

Pengaruh Penambahan Abu Eceng Gondok Pada Tanah Lempung Dengan Pengujian *Direct Shear*

Agnes Audelia Pasae ^{*1a}, Irwan Lie Keng Wong ^{*2}, Lintje Tammu Tangdialla ^{*3}

Submit :
2 Januari 2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia agnesaudelia0210@gmail.com

Review :
7 Januari 2024

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia irwanliekengwong@gmail.com

Revised :
27 Maret 2024

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia lintjettangdialla@gmail.com

Published:
8 Juni 2024

^a**Corresponding Author:** agnesaudelia0210@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi dampak dari penambahan limbah abu eceng gondok pada tanah lempung dengan pengujian kuat geser langsung. Tahapan penelitian ini melibatkan rangkaian pengujian karakteristik fisik tanah dan kuat geser langsung dengan penambahan abu eceng gondok pada tanah yang berada pada Perumahan Cluster Pelangi, Kelurahan Kapasa, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Penelitian ini juga menggunakan Uji Geser Langsung untuk mengetahui pengaruh abu eceng gondok terhadap kohesi, sudut geser, dan kuat geser tanah. Berdasarkan hasil pengujian, tanah tersebut diklasifikasikan sebagai lempung A-7-6 oleh AASTHO, namun diklasifikasikan sebagai CL (plastisitas rendah hingga sedang) di USCS. Hasil uji geser langsung menyatakan bahwa kuat geser tanah dapat ditingkatkan sebesar 12% dengan menambahkan variasi jumlah abu eceng gondok. Peningkatan tertinggi nilai kohesi (c) pada tanah asli sejumlah 0,108 KG/CM² meningkat menjadi 0,147 KG/CM², nilai Sudut Geser (θ) pada tanah asli meningkat sejumlah 25,37° menjadi 28,41°, dan nilai Kuat Geser (τ) pada tanah asli sejumlah 0,175 KG/CM² meningkat menjadi 0,348 KG/CM². Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan abu eceng gondok dapat meningkatkan daya dukung tanah.

Kata kunci: Uji Geser Langsung, Tanah Lempung, Abu Eceng Gondok

Abstract

This research is intended to evaluate the impact of adding water hyacinth ash waste to clay soil by direct shear strength testing. This research stage involved a series of tests on the physical characteristics of the soil and direct shear strength by adding water hyacinth ash to the soil in the Pelangi Cluster Housing Complex, Kapasa Village, Tamalanrea District, Makassar City. This research also used the Direct Shear Test to determine the effect of water hyacinth ash on cohesion, friction angle and soil shear strength. Based on test results, the soil is classified as A-7-6 clay by AASTHO, but is classified as CL (low to moderate plasticity) in USCS. The results of the direct shear test stated that the shear strength of the soil could be increased by 12% by adding variations in the amount of water hyacinth ash. The highest increase in the value of cohesion (c) in the original soil was 0.108 KG/CM² increasing to 0.147 KG/CM², the value of the Shear Angle (θ) in the original soil increased by 25.37° to 28.41°, and the value of Shear Strength (τ) on original soil the

amount was 0.175 KG/CM², increasing to 0.348 KG/CM². The research results show that increasing water hyacinth ash can increase the carrying capacity of the soil.

