

OPTIMASI SIFAT MEKANIS TANAH LUNAK DENGAN PENAMBAHAN *BAMBOO CHIPS* DAN *FLY ASH*

Karina Jelita Putri¹, *Dian Purnamawati Solin¹, Karina Meilawati Eka Putri¹

¹Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur, Kota Surabaya, Indonesia

*)Penulis korespondensi: Dian Purnamawati Solin (diansolin.ts@upnjatim.ac.id)

Received: 08 Mei 2026 Revised: 20 Mei 2026 Accepted: 14 Juni 2026

Abstract— *Soft soil, which is extensively distributed along the coastal regions of Indonesia, poses a significant geotechnical challenge to infrastructure development due to its characteristically low shear strength and high settlement potential. Consequently, ground improvement measures are imperative to ensure the stability and safety of structures constructed upon such deposits. Several studies have investigated the utilization of environmentally sustainable materials as alternatives for soft soil stabilization, including the incorporation of fly ash a pozzolanic industrial by-product that enhances interparticle bonding through cementitious reactions and bamboo fibre as a discrete mechanical reinforcement element proven to improve compressive strength and bearing capacity. Premised upon these findings, the present study combines both materials in the form of bamboo chips and fly ash to exploit the synergistic interaction between physical reinforcement and chemical stabilization mechanisms. This study aims to analyze the effect of bamboo chips and fly ash addition on the mechanical properties of soft soil and to determine the optimum mixture composition. Laboratory experiments were conducted comprising compaction (Proctor), Unconfined Compressive Strength (UCS), and California Bearing Ratio (CBR) tests, with bamboo chips variations of 25%, 30%, and 35% and a constant fly ash content of 15%. The results demonstrate that the most effective variation was achieved at 25% bamboo chips and 15% fly ash, yielding an undrained cohesion (C_u) of 200.345 kN/m² and a CBR value of 14.67% at 65 blows, which produced the most substantial improvement in both strength and bearing capacity of the soft soil relative to all other investigated variations.*

Keywords — *Soft soil, Soil stabilization, Bamboo chips, Fly ash*

Abstrak— *Tanah lunak yang tersebar luas di wilayah pesisir Indonesia menjadi tantangan serius dalam pembangunan infrastruktur akibat kuat geser yang rendah dan potensi penurunan yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan tanah agar struktur yang dibangun di atasnya dapat berdiri dengan aman dan stabil. Beberapa penelitian mengkaji penggunaan material ramah lingkungan sebagai alternatif stabilisasi tanah lunak, di antaranya penambahan fly ash yang bersifat pozzolan untuk meningkatkan ikatan antar partikel tanah, serta serat bambu sebagai elemen perkuatan mekanis yang terbukti meningkatkan kuat tekan dan daya dukung tanah. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengkombinasikan keduanya dalam bentuk bamboo chips dan fly ash untuk memanfaatkan efek sinergis antara perkuatan fisik dan stabilisasi kimia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan bamboo chips dan fly ash terhadap sifat mekanis tanah lunak serta menentukan kadar campuran optimumnya. Pengujian dilakukan melalui serangkaian uji laboratorium meliputi pemadatan (Proctor), UCS, dan CBR dengan variasi bamboo chips sebesar 25%, 30%, dan 35% serta fly ash sebesar 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi paling efektif pada penambahan bamboo chips 25% dan fly ash 15%, dengan nilai C_u sebesar 200,345 kN/m² dan nilai CBR sebesar 14,67% pada 65 tumbukan, yang memberikan peningkatan kekuatan dan daya dukung tanah lunak dibandingkan variasi lainnya.*

Kata kunci — *Tanah lunak, Stabilisasi tanah, Bamboo chips, Fly ash*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sering kali dihadapkan pada tantangan geoteknik, terutama keberadaan lapisan tanah lunak. Tanah lunak tersebar pada 10% daratan Indonesia atau sekitar 20 juta hektar pada daerah dekat pantai (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002). Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri atas butir yang sangat kecil seperti lempung dan lanau yang memiliki sifat kuat geser rendah sehingga dapat terjadi penurunan (Farhan et al., 2021). Tanah lunak memiliki energi daya dukung tanah yang cukup kecil, pemampatan yang lumayan besar serta waktu konsolidasi yang cukup lama (Das, 1988).

