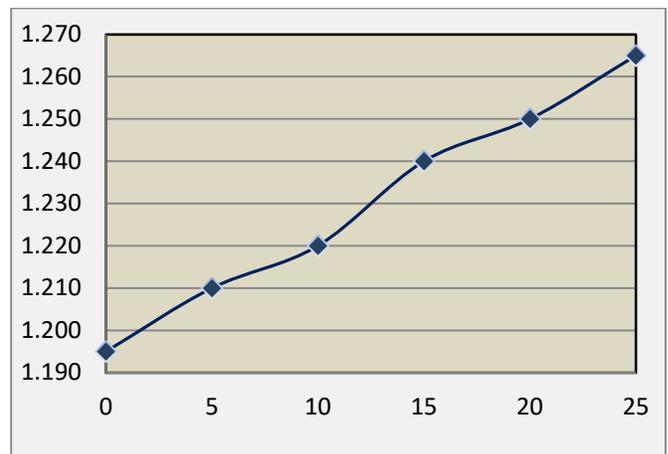
| % Abu Batu Bara | Berat Isi Kering Maksimum (kg/cm ³) | Kadar Air Optimum (%) |
|---------------------------|---|-----------------------|
| Tanah + 0% Abu Batu Bara | 1.195 | 32.65 |
| Tanah + 5% Abu Batu Bara | 1.210 | 30.25 |
| Tanah + 10% Abu Batu Bara | 1.220 | 28.20 |
| Tanah +15% Abu Batu Bara | 1.240 | 26.85 |
| Tanah + 20% Abu Batu Bara | 1.250 | 22.95 |
| Tanah + 25% Abu Batu Bara | 1.265 | 21.40 |



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Variasi (%) Abu Batu Bara Terhadap Kadar Air Optimum

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN TRIAKSIAL

| Sampel | Sudut Geser Dalam | Kohesi |
|---------------------------|-------------------|------------------|
| | Ø | C |
| | ^o | t/m ² |
| Tanah + 0% Abu Batu Bara | 12 | 2.5219 |
| Tanah + 5% Abu Batu Bara | 11 | 3.3262 |
| Tanah +10% Abu Batu Bara | 16 | 3.6988 |
| Tanah + 15% Abu Batu Bara | 17 | 4.1456 |
| Tanah + 20% Abu Batu Bara | 13 | 6.3526 |
| Tanah + 25% Abu Batu Bara | 17 | 5.6513 |



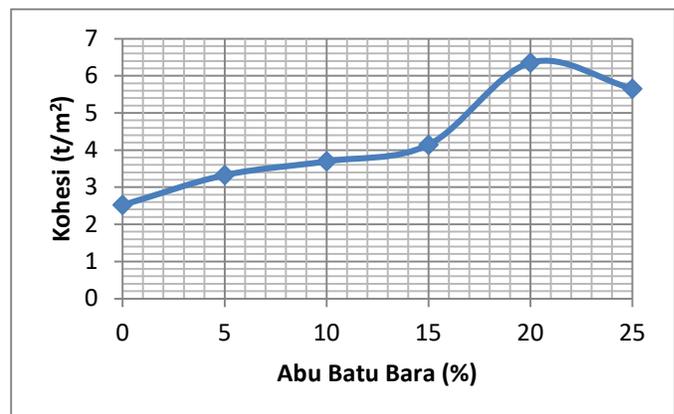
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Variasi (%) Abu Batu Bara Terhadap Berat Isi Kering Maksimum