Keywords: Direct Shear Test, Clay Soil, Water Hyacinth Ash

PENDAHULUAN

Tanah adalah pondasi penting dalam membangun bangunan karena mendukung semua beban bangunan di atasnya. Tanah lempung, dengan butiran halus lebih dari 50% dan sifat kohesifnya, sering menimbulkan masalah pada bangunan. Stabilisasi tanah digunakan untuk meningkatkan mutu dan daya dukung tanah dasar dengan mencampurkan bahan tambah. Salah satu upaya stabilisasi adalah dengan mencampurkan abu eceng gondok yang memiliki sifat pozzolanic. Pengujian kuat geser langsung dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh abu eceng gondok terhadap tanah lempung dari Perumahan Cluster Pelangi di Makassar. Abu eceng gondok dianggap memiliki keunggulan karena sifat homogen yang dapat meningkatkan daya dukung tanah. Beberapa penelitian terkait, yaitu pengaruh peningkatan serbuk karet dan serbuk cangkang telur terhadap parameter tanah lempung pada pengujian konsolidasi dan kuat geser langsung telah dipelajari oleh Nurfatih dan Sri pada tahun 2023. Berdasarkan hasil penelitian, tanah Desa Hambalang terdiri dari tanah liat lunak dan organik. Serbuk karet dari ban bekas dan serbuk cangkang telur yang ditambahkan pada tanah liat mempunyai pengaruh sebagai berikut: sudut gesek tanah asli bertambah dari 24,17° menjadi 27,82° pada tanah campuran dengan tingkat optimum; nilai kohesi tanah asal meningkat dari 5,88 kN/m² menjadi 7,29 kN/m²; nilai indeks kompresi tanah asal menurun dari 0,19 menjadi 0,12; dan jumlah pori berkurang dari 0,85 menjadi 0,55. [1]

Pengaruh Inklusi Karet dan Semen yang Mengandung Grafena Oksida terhadap Sifat Mekanik dan Fisika Tanah. Dibandingkan dengan sampel lainnya, campuran SR5-G5 (89% Tanah + 5% CR + 5,95% Semen + 0,05% GO) secara umum menampilkan kenaikan yang cukup besar pada arah horizontal. Ketika butiran karet ditambahkan ke dalam tanah, kuat geser tanah secara bertahap meningkat hingga campuran menjadi 10%. Namun peningkatan jumlah karet memberikan efek negatif terhadap kuat interaksi pada tanah karena ikatan antara tanah dan butiran karet semakin mengecil.[2]. Hasil Pengujian Geser Langsung Lembut Menampilkan Bagaimana Peningkatan Abu Ampas Cangkang Kakao Mempengaruhi Kuat Geser Tanah Lempung Variasi abu ampas cangkang kakao sejumlah 20% menghasilkan nilai kohesivitas (C) maksimum sejumlah 56,98 KPa untuk sampel tanah; nilai sudut geser Kombinasi abu sekam kakao 5% dan 63,71° mempunyai kedalaman maksimum (), dan kombinasi 5% dan 85,04 KPa mempunyai nilai kuat geser terbesar (τ_{max}).[3]

Di wilayah Driyorejo Gresik, dampak peningkatan limbah karbida terhadap potensi pengembangan tanah lempung ekspansif mengungkapkan bahwa potensi pengembangan semakin menurun seiring dengan banyaknya peningkatan limbah karbida. Dengan peningkatan limbah karbida 0%, nilai potensi pengembangan tanah awalnya sejumlah 29,10%. Namun pada penelitian ini peningkatan limbah karbida efektif sejumlah 20% sehingga menghasilkan nilai pengembangan teoritis sejumlah 4,75%. Karena kisarannya 1,5% hingga 5%, hasil ini masuk dalam kategori potensi pembengkakan sedang [4]

Tanah merah di kawasan Pakjo Palembang mempunyai kadar air asli sejumlah 27,70%, massa jenis tanah 2,67, batas cair 63,35%, batas plastis 25,13%, dan indeks plastisitas 38,22%, Tanah ini termasuk dalam kategori A7-6 yang menampilkan tanah yang cenderung liat menurut klasifikasi AASHTO, sedangkan diklasifikasikan sebagai CH, atau tanah liat, berdasarkan sistem klasifikasi USCS [5]

Pengaruh peningkatan 12% bubuk cangkang telur dan abu tandan sawit terhadap stabilisasi tanah liat dengan tetap memperhitungkan nilai CBR dan UCT. Pada variasi yang terdiri dari tanah asli ditambah 10% ATS dan 12% SCT, massa satuan kering maksimum mencapai 1,51 gr/CM², berdasarkan temuan uji pemadatan tanah yang dilakukan dengan bahan stabilisator. Varietas ini mempunyai kandungan air tanah paling rendah sejumlah 19,25%.. [6]

