JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING FOR SUSTAINABLE FUTURE (JCESF) *ISSN:3090-1995*
Volume 1-1 , June 2025, ***Sianturi,P.W.[1], Wulandari,T.E.[2]***

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP INDEKS PLASTISITAS PADA TANAH LEMPUNG

Pernando Wijaya Sianturi[1)*], Tika Ermita Wulandari[2)]
[12]Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Jl Kolam No.1 Medan Estate, Medan
[*]Corresponding Author, Email : *pernandosiant@gmail.com*

Dikirim : 13 Juni 2025 *Direvisi : 15 Juli 2025* *Diterima : 01 Agustus 2025*

ABSTRAK

Tanah lempung dikategorikan sebagai tanah kohesif dengan daya dukung yang relatif rendah, serta memiliki sifat kembang susut yang signifikan dan deformasi tinggi, terutama saat terjadi perubahan kadar air. Sifat ini menjadikan tanah lempung kurang ideal untuk digunakan secara langsung sebagai material dasar konstruksi jalan. Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan menerapkan metode stabilisasi menggunakan bahan aditif alternatif berupa abu sekam padi, yang merupakan limbah biomassa dengan kandungan silika cukup tinggi dan berpotensi sebagai bahan stabilisasi tanah. Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahapan utama, yaitu pengujian karakteristik fisik tanah dan pengujian batas konsistensi (Atterberg limits) untuk menilai perubahan sifat plastisitas akibat penambahan abu sekam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi berkontribusi terhadap penurunan nilai batas cair tanah lempung, dari 59,62% pada kondisi awal menjadi 56,65% pada campuran 3%, dan menurun lebih signifikan hingga 45,28% pada campuran 9%. Penurunan ini diindikasikan sebagai akibat dari proses pemadatan mikrostruktur tanah yang dipengaruhi oleh efek pengisian pori dan pengikatan partikel lempung oleh partikel abu. Sementara itu, nilai batas plastis mengalami peningkatan dari 29,73% menjadi 31,47% pada campuran 3% dan 38,08% pada campuran 9%. Fenomena ini mencerminkan terjadinya reaksi ionik antara kalsium dari abu dan mineral lempung yang memicu proses flokulasi dan agregasi partikel tanah. Dengan menurunnya indeks plastisitas sebagai hasil dari penurunan batas cair dan kenaikan batas plastis, maka dapat disimpulkan bahwa tanah mengalami penurunan kohesi dan peningkatan stabilitas plastis. Secara keseluruhan, pemanfaatan abu sekam padi terbukti efektif dalam memperbaiki karakteristik plastisitas tanah lempung, dan membuka peluang pemanfaatan material limbah sebagai alternatif stabilisator tanah dalam konstruksi teknik sipil.

Kata Kunci : Tanah Lempung, Abu Sekam Padi, Indeks Plastisitas

ABSTRACT

Clay soil is classified as a cohesive soil with relatively low bearing capacity, as well as exhibiting significant shrink-swell behavior and high deformability, particularly in response to changes in moisture content. These properties make clay soil less suitable for direct use as a subgrade material in road construction. To address these challenges, this study was conducted using a stabilization method involving the addition of an alternative additive material in the form of rice husk ash, a biomass waste rich in silica content with potential application as a soil stabilizer. The research was carried out in two main stages: physical characterization tests and consistency limit (Atterberg limits) tests, aimed at evaluating changes in plasticity properties due to rice husk ash addition. The test results indicate that the addition of rice husk ash contributes to a reduction in the liquid limit of the clay soil, from 59.62% in its natural state to 56.65% at a 3% mixture, and further down to 45.28% at a 9% mixture. This reduction is attributed to microstructural densification of the soil, influenced by pore-filling effects and the binding of clay particles by ash particles. Concurrently, the plastic limit increased from 29.73% to 31.47% at a 3% mixture and to 38.08% at a 9% mixture. This phenomenon reflects ionic reactions between calcium in the ash and clay minerals, which initiate flocculation and aggregation of soil particles. As a result of the reduced liquid limit and increased plastic limit, the plasticity index decreases, indicating a reduction in soil cohesion and an improvement in plastic stability. Overall, the utilization of rice husk ash has been proven effective in enhancing the plasticity characteristics of clay soil and demonstrates the potential for reusing agricultural waste materials as alternative soil stabilizers in civil engineering applications.