Dengan kondisi tersebut tanah lunak memiliki daya dukung yang rendah dan berpotensi mengalami penurunan yang besar apabila digunakan sebagai tanah dasar konstruksi tanpa adanya perbaikan.

Adapun penanganan dari permasalahan tersebut adalah dengan adanya perbaikan tanah guna meningkatkan sifat mekanisnya. Salah satu metode yang dikembangkan adalah stabilisasi tanah dengan material tertentu, pemilihan material tertentu dapat dijadikan pilihan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan, seperti penambahan material alami berupa bambu dan limbah industri berupa *fly ash*.

Penggunaan *fly ash* sebagai bahan stabilisasi merupakan salah satu bentuk pemanfaatan limbah industri hasil pembakaran batu bara yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat mencemari lingkungan sekitar. Dengan menggunakannya sebagai bahan stabilisasi tanah, *fly ash* tidak hanya memberikan manfaat teknis melalui sifat pozzolannya, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi akumulasi limbah industri. Di sisi lain, bambu dipilih karena merupakan material alami yang mudah didapat, dapat diperbarui, dan bersifat ramah lingkungan. Kombinasi keduanya dalam bentuk *bamboo chips* dan *fly ash* menjadikan pendekatan stabilisasi ini tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga bertanggung jawab secara lingkungan.

Pemilihan material bambu dalam bentuk *bamboo chips* didasarkan pada mekanisme interaksi material serta kemudahan penerapannya di lapangan. *Bamboo chips* memiliki dimensi yang lebih besar dan bentuk yang lebih kaku, sehingga tidak hanya berfungsi sebagai elemen perkuatan, tetapi dapat berperan menyerupai agregat kasar dalam campuran tanah. Karakteristik tersebut memungkinkan terjadinya peningkatan interaksi mekanis antar partikel sehingga meningkatkan kuat geser dan kuat tarik tanah yang akan memperbaiki perilaku mekanis tanah lunak secara keseluruhan. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan material perkuatan serat bambu mampu meningkatkan kekuatan dan deformasi tanah melalui distribusi tegangan yang lebih merata (Mozumder et al., 2025).

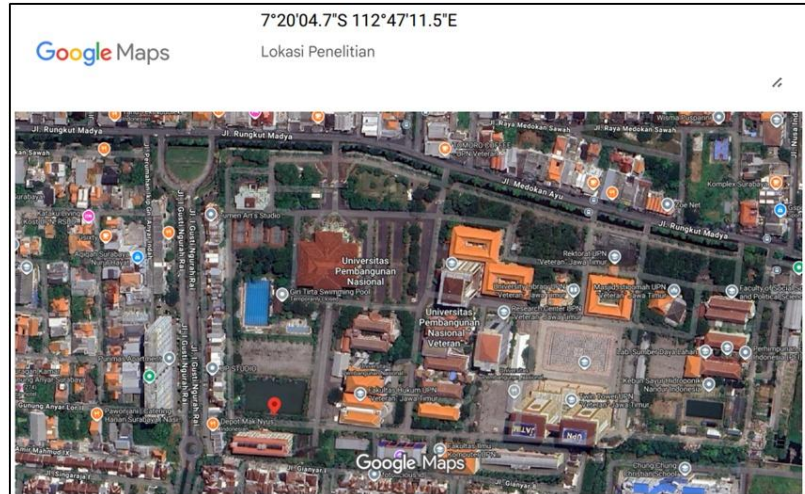
Di sisi lain, *fly ash* sebagai limbah hasil pembakaran batu bara mengandung zat pozzolan yang sifatnya menyerupai semen (Try Sunanda Fathanah et al., 2024). Ukuran butiran *fly ash* yang halus memungkinkan untuk mengisi rongga antar partikel tanah (*filler effect*) sehingga menghasilkan struktur tanah yang lebih rapat. Kombinasi *bamboo chips* sebagai perkuatan fisik dan *fly ash* sebagai stabilisator kimia diharapkan memberikan efek sinergis dalam meningkatkan sifat mekanis tanah lunak.