Hasil eksperimen campuran tanah yang ditambahkan abu sekam, serat sekam, dan semen lebih baik

dibandingkan dengan tanah aslinya, terutama bila peningkatan serat, abu sekam, dan semen sejumlah 7,5%.[7] Peningkatan abu sekam padi ke tanah liat mengurangi kepadatan tanah, sebagaimana ditentukan oleh uji Standard Proctor dan Sand Cone. Karena kapasitas penyerapan air yang sangat tinggi dari abu sekam padi dan semen, bahan kering tersebut mengalami modifikasi besar. Ketika lima persen semen ditambahkan ke tanah awal, daya dukung tanah liat, seperti yang ditentukan oleh uji *Dynamic Cone Penetrometer*—menanjak ke tingkat tertinggi. Namun karena daya serap air abu sekam padi yang tinggi, terjadi penurunan setelah ditambahkan ke dalam semen [8] Perubahan nilai batas konsistensi juga mempengaruhi kuat geser (S) setiap jenis tanah, hal ini menampilkan betapa pentingnya peran air dalam tanah. [9]. Pengaruh kandungan liat terhadap kuat geser tanah dengan menggunakan uji geser langsung maka pasir yang digunakan dalam penelitian ini dapat digolongkan AASHTO's A-3 (lolos saringan minimal 50% No. 40) atau sebagai SP (pasir bergradasi buruk) oleh USCS. Medan Tanjung Barangan termasuk dalam grup A-7-5 sistem klasifikasi AASHTO. Peningkatan tanah liat ke dalam pasir diperkirakan akan meningkatkan kohesinya.[10]

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah berada di Perumahan Cluster Pelangi (Jl. Nusa Tamalanrea Indah), Kelurahan Kapasa, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Material

B. Lokasi Pengambilan Sampel Eceng Gondok

Pengambilan bahan tambah eceng gondok berada di Perumahan Bumi Tamalanrea Indah Blok AE, Kelurahan Katimbang, Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Eceng Gondok

C. Bahan Tambahan

Bahan tambah eceng gondok diperoleh dari limbah disekitar rawa-rawa Perumahan Bumi Tamalanrea Permai Blok AE, kemudian dikeringkan hingga kering di bawah sinar matahari, setelah eceng gondok kering selanjutnya dibakar dan disaring menggunakan saringan no. 200. Kemudian bahan tambah dicampur dengan tanah sesuai dengan variasi yang telah di tentukan.

D. Pengujian Benda Uji

Uji geser langsung menentukan besarnya parameter kuat tekan geser tanah yang terdiri dari sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) dengan alat uji geser langsung. Pengujian geser langsung berdasarkan AASHTO T208-72 dan ASTM 2166-68. Pengujian ini merupakan tahapan akhir atau tahapan inti dari penelitian ini, dimana dalam pengujian diberikan peningkatan abu eceng gondok dengan variasi peningkatan 0%, 3%, 6%, 9%, 12% untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser tanah dari setiap sampel.



Gambar 3. Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan maka didapatkan angka karakteristik material dalam tabel berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Titik 1 dan 2

No	Pemeriksaan		Satuan	Titik satu (1)	Titik dua (2)
1.	Kadar Air		%	38,10	42,27
2.	Berat Jenis (Gs)			2,71	2,72
3.	Berat Isi	Berat Isi	gr/CM ³	1,880	1,861
		Berat Isi Kering		1,355	1,112
4.	Batas-batas Atterberg	Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	%	42,03	46,18
		Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	%	19,90	19,60
		Batas Susut (<i>Shrinkage Limit</i>)	%	6,40	7,58
		Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)	%	22,13	26,59
5.	Gradasi Butiran	Persen Lolos Saringan No.200	%	49,614	36,544
		Pasir (S)	%	43,440	63,456
		Lanau (M)	%	6,013	4,429
		Lempung (C)	%	43,601	32,115

Hasil pengujian karaketristik tanah:

1. Pengujian kadar air (ASTM D-2216)

Berdasarkan pengujian kadar air tanah asli, kadar air tanah pada titik 1 sejumlah 38,10% dan pada titik 2, sejumlah 42,27%.

