

NILAI KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH LUNAK YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN LIMBAH ABU SEKAM PADI DAN ASAM FOSFAT

S Syahril^{1*}, Agus Suyono², Muchtar³, Togar Sirait⁴, M Raihan Riandi⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

*E-mail penulis, korespondensi: syahril_polban@yahoo.com

ABSTRAK

Permasalahan geoteknik yang ditimbulkan pada tanah lunak sering kali dihadapkan pada daya dukung yang sangat rendah dan tidak mampu menopang struktur yang akan dibangun di atasnya. Dan juga, masalah lain yang terjadi pada tanah lunak yaitu nilai penurunan tanah relatif tinggi. Berbagai metode perbaikan tanah telah dikembangkan agar dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan tanah lunak dan mendukung pembangunan infrastruktur. Dalam penelitian ini guna memperbaiki karakteristik tanah maka digunakan Abu Sekam Padi (ASP) dan Asam Fosfat (AF). Penelitian ini menggunakan metode stabilisasi tanah dengan menambahkan 5 varian abu sekam padi yaitu (3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%) sebagai variabel bebas dan persentase asam fosfat 10% sebagai variabel terikat. Berdasarkan hasil pengujian *Unconfined Compressive Strength (UCS) test*, kadar campuran optimum adalah abu sekam padi 12% dengan asam fosfat 10%. Didapatkan nilai kuat tekan maksimum pada varian 4 (12% ASP + 10% AF) sebesar 1,056 kg/cm² meningkat dari nilai kuat tekan pada tanah lunak 0,386 kg/cm². Namun, pada varian 5 (15% ASP + 10% AF) turun menjadi 0,820 kg/cm². Berdasarkan hasil pengujian, bahan limbah abu sekam padi dan asam fosfat mampu memperkuat kondisi tanah dan dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi.

Kata Kunci: Abu Sekam Padi, Asam Fosfat, Stabilisasi Tanah, Kuat Tekan Bebas

ABSTRACT

Geotechnical problems caused on soft soil often faced with the bearing capacity that is very low and cannot support the structure to be built on it. And also, soft soil has another problem with the high settlement value. Many various methods of soil improvement have been developed that can be used to increase the compressive strength of soft soil and support infrastructure development. In this research to improve the soil is using Rice Husk Ash (RHA) and Phosphoric Acid (PA). This research used stabilization method by adding 5 variants of rice husk ash (3%, 6%, 9%, 12%, and 15%) as an independent variable and phosphoric acid percentage is 10% as a dependent variable. Based on results, the optimum mixture content is 12% rice husk ash with 10% phosphoric acid from the results of Unconfined Compressive Strength (UCS) test. Obtained maximum value of compressive strength on variant 4 (12% RHA + 10% PA) which is 1,056 kg/cm² getting higher from 0,386 kg/cm² of the soft soil but on variant 5 (15% RHA + 10% PA) decreased to 0,820 kg/cm². Based on the result of testing, this material can increase the soil strength value and can be used as a stabilization material.

Keywords: Rice Husk Ash, Phosphoric Acid, Soil Stabilization, Unconfined Compressive Strength

1. PENDAHULUAN

Daya dukung yang rendah dan penurunan tanah yang tinggi pada tanah lunak sering kali tidak dapat menopang struktur yang akan dibangun di atasnya. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan tanah lunak untuk mendukung kebutuhan infrastruktur. Tanah lunak mempunyai karakteristik yang kurang baik. Masalah utama dari tanah lunak yaitu nilai daya dukung yang rendah, stabilitas tanah yang rendah, serta memiliki tingkat kadar air yang tinggi [1]. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan metode mekanis atau kimia untuk memperbaiki karakteristik tanah lunak [2]. Bahan lain yang dapat ditambahkan dalam stabilisasi tanah seperti semen, abu terbang, kapur, dan abu sekam padi [3]. Salah satu bahan yang digunakan dalam perbaikan stabilisasi tanah adalah abu sekam padi. Limbah abu sekam padi di Indonesia masih belum dimanfaatkan dengan baik. Produksi abu sekam padi di Indonesia dapat mencapai lebih dari 4 juta ton dalam setahun. Abu sekam padi menghasilkan silika yang dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik tanah lunak [4]. Pada penelitian yang telah dilakukan digunakan 5%, 10%, dan 15% abu sekam padi (ASP) dan 3% semen Portland (C) untuk memperbaiki sifat tanah. Hasil pengujian pada UCS dengan penambahan limbah abu sekam padi meningkatkan kekuatan pada variasi optimal 10% abu sekam padi dan 3% Portland semen [2]. Tujuan utama penelitian ini untuk meningkatkan nilai kekuatan tanah dengan penambahan limbah abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi.