Penelitian ini berfokus pada sifat mekanis tanah lunak yang ditinjau berdasarkan pengujian pemadatan (Proctor), kuat tekan bebas (UCS), dan *California Bearing Ratio* (CBR). Pengujian tersebut dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik pemadatan, kekuatan, serta daya dukung tanah setelah penambahan material stabilisasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan kadar optimum penambahan *bamboo chips* dan *fly ash* dalam meningkatkan sifat mekanis tanah lunak berdasarkan hasil pengujian laboratorium.

2. METODE

2.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah yang digunakan penelitian ini diambil menggunakan metode hand bor, yaitu proses pengeboran secara manual dalam mengambil sampel tanah kedalaman tertentu (Rtumbanua, 2023). Pengambilan sampel tanah pada kondisi terganggu (*disturbed sample*) dan kondisi tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) di area UPN “Veteran” Jawa Timur, tepatnya di sekitar area danau. Berdasarkan hasil klasifikasi tanah menurut sistem USCS, tanah yang digunakan termasuk dalam kelompok MH, yaitu lanau anorganik dengan plastisitas tinggi (Das, 1995). Sementara itu, berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, tanah tersebut ada pada kelompok A-7-5 (9) yang mengindikasikan tanah berlempung dengan kualitas tanah dasar dari biasa hingga buruk (Das, 1995). Sampel tanah yang diperoleh selanjutnya diuji di laboratorium untuk mengetahui sifat mekanis tanah sebelum dan setelah penambahan material stabilisasi.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

2.2 Variasi Campuran

Penelitian ini menggunakan variasi penambahan material *bamboo chips* dan *fly ash* terhadap berat kering tanah. Material *bamboo chips* yang digunakan berasal dari batang bambu Jawa (*Gigantochloa atter*) yang dipotong dengan ukuran tertentu, sedangkan *fly ash* yang digunakan merupakan limbah hasil pembakaran batu bara tipe C. Kondisi kedua material sebelum dicampurkan ke dalam tanah ditunjukkan pada Gambar 2, dan rincian variasi campuran disajikan pada Tabel 1.



(a)



(b)

Gambar 2. Material Stabilisasi (a) Bamboo Chips (b) Fly Ash

Tabel 1. Variasi Campuran Material Tambahan

No.	Variasi	Campuran
1	Tanah asli	100% tanah asli
2	Variasi 1	Tanah + <i>fly ash</i> 15%
3	Variasi 2	Tanah + <i>Bamboo chips</i> 25% + <i>fly ash</i> 15%
4	Variasi 3	Tanah + <i>Bamboo chips</i> 30% + <i>fly ash</i> 15%
5	Variasi 4	Tanah + <i>Bamboo chips</i> 35% + <i>fly ash</i> 15%

Seluruh material dicampur hingga memperoleh campuran yang homogen sebelum digunakan dalam pengujian laboratorium. Proses pencampuran dilakukan dengan metode pencampuran kering (*dry mixing*), yaitu tanah *bamboo chips* dan *fly ash* terlebih dahulu dicampur dalam kondisi kering hingga tercampur merata. Tahap ini bertujuan untuk memastikan distribusi material tambahan merata dalam campuran tanah. Setelah campuran kering homogen, ditambahkan air sesuai dengan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content / OMC*) hasil uji Proctor. Selanjutnya, campuran diaduk kembali hingga mencapai kondisi homogen. Proses pencampuran dilakukan secara manual menggunakan wadah tertutup untuk menjaga homogenitas dan mencegah pemisahan material. Campuran yang telah homogen kemudian disiapkan sesuai kebutuhan masing-masing pengujian, dengan pemberian penanda pada setiap variasi untuk memudahkan proses identifikasi dan analisis data.

