

Pengaruh Penambahan Ampas Arang Cangkang Kepayang Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (*UCT*)

Julvianto Roman Teo^{*1a}, Irwan Lie Keng Wong^{*2}, Eltrit Bima Fitriani^{*3}

Submit:
4 September 2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, Julvianto.roman730@gmail.com

Review:
10 September 2024

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

Revised:
2 Januari 2025

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, Eltrit_bimafitriani@gmail.com

Published :
30 Januari 2025

^aCorresponding Author: Julvianto.roman730@gmail.com

Abstrak

Pada tanah yang lunak, terdapat dua permasalahan utama yang perlu diperhatikan. Pertama, adalah rendahnya daya dukung tanah. Kedua, adalah tingginya tingkat penurunan tanah. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian mengenai stabilisasi tanah menggunakan abu arang tempurung kepayang. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Monkongloe Bulu yang terletak di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. *Hidrometer*, penentuan kadar air, berat jenis, batas-batas *Atterberg* dan analisis saringan digunakan dalam metodologi penelitian. *Unified Soil Classification System (USCS)*, diikuti dengan uji pemadatan *standar Proctor*. untuk mencapai nilai kepadatan maksimum dan mengukur daya dukung tanah dengan menambahkan variasi persentase abu arang tempurung kepayang yang berbeda yaitu 2%, 4%, 6% dan 8%. Hasil penelitian menunjukkan kadar air rata-rata 35,435% dan berat jenis 2,591, dengan plastisitas tergolong sedang. Tanah USCS termasuk lanau organik dan lempung berlanau organik (OL).

Kata kunci: Tanah Lempung, Pengaruh Penambahan, *Unconfined Compression Test*, Abu Arang Cangkang Kepayang

Abstract

The use of soil as the foundation for civil building construction is common, but soft soils present challenges such as low bearing capacity and high land subsidence rates. To address these issues, a study was conducted on soil stabilization using kepayang shell charcoal ash. The soil for the study was sourced from Monkongloe Bulu Village in Maros Regency, South Sulawesi. Various tests including hydrometer, moisture content determination, specific gravity, Atterberg limits, sieve analysis, and Unified Soil Classification System (USCS) were utilized. The Proctor standard compaction test was used to achieve the maximum density value, and the bearing capacity of the soil was measured by adding different percentages of kepayang shell charcoal ash (2%, 4%, 6%, and 8%). The results indicated an average moisture content of 35.435% and a specific gravity of 2.591, with the soil classified as medium plasticity according to USCS. The USCS classification for the soil included organic silt and organic silty clay (OL).

Keywords: Clay, Effect of Addition, *Unconfined Compression Test*, Kepayang Shell Charcoal Dregs