Keywords : *Clay Soil, Rice Husk Ash, Plasticity Index*

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu elemen utama dalam konstruksi, karena berfungsi sebagai penopang beban struktur. Namun, tidak semua tanah memiliki karakteristik teknis yang baik. Tanah lempung, yang banyak ditemukan di wilayah tropis seperti Indonesia, dikenal memiliki plastisitas tinggi, daya dukung rendah, dan sangat rentan terhadap perubahan volume akibat fluktuasi kadar air (Das, 2012; Hardiyatmo, 2012 dalam Atmoko, 2015). Sifat-sifat ini menjadikan tanah lempung kurang ideal untuk digunakan sebagai pondasi struktur tanpa perbaikan terlebih dahulu.

Permasalahan deformasi dan penurunan volume pada tanah lempung berkaitan erat dengan nilai indeks plastisitas (PI), yaitu selisih antara batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Semakin tinggi nilai PI, semakin besar potensi tanah untuk mengalami perubahan bentuk. Oleh karena itu, menurunkan nilai PI menjadi salah satu strategi teknis untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung (Terzaghi & Peck, 1993).

Salah satu pendekatan yang berkembang dalam perbaikan tanah adalah stabilisasi dengan bahan tambahan alami atau limbah, seperti abu sekam padi (ASP). ASP merupakan limbah pembakaran pertanian yang kaya silika dan memiliki potensi sebagai bahan pozzolan dalam stabilisasi tanah (Haryadi, 2006). Penggunaan ASP sebagai bahan alternatif juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dan pengelolaan limbah organik pertanian secara efisien.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengevaluasi efektivitas ASP dalam perbaikan tanah, namun sebagian besar mengkombinasikan ASP dengan bahan lain, seperti kapur atau semen (Rifqi & Mufti, 2017). Di sisi lain, belum banyak penelitian yang secara spesifik mengkaji pengaruh ASP murni terhadap indeks plastisitas tanah lempung lokal tanpa campuran bahan kimia lainnya. Selain itu, karakteristik tanah sangat bergantung pada lokasi, sehingga hasil di suatu daerah tidak dapat langsung digeneralisasi ke daerah lain. Fenomena gap penelitian ini adalah masih terdapat kekosongan penelitian terkait pemanfaatan abu sekam padi murni (tanpa kombinasi bahan lain) untuk menstabilkan tanah lempung lokal dari kawasan Pantai Labu, Deli Serdang, padahal daerah ini memiliki banyak aktivitas pembangunan dengan keterbatasan lahan ideal.

Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengevaluasi secara eksperimental pengaruh penambahan abu sekam padi murni terhadap nilai LL, PL, dan PI tanah lempung lokal, menggunakan pendekatan parameter Atterberg Limit. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teknis dan lingkungan dalam upaya stabilisasi tanah lempung menggunakan limbah pertanian secara efisien dan ekonomis. Penelitian dilakukan dengan menambahkan abu sekam padi dalam variasi kadar 0%, 3%, dan 9%, dan mengamati perubahan nilai konsistensi tanah. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan metode perbaikan tanah berbasis material limbah yang ramah lingkungan dan mendukung keberlanjutan infrastruktur sipil.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Jalan Pantai Labu, Kecamatan Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada area perkebunan dengan jenis tanah dominan berupa lempung. Pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Medan Area. Sampel tanah diambil dalam bentuk undisturbed soil, untuk menjaga struktur alami tanah. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah abu sekam padi (ASP), limbah pertanian yang mengandung silika aktif (SiO_2) dan memiliki potensi sebagai bahan pozzolan dalam perbaikan tanah (Hardiyatmo, 2010).

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap parameter

konsistensi tanah lempung, yaitu batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI). Tiga variasi campuran ASP digunakan: 0% (kontrol), 3%, dan 9%.