Proses pengujian melalui tahap pengujian pemadatan (Proctor), analisis dilakukan terhadap 5 variasi kadar air pada tanah asli untuk mengetahui nilai kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum (γ_d maks) yang hasilnya akan digunakan dalam variasi *bamboo chips* dan *fly ash*. Berdasarkan nilai OMC tersebut, benda

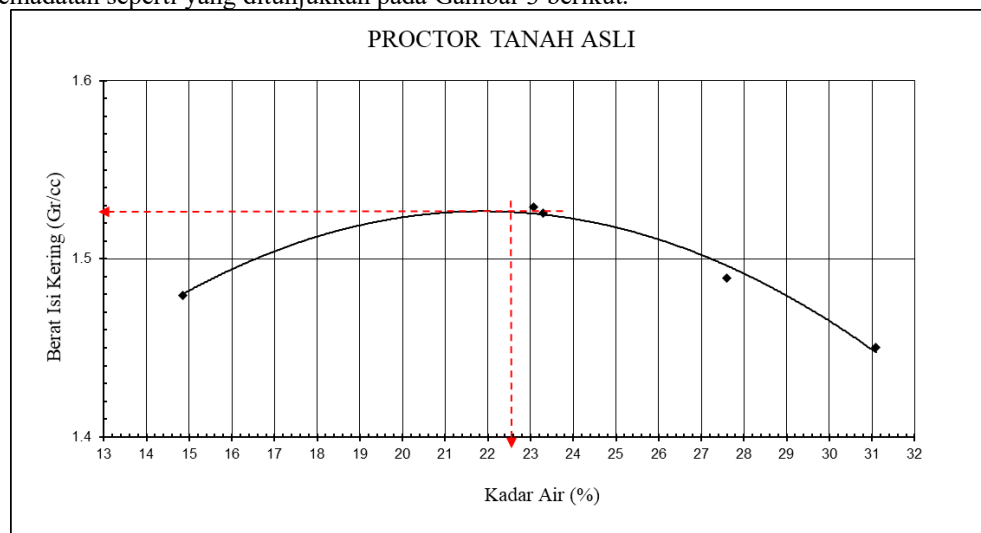
uji untuk pengujian UCS dan CBR dibuat pada kondisi kadar air yang sama agar setiap sampel merepresentasikan kondisi pemadatan optimal dan hasil variasi dapat dibandingkan secara konsisten.

Pada pengujian UCS, analisis dilakukan terhadap 15 benda uji dari 5 variasi untuk mengetahui perubahan nilai kuat tekan bebas (q_u) dan kohesi *undrained* (C_u), dimana nilai C_u diperoleh dari setengah nilai q_u ($C_u = q_u/2$). Sementara itu, pengujian CBR dilakukan terhadap 5 variasi campuran dengan 3 variasi tumbukan (10, 35, dan 65 tumbukan) untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran dan tingkat kepadatan terhadap nilai daya dukung tanah. Hasil ketiga pengujian tersebut akan diidentifikasi atas perubahan tiap parameternya guna menentukan variasi campuran yang optimal dalam meningkatkan sifat mekanis tanah lunak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

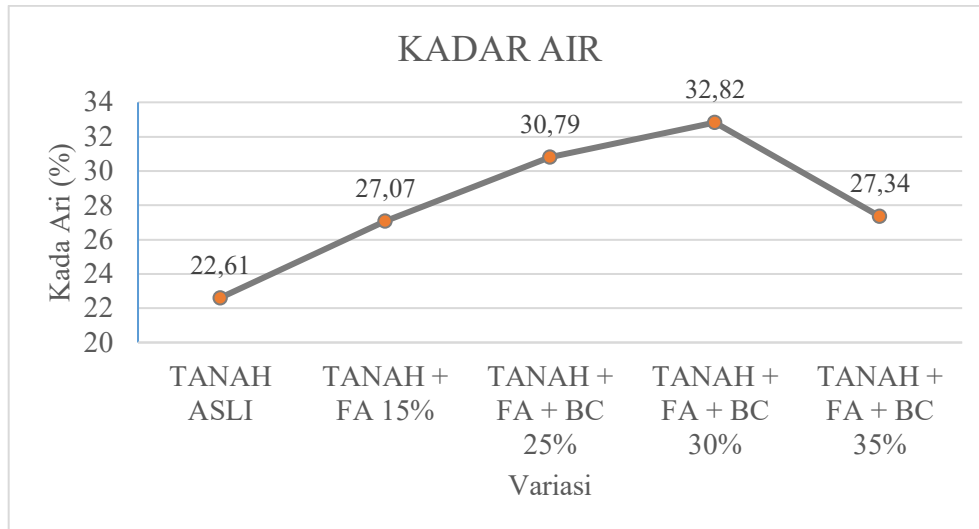
3.1 Pemadatan (Proctor)