2. Pengujian Berat Jenis Tanah (ASTM D854-58)

Berat jenis tanah adalah 2,71 di Titik satu (1) dan 2,72 di Titik dua (2). Berat jenis (Gs) contoh tanah pada titik 1 dan 2 tanah tersebut termasuk dalam kelompok tanah lempung anorganik.

3. Pengujian Berat Isi Tanah (ASTM D2937-83)

Berdasarkan pengujian berat isi tanah, pada titik 1 dan 2 berat isi sejumlah 1,880 gr/CM³ dan 1,861 gr/CM³ untuk berat isi kering pada titik 1 dan 2 sejumlah 1,355 gr/CM³ dan pada sampel 2 sejumlah 1,112 gr/CM³.

4. Pengujian Batas-Batas Atterberg (ASTM 4318-95)

Di laboratorium mekanika tanah, contoh tanah dimasukkan melalui uji *Atterberg Limits*. Berikut hasil pengujian dengan memperhatikan batas cair, plastis, dan susut.

Tabel 2. Pengujian Batas-batas Atterberg Tanah Asli

Sampel	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)	Batas Susut (SL)	Indeks Plastisitas (IP)
Titik satu (1)	42,03	19,90	6,40	22,13
Titik dua (2)	46,18	19,60	7,58	26,59

5. Pengujian Analisa Saringan (ASTM 422-63) dan *Hydrometer* (ASTM D1682-90)

Hasil uji analisis ayakan bergantung pada proporsi jumlah partikel yang berhasil melewati setiap ayakan, kemudian dikorelasikan dengan dimensi ayakan. Dengan menggunakan metode ini, kita dapat membentuk garis yang menampilkan proporsi tanah yang terperangkap. Kemudian pada proses analisa hidrometer kita akan mengukur diameter partikel tanah dan menghitung persentase fraksi partikelnya. Kedua data ini kemudian dikaitkan dalam koordinat yang sesuai dengan diameter saringan, menghasilkan informasi tentang proporsi tanah yang mengandung partikel kecil, seperti tanah liat dan debu. Dengan melihat grafik yang dibuat dari data tersebut, kita dapat mengetahui komposisi tanah yang meliputi pasir, lanau, dan lempung.

6. Klasifikasi Tanah AASTHO dan USCS

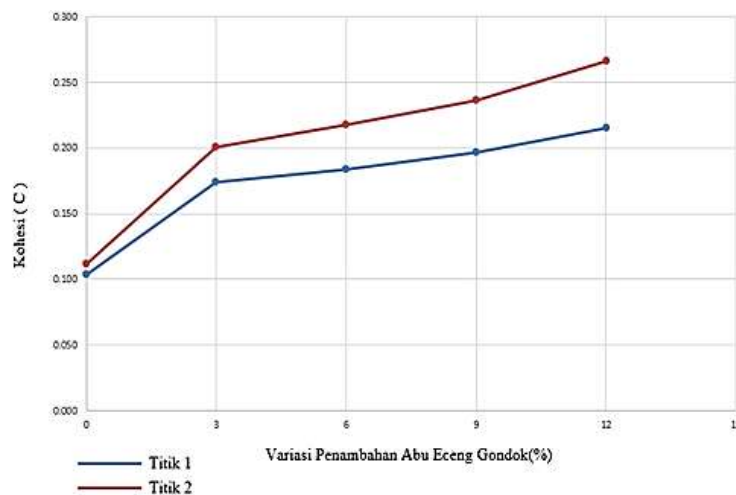
Tabel 3. Rekapitulasi Rata – Rata Nilai Pengujian Sifat Fisik Tanah dari 2 titik

No.	Pemeriksaan	Satuan	Nilai
1.	Kadar Air	%	40,19
2.	Berat Jenis	(Gs)	2,72
3.	Berat Isi	gr/CM ³	1,87
	Berat Isi Kering		1,234
	Batas Cair (Liquid Limit)	%	44,11
	Batas Plastis (Plastic Limit)	%	19,75
	Batas Susut (Shrinkage Limit)	%	6,99
	Indeks Plastisitas (Plasticity Index)	%	24,36
	Persen Lolos Saringan No.200	%	43,079
	Pasir	S%	56,921
	Lanau	M%	5,221
	Lempung	C%	37,858