TABEL 4
HASIL PERHITUNGAN TEGANGAN GESER

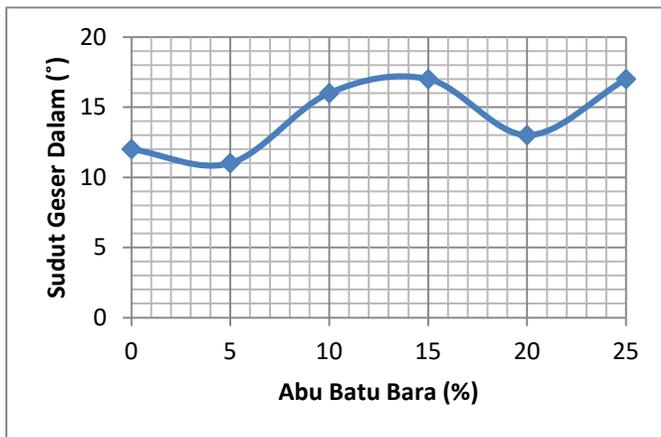
| Sampel | Tegangan Geser (τ) |
|---------------------------|---------------------------|
| | t/m ² |
| Tanah + 0% abu batu bara | 6.3651 |
| Tanah + 5% abu batu bara | 6.9798 |
| Tanah + 10% abu batu bara | 9.4766 |
| Tanah + 15% abu batu bara | 10.4489 |
| Tanah + 20% abu batu bara | 11.3863 |
| Tanah + 25% abu batu bara | 11.2899 |

TABEL 5
HASIL ANALISIS DENGAN PROGRAM SLIDE

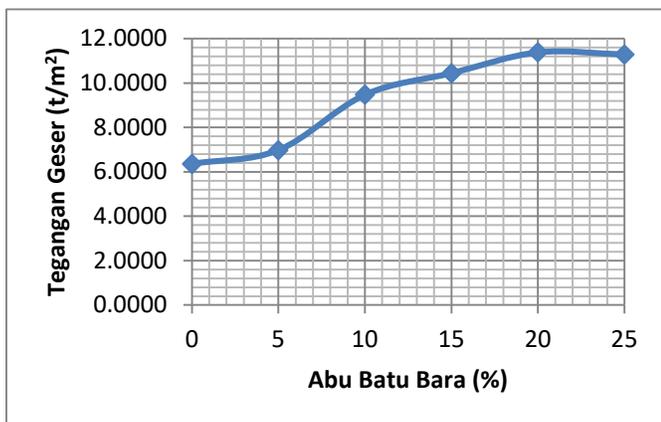
| Variasi Campuran Tanah + Abu Batu Bara | Faktor Keamanan |
|--|-----------------|
| Tanah + 0% abu batu bara | 1.414 |
| Tanah + 5% abu batu bara | 1.526 |
| Tanah + 10% abu batu bara | 1.645 |
| Tanah + 15% abu batu bara | 1.797 |
| Tanah + 20% abu batu bara | 2.194 |
| Tanah + 25% abu batu bara | 1.985 |



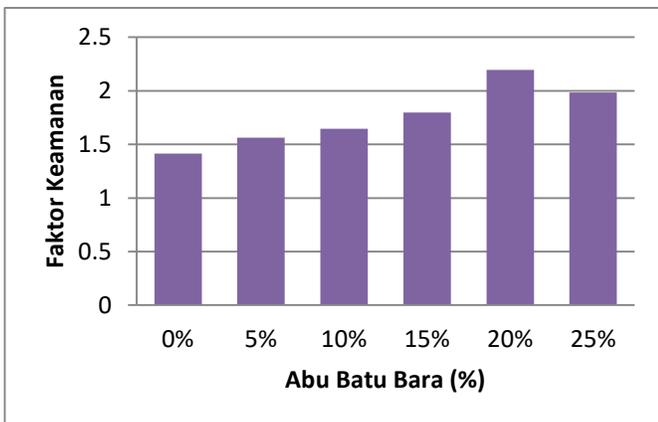
Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Abu Batu Bara dengan Kohesi



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Abu Batu Bara dengan Sudut Geser Dalam



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Abu Batu Bara dengan Tegangan Geser



Gambar 7. Grafik Faktor Keamanan masing-masing Variasi Kadar Abu Batu Bara

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengujian pencampuran abu batu bara dengan berbagai campuran (0%, 5%, 10%, 15%,

20%, 25%) diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan abu batu bara pada tanah menyebabkan kuat geser tanah bertambah, pada tanah + 0% abu batu bara kuat geser tanah 6.365 t/m² menjadi 11.3863 t/m² pada tanah + 20% abu batu bara, kemudian menurun pada tanah + 25% abu batu bara.
2. Pada kondisi tanah + 0% abu batu bara menunjukkan nilai FK = 1.414. Setelah penambahan bahan campur, nilai faktor keamanan meningkat mencapai pada campuran tanah + 20% abu batu bara dengan nilai FK = 2.194 kemudian menurun.