Pengujian pemadatan (Proctor) pada tanah asli dilakukan dengan lima variasi penambahan kadar air untuk memperoleh hubungan antara kadar air dan berat isi kering. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh kurva pemadatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

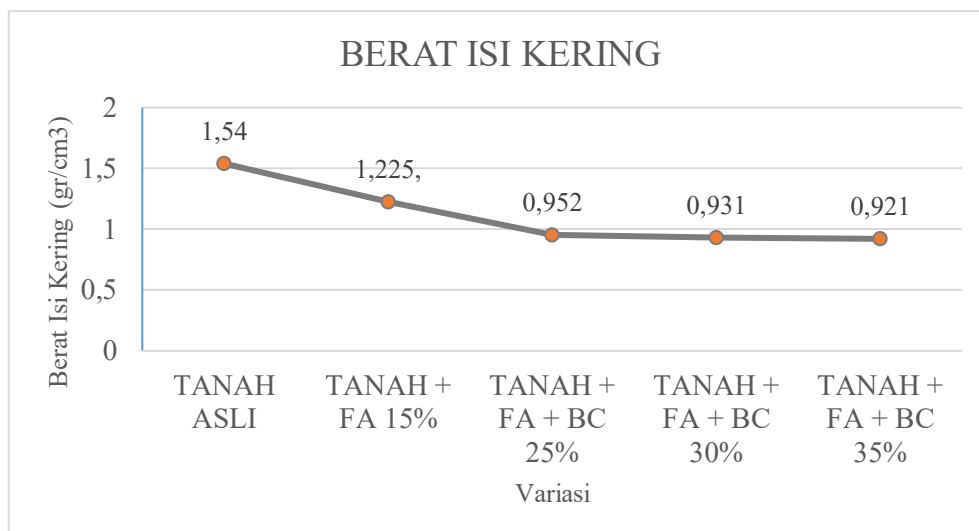


Gambar 3. Grafik OMC dan γ_d Maksimum

Dari kurva tersebut dapat ditentukan nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content* / OMC) dan berat isi kering maksimum sebesar 22,61% dan 1,542 gr/cm³. Grafik tersebut menunjukkan apabila peningkatan kadar air akan meningkatkan berat isi kering hingga mencapai kondisi optimum, kemudian mengalami penurunan setelah melewati kadar air tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pada kadar air optimum, susunan partikel tanah berada pada kondisi paling padat. Dengan hasil tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan pengujian Proctor pada variasi campuran lainnya yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Campuran Terhadap Kadar Air



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Campuran Terhadap Berat Isi Kering (γ_d)

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai kadar air mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi campuran hingga mencapai nilai tertinggi pada variasi *bamboo chips* 30% dan *fly ash* 15%, kemudian mengalami penurunan pada variasi *bamboo chips* 35% dan *fly ash* 15%. Sementara itu, nilai berat isi kering terus mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi campuran. Tren ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menemukan hasil serupa, di mana peningkatan kadar *fly ash* menyebabkan naiknya OMC dan turunnya berat isi kering akibat berat jenis *fly ash* yang lebih rendah dibandingkan tanah asli sehingga mengurangi kepadatan campuran secara keseluruhan (Rajput Singh et al., 2022).

Peningkatan OMC pada variasi awal juga dipengaruhi oleh sifat *bamboo chips* yang menyerap air, sehingga campuran membutuhkan air lebih banyak untuk mencapai kondisi padat optimum. Adapun penurunan OMC pada variasi 35% diduga akibat dominasi *bamboo chips* dalam campuran yang mengurangi interaksi antar partikel tanah dan *fly ash*, sehingga kebutuhan air untuk mencapai kepadatan optimum berkurang.

3.2 UCS

Hasil pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength* / UCS) disajikan dalam bentuk tabel yang memuat nilai tegangan, kuat tekan bebas (q_u), dan kohesi undrained (C_u) untuk masing-masing variasi campuran. Nilai kuat tekan bebas (q_u) diperoleh dari tegangan maksimum, sedangkan nilai kohesi *undrained* (C_u) dihitung sebagai setengah dari nilai UCS.