Berdasarkan metode AASTHO sampel tanah termasuk golongan A-7-6, dengan tipe material tanah berlempung. Menurut klasifikasi USCS, sampel tanah dianggap berbutir halus karena batas cairnya kurang dari 50% dan saringan No. 200 lolos $\geq 50\%$. Grafik tersebut juga menampilkan bahwa batas konsistensi sampel tanah berada di dalam Kelompok CL (lempung anorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang).

b. Hasil uji geser langsung (*Direct Shear Test*) pada setiap titik serta variasi

1. Kohesi dan Variasi Peningkatan Abu Eceng Gondok

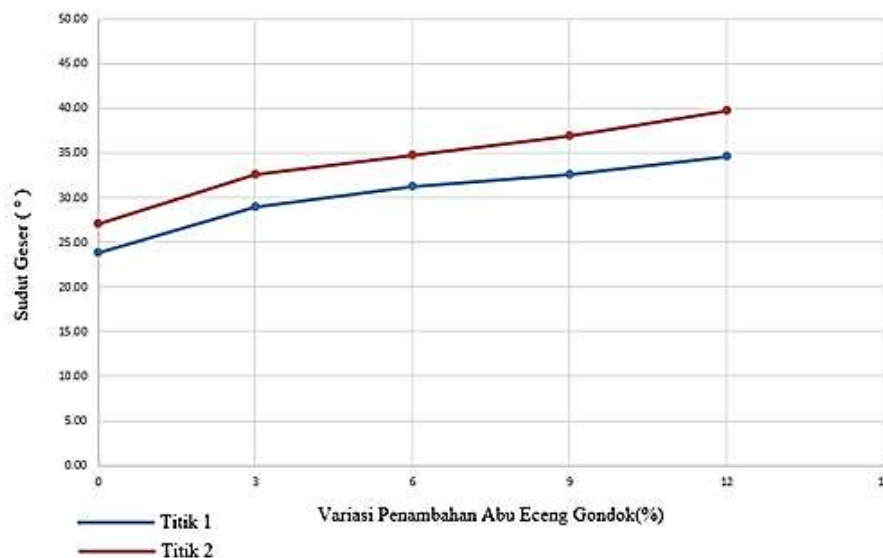


Gambar 4. Grafik Hubungan Kohesi (c) dengan Variasi Abu Eceng Gondok

Pada Uji Geser Langsung dengan peningkatan abu eceng gondok ke dalam tanah, terlihat bahwa kohesi tanah dengan peningkatan peningkatan hingga 12% abu eceng gondok pada kedua titik (Titik satu (1) dan Titik dua (2)). Kohesi tanah murni (0% abu eceng gondok) memiliki nilai sekitar 0,103 kg/cm² (Titik satu (1)) dan 0,112 kg/cm² (Titik dua (2)). Dengan peningkatan abu eceng gondok 3%, kohesi meningkat menjadi sekitar 0,174 kg/cm² (Titik satu (1)) dan 0,201 kg/cm² (Titik dua (2)). Pada peningkatan abu eceng gondok 6%, kohesi mencapai nilai sekitar 0,184 kg/cm² (Titik satu (1)) dan 0,218 kg/cm² (Titik dua (2)). Pada peningkatan abu eceng gondok 9% kohesi tanah mencapai sekitar 0,197 kg/cm² (Titik satu (1)) dan 0,236 kg/cm² (Titik dua (2)). Pada peningkatan abu eceng gondok 12% kohesi tanah mencapai sekitar 0,215 kg/cm² (Titik satu (1)) dan 0,266 kg/cm² (Titik dua (2)).