PENDAHULUAN

Tanah digunakan untuk fondasi utama dari suatu konstruksi bangunan untuk menopang dan menopang beban dari struktur yang dibangun di atasnya[1]. Pada tanah yang lunak, terdapat dua permasalahan utama yang perlu diperhatikan. Pertama, adalah rendahnya daya dukung tanah. Kedua, adalah tingginya tingkat penurunan tanah[2]. Salah satu jenis tanah yang lunak adalah tanah lempung yang memiliki sifat kohesi dengan tingkat plastisitas yang rendah sampai dengan tinggi dan daya dukung yang rendah. Tingginya tingkat plastisitas dapat menyebabkan tingginya potensi mengembang tanah lempung[3], [4]. Tanah liat dengan plastisitas tinggi memiliki potensi untuk menjadi tanah bermasalah karena memiliki kekuatan dukung yang rendah dan ekspansi penyusutan yang tinggi[5]. Perlu dilakukan stabilisasi terhadap tanah lempung agar bangunan yang ditopang dapat kokoh, salah satu cara stabilisasi tanah yaitu menambahkan material ramah lingkungan yang nantinya akan berpengaruh terhadap nilai kuat tekan bebas[6]. Stabilisasi tanah didefinisikan sebagai usaha untuk memperbaiki karakteristik tanah dengan menambahkan bahan aditif untuk meningkatkan kekuatan tanah. Banyak bahan yang bisa digunakan sebagai bahan stabilisasi diantaranya yaitu, semen, kapur, *bottom ash* dan *fly ash*[7]. Uji Kuat Tekan Bebas (UCT) adalah salah satu uji untuk menentukan parameter kekuatan dan kekakuan tanah. Meskipun memiliki keterbatasan dibandingkan dengan uji triaxial dan geser langsung, uji ini banyak digunakan karena kesederhanaannya. Untuk menentukan parameter tersebut, gaya yang diterapkan dan deformasi vertikal sampel perlu diukur[8]. Penggunaan geopolimer dalam stabilisasi tanah tipe OH mampu meningkatkan 28 kg/cm^2 nilai kuat tekan bebas[9]. Penambahan abu silika sekam kayu dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas[10]. Penambahan bahan gipsum (C_2SO_4) pada tanah lempung untuk memperoleh gradasi yang diinginkan sehingga sifat tanah menjadi lebih baik dengan tingkat kalsium yang mengikat bahan organik tanah pada tanah liat dan juga menyerap lebih banyak air yang sangat berguna untuk memperkuat tanah[11]. Penambahan butiran EPS ke dalam campuran tanah-semen, terlepas dari ukurannya, juga meningkatkan kekakuan sampel dibandingkan dengan sampel yang tidak mengandung butiran EPS dalam campurannya dan meningkatkan nilai kuat tekan bebas[12]. Kuat tekan bebas tanah sedimen pada bendungan pengerukan yang distabilisasi dengan semen Portland cenderung meningkat kapasitas dukung / kekuatannya seiring dengan penambahan persentase semen Portland dan waktu pemeliharaan. Dengan nilai ini, kategori konsistensi tanah keras yang diperoleh dapat digunakan untuk struktur bangunan dan tanah dasar jalan[13]. Penambahan persentase abu gergaji kayu menurunkan batas cair, sehingga indeks plastisitasnya menurun dan meningkatkan kuat tekan bebas[14]. Menambahkan serat basalt atau semen menyebabkan peningkatan yang signifikan pada nilai UCS tanah gambut[15].

Salah satu *green material* yang dapat digunakan di Indonesia untuk peningkatan stabilisasi tanah adalah arang cangkang kepayang. Kepayang atau kluwak digunakan sebagai bumbu pada masakan beberapa daerah di Indonesia. Kepayang dapat ditemukan dengan mudah di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah lempung menggunakan arang cangkang kepayang.

METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Daerah Pengambilan sampel tanah ini ada di Dusun Moncongloe Bulu, Kabupaten Maros. Pengumpulan bahan tambahan Cangkang Kepayang di Kec, Makale Utara, Kabupaten Tana Toraja



Gambar 1 . Lokasi Sampel Tanah



Gambar 2 . Cangkang Kepayang

B. Metode Pengambilan Sampel

1. Sampel Tanah

Pada saat mengambil sampel tanah, akan memakai linggis dan skop lalu kemudian akan dimasukan kedalam karung untuk sementara, tanah diawali dengan menggali tanah sekitar 60 – 100 cm yang bertujuan untuk menghindari tanah yang telah dipengaruhi oleh musim dan bahan terbang.

2. Bahan Tambah

Pengambilan bahan pertambahan cangkang kepayang untuk diambil dari Tana Toraja, Kemudian di olah dengan cara pembakaran setelah diolah, kemudian disaring menggunakan saringan No. 200.

C. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian akan dilakukan dalam dua item. Tahap pertama ialah evaluasi sifat fisik, kemudian dilakukan pengukuran kuat tekan bebas (UCT). Tahap pengujian ini berlangsung di laboratorium mekanika tanah..

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Karakteristik Tanah

Uji karakterisasi tanah bertujuan untuk menentukan jenis dan sifat tanah. Sampel yang digunakan diambil dari Dusun Moncongloe Bulu, Kabupaten Maros dalam hal ini digunakan 2 contoh sampel tanah yang akan diuji untuk melihat karakteristik tanah.