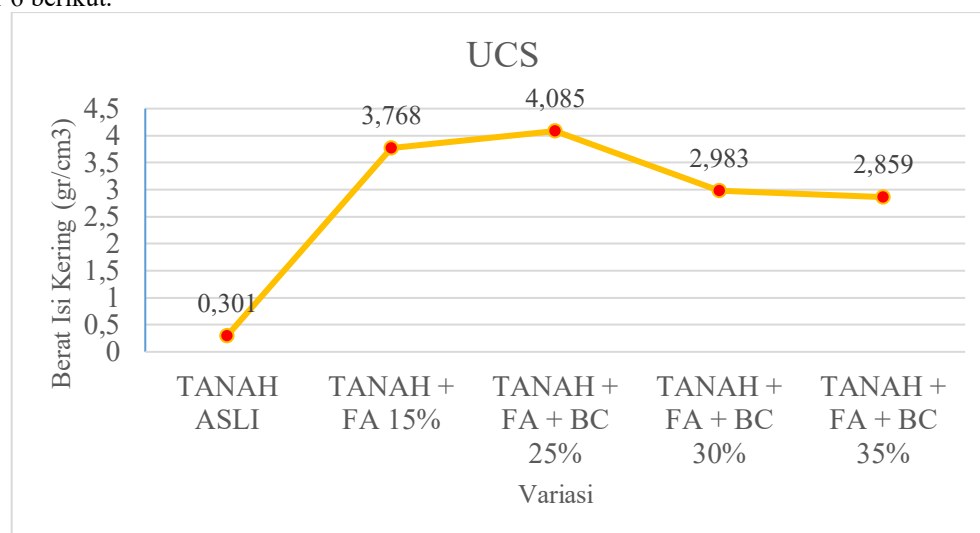
Tabel 2. Hasil Pengujian UCS

KETERANGAN	TANAH ASLI	TANAH + FA 15%	TANAH + FA + BC 25%	TANAH + FA + BC 30%	TANAH + FA + BC 35%
qu (kg/cm ²)	0,301	3,768	4,085	2,983	2,859
qu (kN/m ²)	29,529	369,668	400,690	292,595	280,438
Cu (kN/m ²)	14,765	184,834	200,345	146,298	140,219

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (UCS) yang disajikan pada Tabel 2 terlihat apabila penambahan *fly ash* dan *bamboo chips* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan bebas (qu) tanah. Nilai (qu) pada tanah asli sebesar 0,301 kg/cm², kemudian meningkat secara signifikan sebesar 3,768 kg/cm² setelah penambahan *fly ash* 15% yang mengindikasikan apabila rekasi pozzolan *fly ash* saja sudah mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kekuatan tanah.

Peningkatan tertinggi diperoleh pada variasi *bamboo chips* 25% dan *fly ash* 15% dengan nilai qu sebesar 4,085 kg/cm² atau sekitar 12,6 kali lipat dibandingkan tanah asli. Peningkatan kekuatan tanah hingga kondisi optimum disebabkan oleh kombinasi reaksi pozzolan dari *fly ash* yang meningkatkan ikatan antar partikel tanah, serta peran *bamboo chips* sebagai perkuatan mekanis yang meningkatkan *interlocking*. Sejalan dengan penelitian terdahulu apabila terjadi peningkatan sekitar 65% setelah penambahan fiber bambu, karena fiber bambu membentuk jaringan tiga dimensi yang mendistribusikan tegangan dan meningkatkan gesekan antar partikel dalam matriks tanah (Kumar et al., 2025).

Sementara itu, terjadi penurunan kekuatan pada variasi yang lebih tinggi diduga akibat dominasi *bamboo chips* dalam campuran yang menyebabkan berkurangnya kontak antar partikel tanah dan *fly ash*, sehingga efektivitas ikatan sementasi menurun. Temuan ini selaras dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa penambahan serat bambu di atas kadar optimum tidak memberikan peningkatan yang proporsional, kemungkinan akibat pencampuran yang kurang merata dan berkurangnya kohesi antar partikel tanah pada konsentrasi serat bambu yang lebih tinggi (Kumar et al., 2025). Hasil pengujian dapat digambarkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Campuran Terhadap UCS

