

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP INDEKS PLASTISITAS PADA TANAH LEMPUNG

Pernando Wijaya Sianturi, Tika Ermita Wulandari

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area-Medan

nandowijaya15@gmail.com

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

I. Pendahuluan

Tanah merupakan salah satu elemen utama dalam konstruksi, karena berfungsi sebagai penopang beban struktur (Jatmiko, n.d.) 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, 2021; Hardiyatmo, 2020; Jumikis, 1987). Sifat-sifat ini menjadikan tanah lempung kurang ideal untuk digunakan sebagai pondasi struktur tanpa perbaikan terlebih dahulu (Ratmini, 2012).

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) (Soehardi et al., 2017; Suherman, 2002). 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 et al., 1996).

Salah satu pendekatan yang berkembang dalam perbaikan tanah adalah stabilisasi dengan bahan tambahan alami atau limbah, seperti abu sekam padi (ASP) (Warman et al., 2023). ASP merupakan limbah pembakaran pertanian yang kaya silika dan

memiliki potensi sebagai bahan pozzolan dalam stabilisasi tanah (Supit et al., 2015). Penggunaan ASP sebagai bahan alternatif juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dan pengelolaan limbah organik pertanian secara efisien (Sukiman Nurdin, 2011).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengevaluasi efektivitas ASP dalam perbaikan tanah, namun sebagian besar mengkombinasikan ASP dengan bahan lain, seperti kapur atau semen (Abdurrozak & 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 (ASTM, 1972, 1999; Standards, n.d.). 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.

II. Tinjauan Pustaka

2.1. Tanah

Tanah merupakan material dasar yang terbentuk dari pelapukan batuan dan memiliki peranan penting dalam konstruksi sebagai media penopang struktur. Namun demikian, karakteristik setiap jenis tanah sangat bervariasi tergantung pada asal geologis dan komposisi mineralnya. Tanah yang tidak memiliki kapasitas dukung mencukupi, terutama tanah lempung, memerlukan perlakuan khusus agar dapat memenuhi kriteria teknis sebagai pondasi konstruksi.

2.2. Sistem Klasifikasi Tanah

Tanah merupakan material dasar yang terbentuk dari pelapukan batuan dan memiliki peranan penting dalam konstruksi sebagai media penopang struktur. Namun demikian, karakteristik setiap jenis tanah sangat bervariasi tergantung pada asal geologis dan komposisi mineralnya. Tanah yang tidak memiliki kapasitas dukung mencukupi, terutama tanah lempung, memerlukan perlakuan khusus agar dapat memenuhi kriteria teknis sebagai pondasi konstruksi.

2.3. Karakteristik Tanah Lempung

Tanah lempung adalah jenis tanah kohesif yang memiliki ukuran partikel halus, tingkat plastisitas tinggi, dan kemampuan menyerap air yang besar. Tanah ini memiliki sifat kembang-susut (swelling-shrinking) yang signifikan, terutama pada perubahan kadar air, sehingga menyebabkan keretakan atau deformasi pada struktur bangunan di atasnya (Warman et al., 2023). Nilai indeks plastisitas (PI) yang tinggi menandakan bahwa tanah tersebut bersifat sangat plastis dan memiliki daya dukung rendah. Menurut (Das, 2021) tanah dengan PI di atas 17% tergolong sangat plastis dan tidak direkomendasikan untuk pondasi tanpa perbaikan terlebih dahulu.

2.4. Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Abu sekam padi (ASP) merupakan limbah pertanian hasil pembakaran sekam padi yang kaya kandungan silika (SiO_2). Material ini bersifat pozzolan dan dapat bereaksi dengan senyawa tanah untuk membentuk ikatan yang meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah. Penggunaan ASP

sebagai bahan stabilisasi tanah memiliki dua manfaat utama: peningkatan sifat teknik tanah serta pengelolaan limbah biomassa secara berkelanjutan (Khan et al., 2015; Supit et al., 2015). ASP terbukti efektif dalam menurunkan nilai batas cair dan indeks plastisitas tanah lempung, sekaligus meningkatkan batas plastis, yang mengarah pada peningkatan stabilitas struktur tanah (Abdurrozak & Mufti, 2017; Warman et al., 2023).