Tabel 1. Rekapitulasi Uji Pengujian Sifat Fisis Tanah Sampel 1

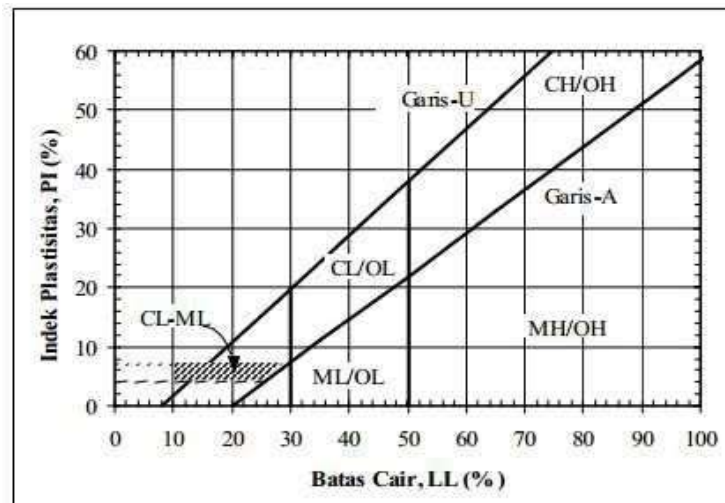
No		Pemeriksaan	Nilai	
1	Kadar air	(w)%	36.14	
2	Berat Jenis	(Gs)	2.64	
3	Batas-batas Atterberg	Batas Cair	(<i>Liquid Limit</i>), %	34.30
		Batas Plastis	(<i>Plastic Limit</i>), %	20.16
		Batas Susut	(<i>Shrinkage Limit</i>), %	15.54
		Indeks Plastisitas	(<i>Plasticity Index</i>), %	14.14
4	Gradasi	Persen Lolos SaringanNo. 200		78.42
		Kerikil	G %	0
		Pasir	S %	21.58
		Lanau	M %	56.83
		Lempung	C %	21.58

Tanah sampel 1 didapatkan angka kadar air sebanyak 36.14%, angka berat jenis sebesar 2.64, angka batas cair (*Liquid Limit*) 34.30%, angka Batas Plastis (*Plastic Limit*) sebesar 20.16%, angka Batas Susut (*Shrinkage Limit*) sebesar 15.54%, sedangkan untuk angka indeks Plastisitas (*Plasticity Indeks*) 14.14% angka Kerikil sebanyak 0%, angka pasir sebanyak 21.58%, angka Lanau sebanyak 56.83% sedangkan lempung sebanyak 21.58% dan tanah lolos saringan No. 200 sebanyak 78.42% dari hasil percobaan yang telah dilakukan, tanah dari Dusun Moncongloe Bulu, Kabupaten Maros, menurut USCS tanah ini termaksud dalam golongan tanah (OL) lanau organik dan lempung berlanau organik.

Tabel 2. Rekapitulasi Uji Pengujian Sifat Fisis Tanah Sampel 2

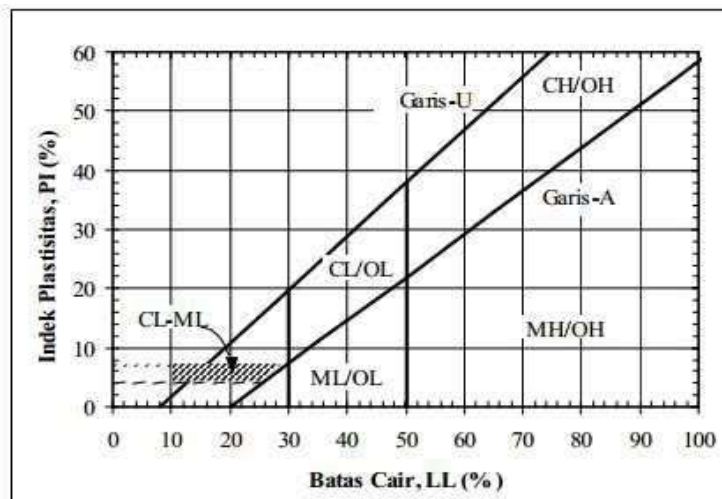
No		Pemeriksaan	Nilai	
1	Kadar air	(w)%	38.91	
2	Berat Jenis	(Gs)	2.59	
3	Batas-batas Atterberg	Batas Cair	(<i>Liquid Limit</i>), %	36.74
		Batas Plastis	(<i>Plastic Limit</i>), %	22,65
		Batas Susut	(<i>Shrinkage Limit</i>), %	15.03
		Indeks Plastisitas	(<i>Plasticity Index</i>), %	14.09
4	Gradasi	Persen Lolos SaringanNo. 200		73.87
		Kerikil	G %	0
		Pasir	S %	26.14
		Lanau	M %	47.14
		Lempung	C %	26.14