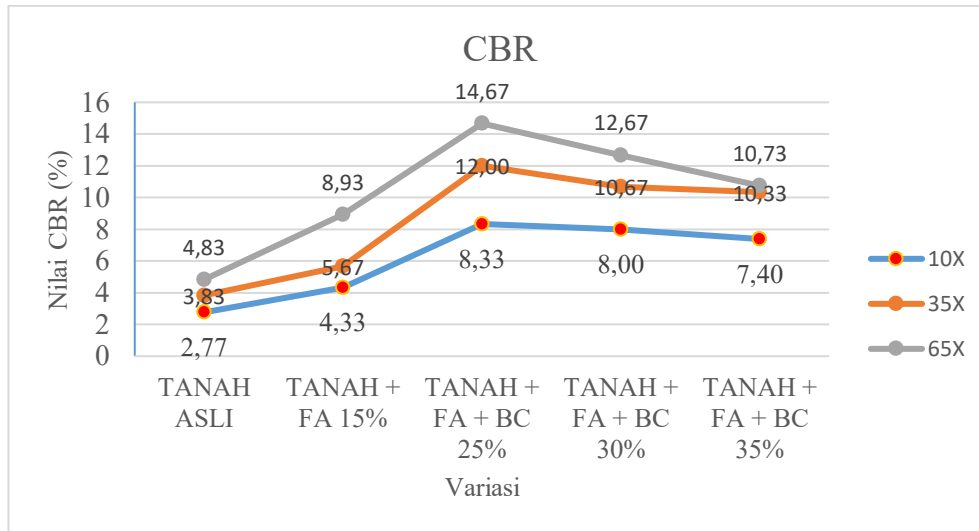
3.3 CBR

Hasil pengujian California Bearing Ratio (CBR) dilakukan pada 10, 35, dan 65 pukulan yang tersaji pada Tabel 3 berikut untuk menunjukkan pengaruh variasi campuran terhadap daya dukung tanah.

Tabel 3. Hasil Pengujian CBR

BANYAK TUMBUKAN	TANAH ASLI	TANAH + FA 15%	TANAH + FA + BC 25%	TANAH + FA + BC 30%	TANAH + FA + BC 35%
10X (%)	2.77	4.33	8.33	8.00	7.40
35X (%)	3.83	5.67	12.00	10.67	10.33
65X (%)	4.83	8.93	14.67	12.67	10.73

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa nilai CBR mengalami perubahan seiring dengan penambahan *fly ash* dan *bamboo chips*. Peningkatan nilai persentase puncak dialami oleh variasi *bamboo chips* 25% dan *fly ash* 15%.



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Campuran Terhadap

Peningkatan nilai CBR hingga kondisi optimum pada variasi *bamboo chips* 25% dan *fly ash* 15% menunjukkan bahwa kombinasi kedua material tersebut mampu meningkatkan daya dukung tanah melalui perbaikan struktur dan ikatan antar partikel. Mengacu pada kriteria nilai CBR untuk tanah dasar, nilai CBR tanah asli sebesar 4,83% tergolong kategori *poor* (<5%), sedangkan pada variasi optimum diperoleh nilai 14,67% yang telah masuk dalam kategori *good* (10–20%), menunjukkan peningkatan kelas daya dukung tanah yang signifikan (Brahmachary & Rokonuzzaman, 2018). Peningkatan ini sejalan dengan peneliti lain yang menyimpulkan bahwa penambahan serat bambu secara konsisten meningkatkan nilai CBR tanah hingga kadar optimum 1,2%, di mana serat bambu menjadikan tanah sebagai material komposit dengan kekakuan dan kekuatan yang lebih baik dibandingkan tanah biasa (Brahmachary & Rokonuzzaman, 2018).

Sementara itu, penurunan nilai CBR pada variasi *bamboo chips* 30% dan 35% disebabkan oleh berkurangnya kepadatan tanah akibat meningkatnya rongga serta berkurangnya kontak antar partikel tanah, meskipun seluruh variasi campuran tetap memenuhi syarat minimum sebagai tanah dasar. Tren penurunan ini konsisten dengan temuan peneliti lain yang menunjukkan bahwa penambahan serat bambu di atas kadar optimum menyebabkan penurunan nilai CBR secara bertahap, di mana pembuatan sampel yang identik pada kadar di atas optimum bahkan tidak lagi memungkinkan akibat perubahan karakteristik campuran yang signifikan (Brahmachary & Rokonuzzaman, 2018).