2.5. Batas-Batas Atterberg

Batas Atterberg terdiri dari tiga parameter penting dalam menentukan konsistensi dan perilaku plastis tanah, yaitu:

1. Batas cair (*Liquid Limit/LL*): kadar air pada saat tanah berubah dari kondisi plastis ke kondisi cair.
2. Batas plastis (*Plastic Limit/PL*): kadar air pada saat tanah berubah dari kondisi semi padat ke plastis.
3. Indeks plastisitas (*Plasticity Index/PI*): selisih antara LL dan PL yang menggambarkan rentang plastis tanah

Nilai LL dan PI yang tinggi menunjukkan bahwa tanah memiliki potensi besar untuk mengalami perubahan bentuk akibat perubahan kadar air. Oleh karena itu, pengurangan nilai-nilai ini merupakan indikator keberhasilan proses stabilisasi. Dalam konteks penggunaan abu sekam padi, penurunan LL dan PI menunjukkan pengaruh positif terhadap stabilitas tanah, yang diasosiasikan dengan terjadinya proses flokulasi dan pengikatan partikel lempung oleh senyawa silika (Das, 2021; Khan et al., 2015).

III. Metodologi 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, 2022).

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) (Saputra & Respati, 2018). 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
 - a. Kadar air (ASTM D2216): Untuk mengetahui kelembaban awal tanah.
 - b. Berat jenis (ASTM D854): Untuk mengetahui massa jenis relatif butiran tanah.
 - c. Batas-batas Atterberg:
 - d. Batas cair (LL) – ASTM D423
 - e. Batas plastis (PL) dan Indeks plastisitas (PI) – ASTM D424

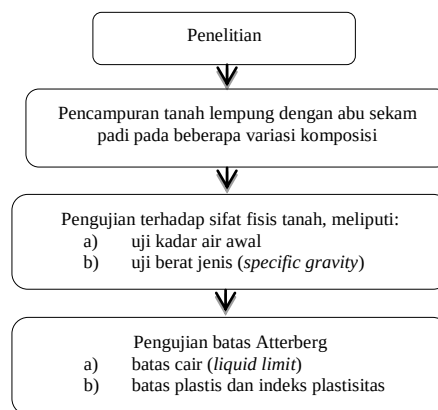
2. Pengujian Tanah Setelah Distabilisasi

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, 2022) 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, 2021). 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 (Khan et al., 2015).

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

IV. Hasil dan Pembahasan

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 %

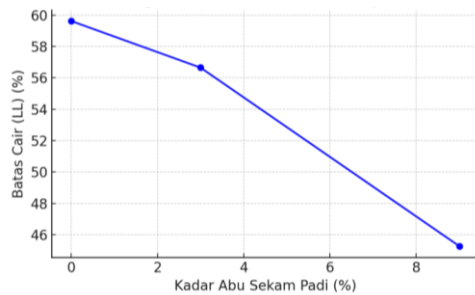
Berdasarkan nilai $PI > 17\%$, tanah ini termasuk dalam klasifikasi plastisitas tinggi dan sangat kohesif, serta tidak cocok digunakan secara langsung untuk konstruksi.

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

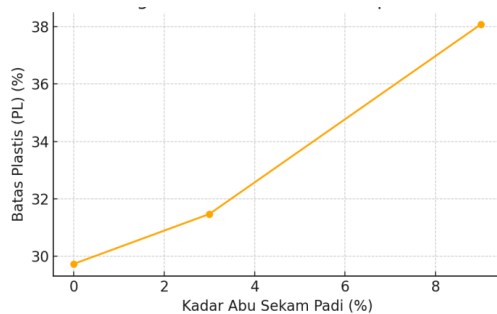
No	Komposisi Bahan	LL(%)	PL(%)	PI(%)
1	Tanah + 0% Abu Sekam Padi	59,62%	29,73%	31,95%
2	Tanah + 3% Abu Sekam Padi	56,65%	31,47%	26,13%
3	Tanah + 9% Abu Sekam Padi	45,28%	38,08%	7,18%

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



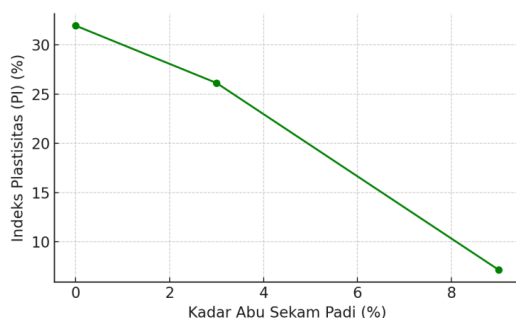
Gambar 2. Pengaruh Kadar ASP terhadap Batas Cair (LL)

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 3. Pengaruh Kadar ASP terhadap Batas Plastis (PL)

Gambar 3 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 4. Pengaruh Kadar ASP terhadap Indeks Plastisitas (PI)

Gambar 4 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.