Tanah sampel 2 didapatkan angka kadar air sebanyak 38.91%, angka berat jenis sebesar 2.59, angka batas cair (*Liquid Limit*) 36.74%, angka Batas Plastis (*Plastic Limit*) sebesar 22.65%, angka Batas Susut (*Shrinkage Limit*) sebesar 15.03%, sedangkan untuk angka indeks Plastisitas (*Plasticity Indeks*) 14.09% angka kerikil sebanyak 0%, angka pasir sebanyak 26.14%, angka Lanau sebanyak 47.14% sedangkan lempung sebanyak 26.14 dan tanah lolos saringan No. 200 sebanyak 73.87% dari hasil percobaan yang telah dilakukan, tanah dari Dusun Moncongloe Bulu, Kabupaten Maros, menurut USCS tanah ini termaksud dalam golongan tanah (OL) lanau organik dan lempung berlanau organik.



Gambar 3 . Grafik Plastisitas Tanah Asli Sampel 1

Indeks Plastisitas untuk sampel 1 sebanyak 14.14% sedangkan untuk batasa carinya berada pada angka 34.30% hal ini menunjukkan bahwa tanah dari penelitian ini masuk dalam grafik klasifikasi USCS ialah (OL) lanau organik dan lempung berlanau organik.



Gambar 4 . Grafik plastisitas tanah asli sampel 2

Indeks Plastisitas untuk sampel 2 sebanyak 14.09% sedangkan untuk batas cairnya berada pada angka 36.74% hal ini menunjukkan bahwa tanah dari penelitian ini masuk dalam grafik klasifikasi USCS ialah (OL) lanau organik dan lempung berlanau organik.

B. Hasil Uji Kompaksi (*standar proctor*)

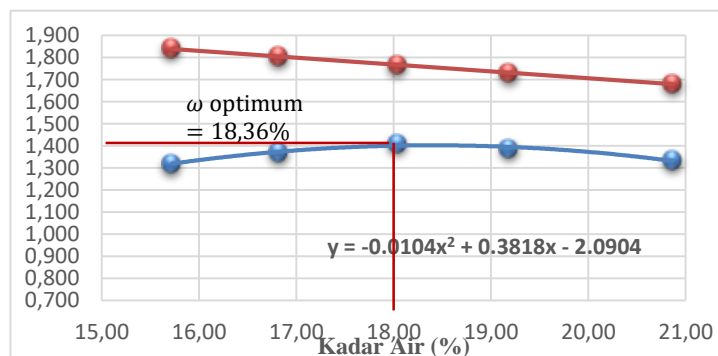
Uji kompaksi yang dilakukan ialah perataan tanah asli dan pemadatan tanah asli dengan campuran penambahan arang cangkang kepayang. Karakteristik yang diperoleh setelah dilakukan pengujian dengan alat proctor standar ialah berat jenis kering maksimum dan kadar air optimal. Adapun grafik hasil penelitian pemadatan ialah sampel tanah lempung yang tidak memakai campuran (tanah utuh).

Tabel 3. Hasil Uji Kepadatan Tanah Asli

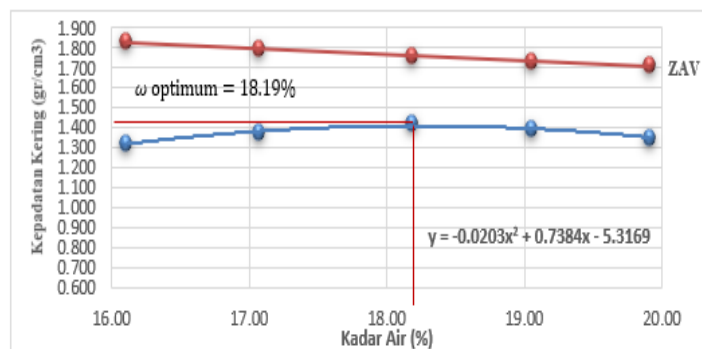
Sampel	Penambahan Air (ml)	ZAV	Kepadatan Kering	Kadar Air (%)
--------	---------------------	-----	------------------	---------------

		(gr/cm ³)				
		Titik 1		Titik 2		
1	650	1.841	1.319	1.324	15.72	16.11
2	700	1.804	1.370	1.377	16.82	17.07
3	750	1.765	1.410	1.417	18.04	18.19
4	800	1.730	1.388	1.398	19.19	19.05
5	850	1.681	1.333	1.353	20.87	19.91