Data yang dikumpulkan terdiri dari:

1. Data primer: Hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah asli dan tanah yang distabilisasi dengan ASP.
2. Data sekunder: Literatur ilmiah, jurnal, buku referensi teknik sipil, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan stabilisasi tanah.

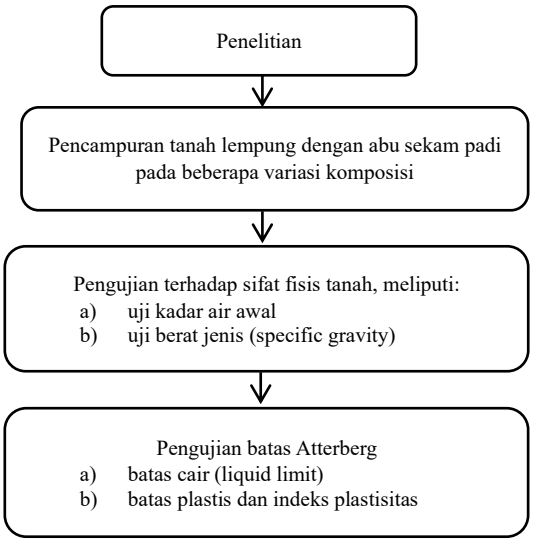
Pengujian dilakukan sesuai standar ASTM sebagai berikut:

1. Pengujian Tanah Asli
   - Kadar air (ASTM D2216): Untuk mengetahui kelembaban awal tanah.
   - Berat jenis (ASTM D854): Untuk mengetahui massa jenis relatif butiran tanah.
   - Batas-batas Atterberg:
   - Batas cair (LL) – ASTM D423
   - Batas plastis (PL) dan Indeks plastisitas (PI) – ASTM D424
2. Pengujian Tanah Setelah Distabilisasi

   Setelah pencampuran tanah kering dengan ASP pada kadar tertentu, dilakukan pengujian yang sama terhadap parameter konsistensi. Tujuan utamanya adalah mengevaluasi penurunan nilai PI sebagai indikator keberhasilan stabilisasi.

Karakteristik plastisitas tanah dinyatakan melalui parameter Atterberg Limit, yang memberikan gambaran rentang perubahan bentuk tanah akibat variasi kadar air. Menurut Hardiyatmo (2010), indeks plastisitas (PI) adalah salah satu indikator utama dalam klasifikasi dan perilaku plastis tanah lempung. PI yang tinggi menunjukkan potensi besar terhadap perubahan volume (sifat kembang-susut) yang berdampak buruk pada stabilitas struktur. Stabilisasi tanah melalui bahan tambahan bertujuan untuk mengurangi plastisitas dan meningkatkan kestabilan (Das, 2012). ASP sebagai bahan pozzolan bekerja melalui reaksi kimia antara silika aktif dan senyawa tanah, membentuk senyawa ikatan baru yang meningkatkan kohesi dan mengurangi daya serap air tanah (Houston, 2000).

Data hasil laboratorium disusun dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan perubahan nilai LL, PL, dan PI akibat penambahan abu sekam padi. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk menilai tren penurunan plastisitas tanah. Interpretasi data dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah stabilisasi pada masing-masing variasi kadar ASP.



Gambar 1. Alir Pelaksanaan Penelitian
Sumber : Peneliti (2023)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan abu sekam padi (ASP) terhadap plastisitas tanah lempung, menggunakan parameter batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI). Uji laboratorium dilakukan pada tanah tanpa ASP (0%) dan tanah dengan tambahan ASP sebesar 3% dan 9%.