Selain komposisi campuran, jumlah tumbukan juga berpengaruh terhadap nilai CBR, di mana semakin banyak tumbukan maka nilai CBR akan semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kepadatan tanah berperan penting dalam meningkatkan daya dukung tanah secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, penambahan *bamboo chips* dan *fly ash* mampu meningkatkan sifat mekanis tanah lunak secara signifikan. Hasil uji Proctor menunjukkan bahwa tanah asli memiliki OMC sebesar 22,61% dan berat isi kering maksimum sebesar 1,542 g/cm³. Seiring bertambahnya variasi campuran, nilai OMC cenderung meningkat hingga variasi *bamboo chips* 30% kemudian menurun pada variasi 35%, sementara berat isi kering maksimum terus mengalami penurunan pada seluruh variasi campuran.

Pada uji UCS, nilai q_u tanah asli sebesar 0,301 kg/cm² meningkat hingga 4,085 kg/cm² atau sekitar 12,6 kali lipat pada variasi *bamboo chips* 25% dan *fly ash* 15%, dengan nilai C_u optimum sebesar 200,345 kN/m². Hasil uji CBR menunjukkan pola yang serupa, di mana nilai CBR tanah asli sebesar 4,83% yang tergolong kategori *poor* meningkat menjadi 14,67% pada 65 tumbukan di variasi yang sama, masuk dalam kategori *good*. Kedua parameter tersebut mengalami penurunan pada variasi *bamboo chips* 30% dan 35%, meskipun seluruh variasi campuran tetap lebih tinggi dibandingkan tanah asli dan memenuhi syarat minimum sebagai tanah dasar.

Dengan demikian, kadar optimum penambahan material stabilisasi berada pada *bamboo chips* 25% dan *fly ash* 15%, yang secara konsisten menghasilkan peningkatan kekuatan dan daya dukung tanah lunak terbaik pada seluruh parameter pengujian yang ditinjau.

DAFTAR PUSTAKA

- Brahmachary, T. K., & Rokonzaman, M. (2018). Investigation Of Random Inclusion Of Bamboo Fiber On Ordinary Soil and Its Effect CBR Value. *International Journal Of Geo-Engineering*, 9(10), 1–11. <https://doi.org/10.1186/S40703-018-0079-X>
- Das, B. M. (1988). *Mekanika Tanah Jilid 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*.
- Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah. (2002). *Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak*.
- Farhan, A., Yusa, M., & Fatnanda, F. (2021). Karakteristik Sifat Mekanis Dan Fisik Tanah Lunak Di Kabupaten Siak Berdasarkan Pengujian Dokenbo dan Vane Shear. *Jom FTEKNIK*, 8(2), 1–11.
- Kumar, S., Yadav, B., & Raj, R. (2025). A Technical Note On Unconfined Compressive Strength (UCS) Of Black Cotton Soil Reinforced With Hydrophobically-Treated Bamboo Fibres. *Discover Sustainability*, 6(183). <https://doi.org/10.1007/S43621-025-00986-4>
- Mozumder, R. S., Bhumik, M. C., & Sheikh, P. (2025). Influence Of Bamboo Fiber Reinforcement On The Mechanical Behavior Of Soft Soil. *Discover Civil Engineering*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/S44290-025-00339-0>
- Rtumbanua, J. D. F. (2023). Studi Penyelidikan Tanah Menggunakan Metode Handbor Lokasi Kelurahan Karang Senang Distrik Kuala Kencana. In *Jurnal Sosial Dan Teknologi Terapan Amata* (Vol. 02, Number 2).
- Try Sunanda Fathanah, Duha Awaluddin Kurniatullah, & Alfian Adie Chandra. (2024). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Fly Ash dan Serbuk Batu Karang Terhadap Nilai CBR. *Jurnal Sipil Terapan*, 2(2), 48–63. <https://doi.org/10.58169/Jusit.V2i2.379>