2. MATERIAL

2.1 Tanah Lunak

Sifat tanah lunak adalah keras dalam keadaan kering, tetapi pada saat dibasahi tanah berubah menjadi lempung dan lunak. Jadi, kesimpulan awal untuk tanah lunak adalah memiliki karakteristik yang buruk, kompresibilitas tinggi, dan menjadi sangat lemah jika memiliki kadar air tinggi [5]. Tanah lunak memerlukan perlakuan khusus agar dapat digunakan sebagai tanah dasar dan mendukung konstruksi bangunan [6]. Karakteristik tanah lunak secara umum juga dipengaruhi oleh sifat-sifat seperti kuat geser yang rendah, kekuatan tanah yang rendah, didukungnya nilai daya dukung yang rendah, nilai dari plastisitas tanah yang tinggi dan mudah mampat, serta mudahnya terjadi perilaku menyusut bila kering dan mengembang saat basah.

2.2 Abu Sekam Padi

Abu dari pembakaran sekam padi yang pada dasarnya hanya merupakan produk buangan ternyata memiliki sumber silika yang cukup tinggi [7]. Hasil dari pembakaran sekam padi memiliki kandungan SiO₂ yang mencapai 80-90% [4]. Abu sekam padi juga dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi tanah karena merupakan bahan berpori yang mampu menyerap air dan menurunkan nilai indeks plastisitas sehingga dari kesimpulan ini dapat disimpulkan bahwa abu sekam padi dapat memperbaiki karakteristik tanah sekaligus meningkatkan kekuatan tanah.

2.3 Asam Fosfat

Asam fosfat adalah asam lemah dengan rumus kimia H₃PO₄. Asam fosfat dibuat dengan melelehkan fosfat anhidrat ke udara. Fosfat anorganik dan organik ditemukan di tanah. Bentuk anorganik berupa senyawa Ca, Fe, Al, dan F [8]. Asam fosfat digunakan sebagai bahan perbaikan karakteristik tanah karena asam fosfat menyebabkan reaksi kimia pada tanah dan mudah bereaksi dengan mineral tanah yang akan membentuk senyawa baru yang nantinya berguna sebagai pengikat dari struktur mineral tanah sehingga menjadi lapisan yang keras dan tidak dapat larut di dalam air. Di dalam tanah lempung, pori tanah yang ada dapat dikeluarkan dengan memberikan zat *dispersing agent* seperti dengan menambah asam fosfat ke dalam kandungan tanah. Kegunaan *dispersing agent* ini yaitu untuk melepaskan ion aluminium yang ada di dalam molekul tanah agar dapat menghancurkan struktur mineral dalam tanah. Kemudian kation aluminium akan bereaksi dengan asam fosfat dan membentuk suatu gel aluminium metafosfat sebagai *coagulator* pembeku tanah. Aluminium metafosfat ini juga terbentuk menjadi suatu lapisan keras dan mampu memperbaiki karakteristik dari tanah lempung.