Tanah asli dari Jalan Pantai Labu diuji untuk mengetahui kondisi awal tanpa perlakuan. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Karakteristik Awal Tanah Lempung (0% ASP)

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar air tanah	72,04 %
2	Berat jenis tanah	2,17
3	Batas Cair (LL)	59,62 %
4	Batas Plastis (PL)	29,73 %
5	Indeks Plastisitas (PI)	31,95 %

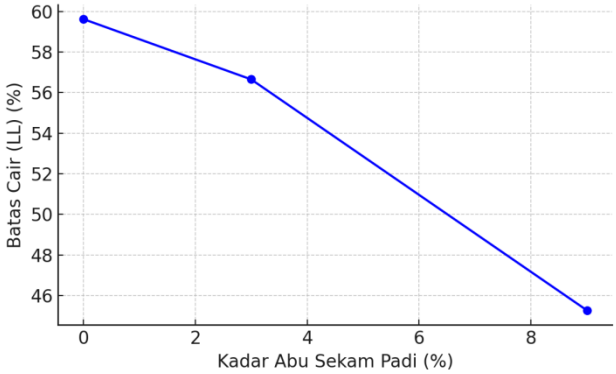
Berdasarkan nilai PI > 17%, tanah ini termasuk dalam klasifikasi plastisitas tinggi dan sangat kohesif, serta tidak cocok digunakan secara langsung untuk konstruksi.

Setelah pencampuran dengan ASP pada kadar 3% dan 9%, dilakukan pengujian parameter Atterberg untuk menilai perubahan sifat plastisitas tanah. Hasilnya ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai LL, PL, dan PI Tanah Setelah Penambahan ASP

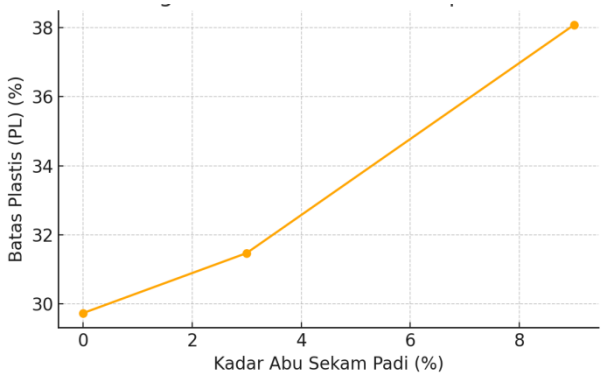
No	Komposisi Bahan	LL(%)	PL(%)	PI(%)
1	Tanah + 0% Abu Sekam Padi	59,62%	29,73%	31,95%
2	Tanah + 3% Abu Sekam Padi	56,65%	31,47%	26,13%
3	Tanah + 9% Abu Sekam Padi	45,28%	38,08%	7,18%

Untuk memperjelas tren perubahan sifat plastisitas, berikut disajikan grafik terpisah untuk masing-masing parameter.



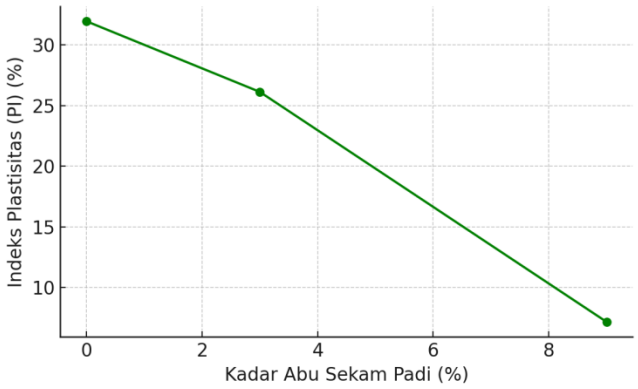
Gambar 1. Pengaruh Kadar ASP terhadap Batas Cair (LL)

Grafik kiri (biru) menunjukkan bahwa batas cair menurun signifikan dengan bertambahnya kadar ASP. Penurunan LL dari 59,62% ke 45,28% mencerminkan bahwa tanah menjadi kurang sensitif terhadap air, yang mengindikasikan peningkatan kestabilan.



Gambar 2. Pengaruh Kadar ASP terhadap Batas Plastis (PL)

Grafik tengah (oranye) memperlihatkan bahwa batas plastis meningkat dari 29,73% menjadi 38,08%. Peningkatan PL menandakan pembentukan agregat tanah yang lebih besar dan stabil, yang membutuhkan kadar air lebih tinggi untuk menjadi plastis.