2. Sudut Geser dan Variasi Peningkatan Abu Eceng Gondok

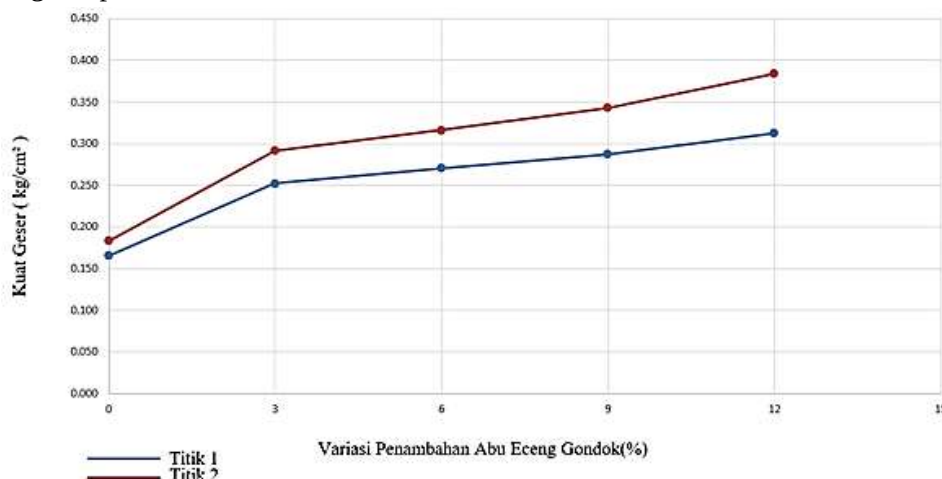
Persentase peningkatan abu eceng gondok dan sudut geser pada Titik satu (1) dan Titik dua (2) mengalami peningkatan sudut geser, dimana nilai sudut geser yang diperoleh dari uji geser langsung dengan variasi 0% abu eceng gondok sejumlah 23,75° (Titik satu (1)) dan variasi 0% abu eceng gondok sejumlah 26,99° (Titik dua (2)), variasi 3% abu eceng gondok sejumlah 28,89° (Titik satu (1)) dan variasi 3% abu eceng gondok sejumlah 32,62° (Titik dua (2)), variasi 6% abu eceng gondok sejumlah 31,28° (Titik satu (1)) dan variasi 6% abu eceng gondok sejumlah 34,78° (Titik dua (2)), variasi 9% abu eceng gondok sejumlah 32,61° (Titik satu (1)) dan variasi 9% abu eceng gondok sejumlah 36,94° (Titik dua (2)), variasi 12% abu eceng gondok sejumlah 34,53° (Titik satu (1)) dan variasi 12% abu eceng gondok sejumlah 39,74° (Titik dua (2)).



Gambar 5. Grafik Hubungan Sudut Geser (θ) dengan Variasi Abu Eceng Gondok

3. Kuat Geser dan Variasi Peningkatan Abu Eceng Gondok

Peningkatan variasi abu eceng gondok pada tanah terjadi peningkatan kuat geser hingga variasi peningkatan 12% abu eceng. Dimana pada variasi 0% abu eceng gondok kuat geser yang dihasilkan 0,166 Kg/cm untuk Titik satu (1), 0,184 Kg/cm pada Titik dua (2), kemudian kuat geser yang dihasilkan pada variasi 3% abu eceng gondok sejumlah 0,252 Kg/cm pada Titik satu (1), 0,291 Kg/cm di Titik dua (2), variasi 6% abu eceng gondok sejumlah 0,270 Kg/cm pada Titik satu (1), 0,316 Kg/cm pada Titik dua (2), variasi 9% abu eceng gondok sejumlah 0,287 Kg/cm pada Titik satu (1), 0,342 Kg/cm pada Titik dua (2), dan variasi 12% abu eceng gondok sejumlah 0,312 Kg/cm pada Titik satu (1), 0,383 kg/cm Titik dua (2). Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi variasi abu eceng gondok dapat meningkat pula kuat geser pada tanah.