2.4 Stabilisasi Tanah

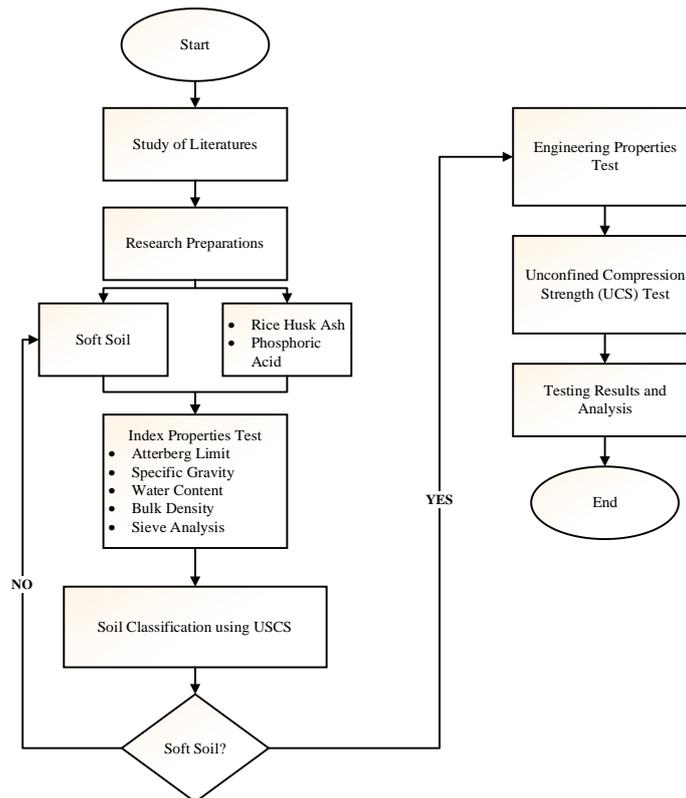
Stabilisasi tanah dapat digunakan dengan mencampurkan tanah dengan bahan tertentu untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat tanah [9], [10]. Metode dalam memperbaiki dan mengubah sifat atau karakteristik tanah biasanya dilakukan guna memenuhi persyaratan dalam meningkatkan daya dukung tanah. Metode yang biasa digunakan guna memperbaiki tanah dasar yang kurang baik diantaranya melalui stabilisasi mekanis dengan mencampur berbagai jenis tanah agar terciptanya gradasi tanah baik (*well-graded*). Untuk stabilisasi tanah menggunakan metode kimiawi biasanya dengan menambahkan *stabilizing agent* seperti semen, kapur, *bitumen*, *fly ash*, abu sekam padi, dan lainnya [11]–[13]. Selain itu, stabilisasi tanah juga dapat dilakukan dengan pemampatan atau pemadatan, pemasangan bahan lain seperti geotekstil, dan juga pemompaan.

2.5 *Unconfined Compressive Strength Test*

Unconfined Compressive Strength (UCS) adalah metode pengujian tanah untuk memperoleh sifat rekayasa tanah berbutir halus. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai kekuatan tanah untuk mendapatkan nilai kohesi terhadap ijin tanah khususnya untuk tanah lempung atau lanau. Kuat tekan merupakan nilai dari tegangan aksial maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji berbentuk silinder sebelum runtuh [14]. Pengujian dimulai dengan menerapkan regangan aksial konstan 0,5% - 2% per menit. Pemuatan akan dilanjutkan sampai sampel runtuh dan pembacaan putaran beban turun. Digunakannya pengujian UCS dikarenakan dapat mengetahui nilai kuat tekan tanah (*qu*) dan nilai kohesi dari tanah (*c*). Dari nilai *qu* tersebut nantinya akan dapat diperoleh hasil konsistensi tanah.