Gambar 3. Pengaruh Kadar ASP terhadap Indeks Plastisitas (PI)

Grafik kanan (hijau) menunjukkan penurunan drastis nilai PI dari 31,95% menjadi 7,18%. Ini adalah indikator utama keberhasilan stabilisasi, karena rentang plastisitas menyempit secara signifikan, menjadikan tanah lebih kaku, keras, dan dapat digunakan sebagai subgrade konstruksi.

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi (ASP) berpengaruh nyata terhadap penurunan plastisitas tanah lempung. Penurunan nilai Liquid Limit (LL) dari 59,62% menjadi 45,28% serta Plasticity Index (PI) dari 31,95% menjadi 7,18% mengindikasikan terjadinya transformasi sifat fisik tanah menjadi lebih stabil. Secara teknis, penurunan plastisitas ini menunjukkan bahwa tanah yang awalnya sangat plastis dan mudah berubah bentuk telah mengalami perbaikan struktur menjadi lebih keras dan padat. Penambahan ASP berperan sebagai agen stabilisasi alami yang mendorong proses flokulasi dan sementasi antar partikel tanah. Kandungan silika (SiO_2) dalam abu sekam padi berinteraksi dengan kation-kation tanah lempung dan menghasilkan ikatan baru, membuat agregat tanah menjadi lebih besar dan mengurangi kemampuan menyerap air.

Hasil penelitian ini sejalan dengan studi Rifqi dan Mufti (2017), yang menunjukkan bahwa kombinasi abu sekam padi dan kapur efektif dalam menurunkan nilai PI pada tanah lempung ekspansif. Namun, perbedaan utama terletak pada bahan tunggal yang digunakan. Dalam penelitian ini, ASP digunakan tanpa kombinasi bahan kimia lain, sehingga dapat dikatakan bahwa pendekatan ini lebih sederhana dan ramah lingkungan.

Reza (2021) juga menegaskan bahwa kadar air memainkan peran besar dalam menentukan tingkat konsolidasi tanah lempung. Penurunan nilai LL dalam penelitian ini menunjukkan bahwa

tanah membutuhkan air lebih sedikit untuk mencapai keadaan cair, yang mendukung hasil Reza terkait pengaruh pengikatan butiran tanah dalam kondisi kelembapan tinggi.

Secara teoritis, menurut Das (2012), salah satu parameter utama yang menunjukkan potensi kestabilan tanah adalah Plasticity Index (PI). Tanah dengan PI di atas 17% dikategorikan plastis tinggi dan tidak cocok untuk pondasi tanpa perbaikan. Sebaliknya, tanah dengan PI di bawah 10% sudah termasuk kategori plastisitas rendah dan relatif aman untuk konstruksi ringan. Penurunan PI dari 31,95% menjadi 7,18% yang terjadi pada sampel dengan ASP 9% menunjukkan bahwa tanah tersebut mengalami peningkatan signifikan dalam kestabilan fisik, yang secara langsung meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi potensi pengembangan volume. Ini menunjukkan bahwa abu sekam padi bukan hanya sebagai pengisi, tetapi juga sebagai agen aktif dalam transformasi struktur mikro tanah.

Penulis meyakini bahwa pemanfaatan abu sekam padi bukan hanya relevan dari sisi teknis, tetapi juga dari aspek lingkungan dan ekonomi lokal. Sekam padi merupakan limbah biomassa yang melimpah di kawasan pertanian Sumatera Utara dan umumnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Dengan menjadikannya sebagai bahan stabilisasi tanah, petani dan pelaku industri konstruksi lokal dapat mendapatkan solusi murah, efektif, dan berkelanjutan.