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 (Abdurrozaq & 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.

(Sukiman Nurdin, 2011) 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, 2021) 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. penulis memberikan konsep dan kesimpulan tambahan yang dapat diangkat dari penelitian ini antara lain : Pertama, 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. Kedua, aplikasi Lapangan: Tanah hasil stabilisasi dengan 9% ASP dapat digunakan sebagai lapisan dasar (subgrade) untuk jalan pedesaan, area pekarangan, atau pondasi bangunan ringan. dan ketiga, 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.

V. Kesimpulan Dan Saran

5.1. 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.

5.2. 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

- [1]. Abdurrozak, M. R., & Mufti, D. N. 2017. *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Kapur Pada Subgrade Perkerasan Jalan*. Jurnal Teknisia, XXII(2), 416–424.
- [2]. ASTM. (1972). *ASTM D 422-72 (Standard Method for Particle-Size Analysis of Soil)*.
- [3]. ASTM. 1999. *ASTM D 423-66 (Standard Test Method for Liquid Limit of Soil)*.
- [4]. Das, B. M., 2021, *Principle of Geotechnical Engineering* (Tenth). Cengage.
- [5]. Hardiyatmo, H. C., 2020, *Mekanika Tanah I* (7th ed.). Gadjah Mada University Press.
- [6]. Hardiyatmo, H. C. 2022, *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. In Gadjah Mada University Press (2nd ed.). Gadjah Mada University Press.
- [7]. Jatmiko, R. (n.d.). *A Study Of Sandly Soil Support Which Is Stabilized Using Tx-300 Reviewed From Cbr Value*. In *Universitas Lampung*.
http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_Sistem_Pembetungan_Terpusat_Strategi_Melestari
- [8]. Jumikis, A.. 1987. *Soil Mechanics*. Van Nostrand Company.
- [9]. Khan, M. N. N., Jamil, M., Karim, M. R., Zain, M. F. M., & Kaish, A. B. M. A. (2015). Utilization of rice husk ash for sustainable construction: A review. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 9 (12), 1119–1127. <https://doi.org/10.19026/rjaset.9.2606>
- [10]. Ratmini, N. S., 2012, *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pengembangan Pertanian*. Jurnal Lahan Suboptimal, 1(2), 197–206.
- [11]. Saputra, N. A., & Respati, R., 2018, *Stabilisasi Tanah Gambut Palangka Raya dengan Bahan Campuran Tanah Non Organik dan Kapur*. Media Ilmiah Teknik

- Sipil, 6(2), 124–131.
<https://doi.org/10.33084/mits.v6i2.249>
- [12]. Soehardi, F., Lubis, F., & Putri, L. D., 2017. *Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman*. Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil Dan Perencanaan (KN-TSP) 2017.
- [13]. Standards, G. engineering. (n.d.). *ASTM D854-10*.
- [14]. Suherman, M., 2002, *Pengaruh Kapur terhadap Sifat Tanah Lempung pada Stabilisasi*. Dinas Pekerjaan Umum.
- [15]. Sukiman Nurdin. 2011, *Analisis Perubahan Kadar Air dan Kuat Geser Tanah Gambutialombi Akibat Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pemanasan*. Jurnal Smartek, 9, 88–108.
- [16]. Supit, M., Tumaliang, H., & Rumbayan, M. 2015. *Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Energi Alternatif Untuk Membangkitkan Energi Listrik*. E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer, vol.4 no.4(4), 7.
- [17]. Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G., 1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd Edition* (Vol. 0). Wiley.
- [18]. Warman, H., Andrea, B., & Teknik Sipil, P. (2023). *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Difa Soil Stabilizer Dan Semen PCC*. Sigma Teknika, 6(1), 195–201.