3. METODOLOGI

Pada penelitian ini digunakan lima varian campuran abu sekam padi yang dicampur menggunakan asam fosfat dengan persentase yang sama untuk semua campuran. Lokasi tanah yang digunakan untuk sampel adalah dari Gedebage, Bandung. Menurut informasi, letak tanah tersebut tergolong tanah yang buruk (lunak), terutama untuk konstruksi. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap, yaitu pengujian *Index Properties*, untuk memperoleh parameter fisis tanah sebagai bahan klasifikasi tanah dengan menggunakan metode *Unified Soil Classification System (USCS)*. Di dalam pengujian *Index Properties* tanah mencakup pengujian nilai batas Atterberg, berat jenis tanah, kadar air tanah, berat isi tanah, dan analisa saringan. Setelah diketahui bahwa tanah tersebut merupakan tanah lunak, maka dilakukan penambahan material stabilisasi, untuk menurunkan nilai Indeks Plastisitasnya (PI) dan tingkat keaktifan (AC) tanah tersebut.

Tahapan kedua pengujian merupakan *Engineering Properties* tanah. Pengujian ini merupakan lanjutan dan pengembangan dari pengujian *Index Properties* tanah. Pada penelitian ini melakukan pengujian *Unconfined Compression Strength (UCS)* dengan tujuan untuk memperoleh parameter kuat tekan dari tanah lunak dan stabilisasi serta mendapatkan nilai kohesi tanah. Hasil ini dilakukan dengan cara diberi pembebanan hingga mengalami perubahan bentuk atau deformasi. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini adalah nilai q_u berupa (kg/cm^2 atau kN/m^2) dan nilai kohesi tanah (kg/cm^2 atau kN/m^2). Dari nilai q_u tersebut nantinya akan dapat diperoleh hasil konsistensi tanah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Indeks *Properties* Tanah

Penambahan abu sekam padi dan asam fosfat pada tanah lunak bertujuan untuk memperbaiki karakteristik tanah, sehingga dapat menurunkan nilai indeks plastisitas (IP) dan tingkat aktivitas tanah. Persentase abu sekam padi (ASP) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%, kemudian persentase asam fosfat (AF) adalah 10% untuk semua varian campuran. Uji *properties* indeks adalah batas Atterberg (LL.PL.PI), berat jenis (Gs), tingkat aktivitas tanah (AC). Hasil pengujian dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Indeks *Properties* Tanah

No	Indeks <i>Properties</i>	Simbol	Satuan	Variasi Campuran					
				0	1	2	3	4	5
1	<i>Grain Size</i>								
1.1.	<i>Gravel</i>	G	%	0,00	–	–	–	–	–
1.2.	<i>Sand</i>	S	%	5,00	–	–	–	–	–
1.3.	<i>Silt</i>	M	%	37,00	–	–	–	–	–

1.4.	Clay	C	%	58,00	-	-	-	-	-
2.	Specific Gravity	Gs	-	2,615	2,628	2,647	2,652	2,665	2,673
3.	Water Content		%	54,73	46,90	41,67	35,87	31,61	27,47
4.	Atterberg Limits								
4.1.	Plastic Limit	PL	%	32,01	26,93	26,45	24,97	23,61	26,65
4.2.	Liquid Limit	LL	%	65,12	57,19	48,87	41,56	38,20	45,94
4.3.	Plasticity Index	PI	%	33,11	30,26	22,42	16,59	14,59	19,29
5.	Soil Activity Level	AC	%	0,69	0,63	0,47	0,35	0,30	0,40

Catatan:

- Variasi 0 : Tanah Lunak
- Variasi 1 : 3% ASP + 10% AF
- Variasi 2 : 6% ASP + 10% AF
- Variasi 3 : 9% ASP + 10% AF
- Variasi 4 : 12% ASP + 10% AF
- Variasi 5 : 15% ASP + 10% AF