Gambar 6. Grafik Hubungan Kuat Geser (τ) dengan Variasi Abu Eceng Gondok

KESIMPULAN

1. Klasifikasi tanah pada Perumahan Cluster Pelangi Jl. Nusa Tamalanrea Indah menurut klasifikasi AASTHO menampilkan bahwa tanah tersebut mempunyai jenis bahan lempung dan termasuk dalam kategori A-7-6. Berdasarkan klasifikasi USCS, tanah ini dapat diidentifikasi sebagai tanah lempung anorganik dengan tingkat plastisitas rendah hingga sedang atau termasuk dalam kelompok CL.
2. Berdasarkan hasil dari pengujian kuat geser pada tanah dengan peningkatan abu eceng gondok, peningkatan tertinggi nilai kohesi (c), sudut geser (θ), dan kuat geser (τ) terdapat pada variasi 12% abu eceng gondok. Dengan nilai kohesi (c) pada tanah asli sejumlah 0,108 kg/cm² meningkat menjadi 0,147 kg/cm², nilai sudut geser (θ) pada tanah asli meningkat sejumlah 25,37° menjadi 28,41°, dan nilai kuat geser (τ) pada tanah asli sejumlah 0,175 kg/cm² meningkat menjadi 0,348 kg/cm².

REFERENSI

- [1] S. Wulandari, "Pengaruh Peningkatan Serbuk Karet Dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Parameter Tanah Lempung Pada Pengujian Konsolidasi Dan Kuat Geser Langsung," *Jurnal Teknik Sipil*, Vol 19, No. 1 Apr.2023, Doi: 10.28932/Jts.V19i1.5931.
- [2] M. A. Faruqi, B. S. Mohammed, A. Anwar, D. Dharmawansyah, dan H. Hermansyah, "The Influence Of Crumb Rubber And Cement Inclusions Containing Graphene Oxide On The Physical And Mechanical Properties Of Soil," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Vol. 29, No. 1, hlm. 123–131, Oct. 2023, Doi: 10.14710/Mkts.V29i1.38232.
- [3] A. Gustianto dan R. Kurniawan Rustam, "Pengaruh Peningkatan Abu Ampas Kulit Kakao Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Lunak," *J.Inersia*, Vol. 13, No. 2, hlm. 69–75, Doi: 10.33369/Ijts.13.2.69-75.
- [4] A. Kartika, A. T. Mandagi, dan L. D. K. Manaroinson, "Pengaruh Peningkatan Semen Dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung," *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 12, hlm. 1697–1702, 2019.
- [5] A. Sefta, A. Adiguna, dan R. K. Rustam, "Pengaruh Peningkatan Sabut Kelapa Dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Geser Tanah," *Jurnal Deformasi*, Vol. 6, No. 1, hlm. 42, Jun. 2021.
- [6] M. P. S. Harahap, D. W. Nasution, I. P. Hastuty, R. Roesyanto, dan A. Nuraliman, "Pengaruh Peningkatan Abu Tandan Sawit Dan 12% Serbuk Cangkang Telur Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung Ditinjau Dari Nilai CBR Dan UCT," *Blend Sains Jurnal Teknik*, Vol. 2, No. 2, hlm. 156–167, Aug. 2023.
- [7] I. I. Et Al., "Pengaruh Peningkatan Semen, Abu Sekam, Dan Serat Fiber Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah Lempung," *Fropil (Forum Profesional Teknik Sipil)*, Vol. 10, No. 1, hlm. 18–24, Aug. 2022.
- [8] Y. Gelong, I. Lie Keng Wong, dan I. Apriyani, "Pengaruh Peningkatan Semen Dan Abu Sekam Padi Terhadap Kepadatan Tanah Dan Daya Dukung Tanah Lempung" *pcej*, Vol 5, No 2, Feb. 2023
- [9] R. Melati Iskandar, A. A. Djoeddawi, A. Karim, A. Alifuddin, dan M. Maruddin, "Volume 4 Nomor 2 April 2022 Pengujian Kuat Geser Tanah dengan Metode Langsung (Direct Shear) Terhadap Perubahan Persentase Kadar Air." *Jilmateks*, Vol. 4 No. 2, Apr 2022.
- [10] D. Putra Pratama dan N. Gofar, "Pengaruh Kandungan Lempung Terhadap Kuat Geser Tanah Menggunakan Uji Geser Langsung." *Bina Darma Conference on Engineering Science*, Vol. 14 No 20. Mar 2020 . <http://conference.binadarma.ac.id/index.php/BDCES>