B. Saran

Beberapa saran yang dikemukakan sehubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu diadakan pengujian dengan bahan campuran kombinasi yang lain. Misalnya dengan bahan-bahan seperti abu sekam padi, abu rotan, trass atau zat kimia penstabil lain.
2. Perlu diadakan pengujian dengan jumlah sampel dan kadar abu batu bara yang lebih banyak sehingga akan didapat besarnya kadar abu batu bara maksimal yang memberikan nilai optimum pada tegangan geser.
3. Perlu diadakan pengujian kuat geser pembandingan dengan peralatan lain. Misalnya alat uji Direct Shear Test dan Tekan Bebas.

V. KUTIPAN

A. Buku

- [1] J.E. Bowles, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. New York: McGraw-Hill, 1984. Terjemahan Penerbit Erlangga, 1989.
- [2] Budi Santosa, Heri Suprpto, Suryadi H.S., *Seri Diktat Kuliah Mekanika Tanah Lanjut*. Jakarta: Penerbit Gunadarma, 1998.
- [3] Braja M. Das, *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis, Jilid 1*. PWS Publishers, 1985. Terjemahan Penerbit Erlangga, 1988.
- [4] Braja M. Das, *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis, Jilid 2*. PWS Publishers, 1985. Terjemahan Penerbit Erlangga, 1988.
- [5] H.C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2002.

B. Jurnal

- [6] Melisa Haras, Arens E. Turangan, Roski R. I. Legrans, “Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung” *Jurnal Tekno*, vol. 15, no. 67, 2017.
- [7] Suci Cahyani Mukramin, O. B. A. Sompie, J. E. R. Sumampouw, “Pengaruh Penambahan Campuran Semen, Trass dan Batu Apung Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 6, no. 7, Juli. 2018.
- [8] Azzyzaro Junior Karaseran, O. B. A. Sompie, Sjachrul Balamba, “Pengaruh Bahan Campuran Arang Tempurung Terhadap Konsolidasi Sekunder Pada Lempung Ekspansif” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 3, no. 8, Agustus. 2015.
- [9] Ronald Agus Jembise, O. B. A. Sompie, Freddy Jansen, “Penambahan Campuran Bentonit Dan Kaolin Pada Tanah Pasir Terhadap Koefisien Permeabilitas Dengan Kondisi Plastisitas Berbeda Pada Tingkat Kepadatan Maksimum” *Jurnal Media Engineering*, vol. 4, no. 2, September. 2014.
- [10] Denny Boy Pinasang, O. B. A. Sompie, Freddy Jansen, “Analisis Campuran Kapur-Fly Ash dan Kapur-Abu Sekam Padi Terhadap Lempung Ekspansif” *Jurnal Media Engineering*, vol. 6, no. 3, September. 2016.

- [11] Violetta Gabriella Margaretha Pangemanan, Arens E. Turangan, O. B. A. Sompie, "Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)" *Jurnal Sipil Statik*, vol. 2, no. 1, April. 2014.
- [12] B. Arifin, "Penggunaan Abu Batu Bara PLTU Mpanau Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung" *Jurnal SMARTek*, vol. 7, no. 4, hal. 219-228, November. 2009.

C. Skripsi

- [13] Wilman Christoffel Koruwu, "Pengaruh Campuran Nitrogen Terhadap Daya Dukung Tanah.Manado", Skripsi, Universitas Sam Ratulangi, Manado. 2000.