4.2 Klasifikasi Tanah

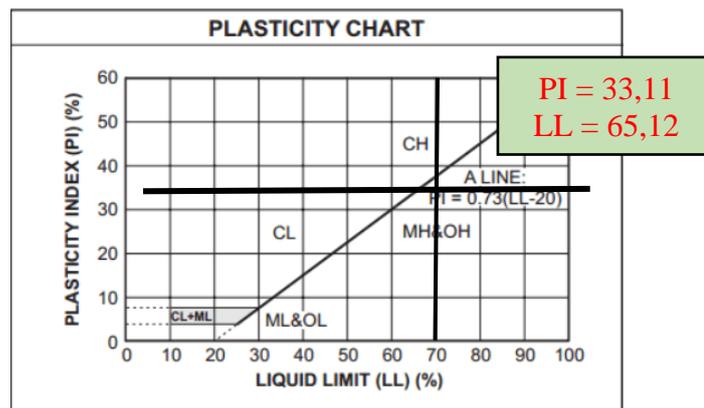
Klasifikasi tanah menggunakan *Unified Soil Classification System* (USCS) untuk mengetahui jenis tanah. Tanah lunak memiliki persentase lolos saringan no. 200 lebih dari 50%, sehingga tergolong tanah berbutir halus. Pada Tabel 2. menunjukkan klasifikasi tanah menggunakan metode USCS.

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Metode USCS

Fine-Grained Soils				
% passing #200?	LL > 50%?	PI > 0.73(LL-20)%?	USGS Symbol	USCS Name
>50%	yes	yes	CH	Fat clay
		no	MH	Elastic silt
	no	yes	CL	Lean clay
		no	ML	Lean silt

Tanah yang memiliki nilai batas cair (LL) lebih dari 50% (tanah lunak = 65,12%) maka dapat dikategorikan sebagai lempung atau lanau dengan plastisitas tinggi. Tanah lunak memiliki nilai PI (33,11%) lebih dari (0,73 x (LL-20) %), dan dapat dikatakan lempung dengan simbol USCS CH.

Gambar 2. Hubungan Nilai PI dan LL Metode USCS



4.3 Hasil Pengujian *Unconfined Compressive Strength Test*

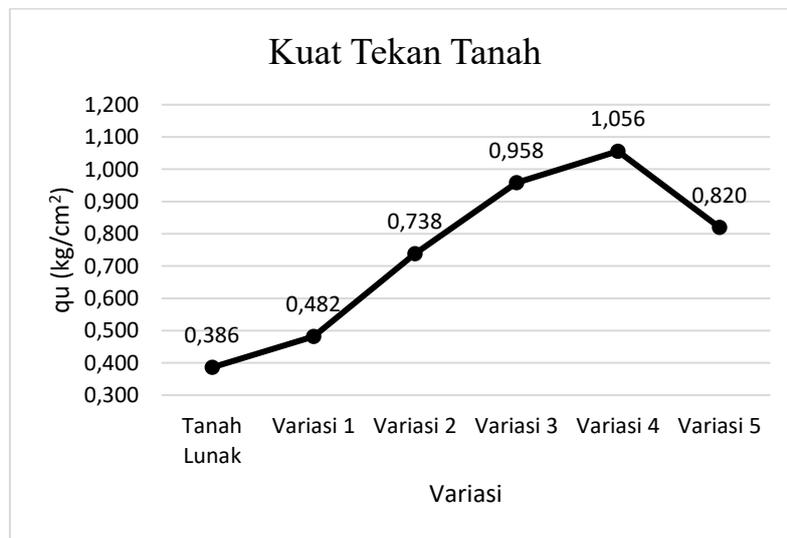
Setelah dilakukan pengujian indeks *properties* tanah lunak, klasifikasi tanah dan pengujian indeks *properties* tanah campuran, maka langkah selanjutnya adalah pengujian kuat tekan menggunakan uji UCS. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui penambahan bahan stabilisasi terhadap nilai kekuatan tanah lunak. Sampel UCS dibentuk menggunakan cetakan UCS dengan diameter 38 mm dan tinggi 76 mm. Tanah lunak memiliki nilai kuat tekan sebesar 0,386 kg/cm². Hasil uji kuat tekan tanah lunak dan lima varian yang telah distabilisasi dengan abu sekam padi dan asam fosfat menggunakan satu benda uji per varian, dapat dilihat pada Tabel 3. Grafik hasil uji kuat tekan bebas dapat dilihat pada Gambar 3. dan Gambar 4.