Kepadatan tanah asli yang akan digunakan untuk bahan tambah arang cangkan kepayang dengan jumlah air (ml) 650 di dapatkan ZAV sebanyak 1.841, Kepadatan kering rata-rata untuk titik 1 sebesar 1.319 dan titik 2 sebesar 1.324, kadar air rata-rata pada titik 1 sebesar 15.72 dan titik 2 sebesar 16.11, untuk jumlah air (ml) 700 di dapatkan ZAV sebanyak 1.804, Kepadatan kering rata-rata untuk titik 1 sebesar 1.370 dan titik 2 sebesar 1.377, kadar air rata-rata pada titik 1 sebesar 16.82 dan titik 2 sebesar 17.07, unrtuk jumlah air (ml) 750 di dapatkan ZAV sebanyak 1.765, Kepadatan kering rata-rata untuk titik 1 sebesar 1.410 dan titik 2 sebesar 1.417, kadar air rata-rata pada titik 1 sebesar 18.04 dan titik 2 sebesar 18.19, untuk jumlah air (ml) 800 didapatkan ZAV sebanyak 1.730, Kepadatan kering rata-rata untuk titik 1 sebesar 1.388 dan titik 2 sebesar 1.398, kadar air rata-rata pada titik 1 sebesar 19.19 dan titik 2 sebesar 19.05, untuk jumlah air (ml) 850 di dapatkan ZAV sebanyak 1.681, Kepadatan kering rata-rata untuk titik 1 sebesar 1.333 dan titik 2 sebesar 1.353, kadar air rata-rata pada titik 1 sebesar 20.87 dan titik 2 sebesar 19.91.



Gambar 5 . Grafik uji perataan tanah asli sampel 1



Gambar 6 . Grafik uji perataan tanah asli sampel 2

Berdasarkan diagram kadar air dengan kepadatan kering tanah didapat nilai kepadatan kering maksimum di titik 1 ialah 1.410 gr/cm³, di titik 2 ialah 1.417 gr/cm³

Tabel 4. Uji Perataan Tanah Asli dan Bahan Tambah

Variasi Campuran	Kadar Air (%)		Kepadatan Kering (gr/cm ³)		ZAV	
	Titik I	Titik II	Titik I	Titik II	Titik I	Titik II
0%	18.36	18.19	1.36	1.37	1.76	1.77
2% Arang Cangkang Kepayang	18.25	19.18	1.38	1.37	1.75	1.73
4% Arang Cangkang Kepayang	20.08	19.60	1.34	1.35	1.71	1.72
6% Arang Cangkang Kepayang	20.12	20.39	1.37	1.35	1.70	1.70
8% Arang Cangkang Kepayang	19.50	19.66	1.36	1.36	1.72	1.71

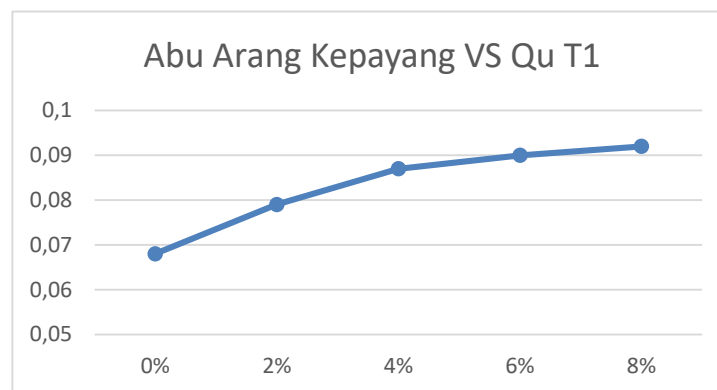
Pengujian UCT yang dimaksudkan untuk melihat seberapa besar pengaruh terhadap gabungan abu arang cangkang kepayang pada tanah. dari data ini mengalami peningkatan di 4% penambahan cangkang kepayang untuk kadar airnya pada titik 1 dan titik 2 sedangkan untuk kepadatan keringnya mengalami penurunan untuk titik 1 dan 2, dan untuk ZAV mengalami penurunan juga pada titik 1 dan titik 2

C. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas

Hasil berikut ini diperoleh berdasarkan uji kuat tekan bebas diteliti di laboratorium mekanika tanah