Selain itu, pendekatan ini sangat cocok untuk proyek pembangunan di wilayah pedesaan, yang sering mengalami kendala biaya dan keterbatasan akses terhadap bahan bangunan kimia. Beberapa konsep dan kesimpulan tambahan yang dapat diangkat dari penelitian ini antara lain:

- Konsep Rekayasa Tanah Berbasis Limbah: Abu sekam padi membuktikan bahwa rekayasa geoteknik tidak harus bergantung pada bahan industri mahal. Inovasi berbasis limbah organik dapat menjadi solusi cerdas yang teknis dan ekologis.
- Aplikasi Lapangan: Tanah hasil stabilisasi dengan 9% ASP dapat digunakan sebagai lapisan dasar (subgrade) untuk jalan pedesaan, area pekarangan, atau pondasi bangunan ringan.
- Efisiensi Energi: Karena tidak memerlukan pemrosesan tinggi, penggunaan ASP mengurangi jejak karbon dalam proyek konstruksi berskala kecil hingga menengah.

Penelitian ini memberikan bukti bahwa abu sekam padi adalah bahan stabilisasi yang efektif, murah, dan ramah lingkungan. Penambahan hingga 9% mampu menurunkan indeks plastisitas ke tingkat yang ideal untuk pekerjaan konstruksi. Hasil ini tidak hanya memperkuat teori dan temuan sebelumnya, tetapi juga memperluas wawasan tentang potensi rekayasa berbasis sumber daya lokal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi (ASP) secara signifikan memengaruhi sifat plastisitas tanah lempung. Penurunan nilai *Liquid Limit* dari 59,62% menjadi 45,28% serta *Plasticity Index* dari 31,95% menjadi 7,18% menunjukkan bahwa tanah mengalami transformasi dari plastisitas tinggi menjadi plastisitas rendah. Selain itu, peningkatan *Plastic Limit* dari 29,73% menjadi 38,08% memperlihatkan bahwa tanah hasil stabilisasi memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap deformasi awal. Hasil ini membuktikan bahwa ASP dapat meningkatkan stabilitas tanah lempung secara efektif, bahkan tanpa kombinasi bahan tambahan lainnya. Dengan demikian, ASP memiliki potensi besar sebagai bahan stabilisasi tanah alternatif yang murah, mudah diperoleh, dan ramah lingkungan, khususnya untuk daerah pertanian seperti Kabupaten Deli Serdang yang menghasilkan limbah sekam padi dalam jumlah besar.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil dan temuan dalam penelitian ini, penulis menyarankan agar abu sekam padi digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah pada proyek-proyek konstruksi ringan atau pembangunan infrastruktur lokal, terutama di daerah dengan karakteristik tanah lempung yang plastis. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar penelitian ini diperluas dengan uji mekanis tambahan

seperti CBR (California Bearing Ratio), kuat tekan bebas, atau uji daya dukung dinamis guna mengetahui kelayakan tanah hasil stabilisasi dalam kondisi beban nyata. Selain itu, diperlukan pula kajian mikrostruktur melalui metode seperti SEM atau XRD untuk memahami proses reaksi kimia dan interaksi antar partikel tanah dan abu sekam padi secara lebih mendalam. Upaya ini diharapkan dapat memperkuat pemanfaatan bahan lokal dan limbah organik dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan dan berbiaya rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Das, B. M. (2012). Principles of Geotechnical Engineering (8th ed.). Cengage Learning.
Hardiyatmo, H. C. (2010). Mekanika Tanah 1. Gadjah Mada University Press.
Haryadi, S. (2006). Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Sumber Energi dan Bahan Baku Industri. Balai Besar Pascapanen Pertanian.
Houston, D. T. (2000). Rice Husk Ash as an Engineering Material. Journal of Environmental Engineering, 126(10), 913–917.
Jumikis, A. R. (1987). Soil Mechanics. D. Van Nostrand Company.
Reza, M. F. (2021). Pengaruh Variasi Kadar Air terhadap Konsolidasi Tanah Lempung. Skripsi. Universitas Palangka Raya.
Rifqi, M., & Mufti, D. N. (2017). Pengaruh Abu Sekam Padi dan Kapur terhadap Stabilitas Tanah Lempung. Jurnal Teknisia, 6(2), 85–92.
Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1993). Soil Mechanics in Engineering Practice (3rd ed.). John Wiley & Sons.