Tabel 3. Hasil Nilai *Unconfined Compressive Strength Test*

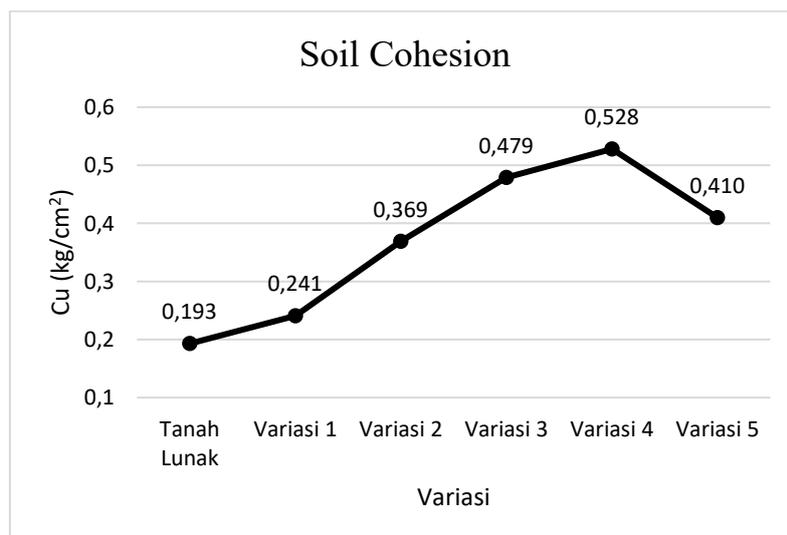
Nr	<i>Unconfined Compressive Strength Test</i>	Simbol	Satuan	Variasi Campuran					
				0	1	2	3	4	5
1.	<i>Soil Compressive Strength</i>	qu	kg/cm ²	0,386	0,482	0,738	0,958	1,056	0,820
2.	<i>Soil Cohesion</i>	c	kg/cm ²	0,193	0,241	0,369	0,479	0,528	0,410

Catatan:

1. Variasi 0: Tanah Lunak
2. Variasi 1: 3% ASP + 10% AF
3. Variasi 2: 6% ASP + 10% AF
4. Variasi 3: 9% ASP + 10% AF
5. Variasi 4: 12% ASP + 10% AF
6. Variasi 5: 15% ASP + 10% AF



Gambar 3. Nilai Kuat Tekan Tanah



Gambar 4. Nilai Kohesi Tanah

Diperoleh nilai kuat tekan (q_u) maksimum pada varian 4 (12% ASP + 10% AF) yaitu 1,056 kg/cm² meningkat dari 0,386 kg/cm² tanah lunak tetapi pada varian 5 (15% ASP + 10% AF) turun menjadi 0,820 kg/cm². Dan juga dari nilai kohesi tanah (c) pada varian 4 (12% ASP + 10% AF) yaitu 0,528 kg/cm² meningkat dari 0,193 kg/cm² pada tanah lunak. Hasil penurunan pada varian 5 dari nilai q_u dan c dikarenakan terlalu banyak penambahan abu sekam padi yang membuat ikatan yang lemah antara tanah dan

senyawa lainnya yang terkandung sehingga tidak ada atau tidak cukup air yang menyebabkan reaksi hidrasi dari semua bahan stabilisasi.

5. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa tanah lunak memiliki nilai indeks plastisitas sekitar 33,11%, dan menurut *Unified Soil Classification System* (USCS), tergolong tanah lempung – Tinggi (CH) dengan kategori cukup sampai buruk dengan plastisitas tinggi. Setelah dilakukan stabilisasi tanah dengan menggunakan abu sekam padi dan asam fosfat, nilai indeks plastisitas tanah lunak menurun dan mencapai nilai maksimum 14,59% dari varian 4 (12% ASP + 10% AF). Pada pengujian *Unconfined Compressive Strength* (UCS), didapatkan kenaikan nilai maksimum pada varian 4 (12% ASP + 10% AF) dengan nilai q_u mencapai 1.056 kg/cm², tetapi pada varian 5 (15% ASP + 10% AF) turun menjadi 0,820 kg/cm². Sebaliknya nilai kohesi tanah juga mengalami peningkatan pada variasi 4 dan mulai menunjukkan penurunan pada variasi 5. Dapat disimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi dan asam fosfat dengan persentase tertentu dapat meningkatkan kuat tekan (q_u) tanah dan nilai kohesi tanah (c).

6. REKOMENDASI

Pada penelitian ini menggunakan sampel tanah terganggu, untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dicoba menggunakan sampel tanah tidak terganggu. Pada pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS) belum memperhitungkan waktu pemeraman, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis ulang dengan penambahan waktu pemeraman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. T. Utami, I. Noer Hamdhan, and K. Suwitaatmadja, "Analisis Stabilitas pada Perbaikan Tanah Lunak Metode Preloading dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol. 5, 2019.
- [2] S. Ghavami, H. Nematpour, M. Rajabi, and M. H. Mobini, "Evaluation of the strength characteristics of clayey soils stabilized with rice husk ash and cement," *Iranian Conference on Geotechnical Engineering* 2019.
- [3] M. Rifqi Abdurrozak and D. Nurfathiyah Mufti, "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Kapur Pada Subgrade Perkerasan Jalan," *Jurnal Teknisia*, vol. XXII, no. 2, 2017.
- [4] M. R. Abdurrozak and D. O. Azanna, "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kapasitas Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Gambut," *Jurnal Teknisia*, vol. XXII, no. 1, 2017.
- [5] H. Suryadharma and J. T. Hatmoko, "Perbaikan Tanah Lempung Berkapur Dengan Abu Sekam Padi Studi kasus di desa Putat kecamatan Patuk Kab.Gunungkidul," *Jurnal TEKNO*, vol. 17, 2020.
- [6] S. Syahril, "The Effect of Adding Lime and Phosphoric Acid for Soft Soil Improvement on Unconfined Compressive Strength Value," *International Seminar of Science and Applied Technology*, vol. 207, 2021.
- [7] R. M. Brooks, "Soil Stabilization With Flyash And Rice Husk Ash," *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, vol 1, 2009.
- [8] Q. Wiqoyah, Renaningsih, A. Susanto, A. L. Budi, and M. M. Tahta, "Simposium Nasional RAPI XVII-2018 FT UMS," 2018.
- [9] S. A. Sadil, Iswan, and A. Syah, "Perubahan Nilai Daya Dukung Tanah Lempung Lunak akibat Stabilisasi Tanah menggunakan Metode Deep Soil Mixing Pola Panels dengan Kapur 8%," *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 9, no. 2, 2021.
- [10] M. Yousif Fattah and K. Y. Al-Soudany, "Improvement of Clayey Soil Characteristics Using Rice Husk Ash Response of Circular Footing on Dry Dense Sand to Impact Load with Different Embedment Depths View project Soil Shear Strength Uncertainties under Machine Foundations View project," *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, vol. 3, 2011. [Online].
- [11] F. W. Ndaru, E. S. Andi, Y. Zaika, ad Munawir, and A. Rachmansyah, "Perbaikan Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Serbuk Gypsum Dan Abu Sekam Padi Untuk Mengurangi Kerusakan Stuktur Perkerasan," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 3, 2015.
- [12] D. Singh, L. Yadu, and R. K. Tripathi, "Comparison of Fly Ash and Rice Husk Ash Stabilized Black Cotton Soil," *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, vol. 4, no. 6, 2011.
- [13] A. K. Sabat, "Engineering Properties of an Expansive soil Stabilized with Rice husk ash and Lime sludge," *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 2013.
- [14] T. R. Raswitaningrum and Juliyatna, "Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi Untuk Peningkatan Stabilitas Tanah," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2017.