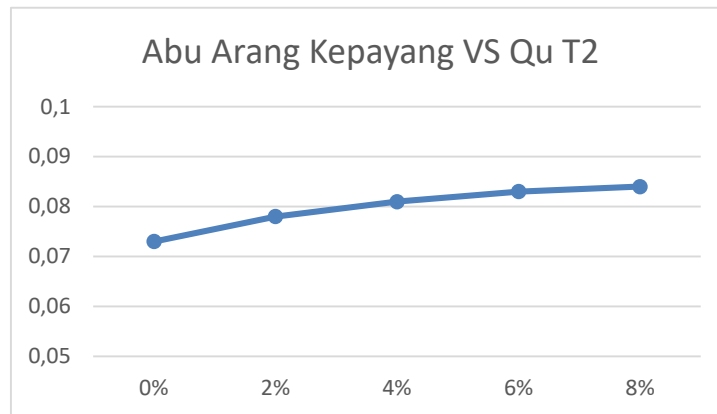
Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas

Campuran abu cangkang kepayang	Titik 1	Titik 2	Rata-rata
0 %	0,068	0,073	0,070
2 %	0,079	0,078	0,078
4 %	0,087	0,081	0,084
6 %	0,090	0,083	0,086
8 %	0,092	0,084	0,088



Gambar 7. Hubungan abu arang kepayang dan kuat tekan bebas sampel 1

Untuk contoh sampel 1 campuran tanah ditambah abu arang cangkang kepayang menunjukkan bahwa penambahan ampas arang cangkang kepayang dengan variasi 2% sebesar 0,079, 4% sebesar 0,087, 6% sebesar 0,090, sedangkan untuk 8% sebesar 0.092 dapat menaikkan nilai kuat tekan bebas (qu) dengan hasil ini arang cangkang kepayang dapat dipakai untuk bahan alternatif pada timbunan bangunan apabila dibutuhkan.



Gambar 8. Hubungan abu arang kepayang dan kuat tekan bebas sampel 2

Untuk contoh sampel 2 campuran tanah ditambah abu arang cangkang kepayang menunjukkan bahwa penambahan ampas arang cangkang kepayang pada titik 2 mengalami sedikit penurunan variasi 2% sebesar 0,078, 4% sebesar 0,081, 6% sebesar 0,083, sedangkan untuk 8% sebesar 0,084 dapat menaikkan nilai kuat tekan bebas (q_u) dengan hasil ini arang cangkang kepayang dapat dipakai untuk bahan alternatif pada timbunan bangunan apabila dibutuhkan.



Gambar 9. Benda Uji

PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Sifat Fisik Tanah

Berdasarkan nilai didapat tanah lempung dari di Kec. Moncongloe Bulu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan didapatkan hasil berikut ini:

1. Pada penelitian tanah utuh, nilai dari kadar air contoh diambil, di contoh 1 ialah 36.141%, dan contoh 2 ialah 38.911%.
2. Dari hasil uji berat jenis diambil angka berat jenis pada contoh satu ialah 2,64 gram/cm^3 dan pada contoh 2 ialah 2,59 gram/cm^3 . Berdasarkan tabel klasifikasi berat jenis tanah, nilai yang di dapatkan dalam uji coba tanah masuk pada kelas tanah lempung organik.
3. Hasil uji karakteristik Atterberg dari sampel tanah utuh, telah diperiksa di tanah menunjukkan nilai pada sampel satu, batas cair sebesar 34.3%, batas plastis sebesar 20.16%, batas susut angka 15.54%, dan indeks plastisitas sebesar 14.14%. Sementara pada sampel dua, batas cair senilai 36.74%, batas plastis senilai 22.65%, batas susut sebesar 15.03%, dan IP sebesar 14.09%.

menurut pengelompokan tanah menurut USCS. tanah ini masuk dalam kelas CL ialah jenis plastisitas sedang dengan tanah lempung berlanau.

B. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Dalam Penambahan Cangkang Kepayang

Hitungan pemeriksaan kuat tekan bebas dan grafik abu arang kulit luar kepayang Vs q_u (kg/cm²) pada sampel 1(0% q_u yaitu 0,068) , 2% yaitu 0,079, (4% yaitu 0,087), (6% yaitu 0,090) dan (8% yaitu 0,092) .Pada sampel 2 (0% q_u yaitu 0,073), (2% yaitu 0,078), (4% yaitu 0,081), (6% yaitu 0,083) dan (8% yaitu 0,084). Dari uji ini menunjukkan hasil masing- masing sampel tanah abu arang cangkang kepayang mengalami kenaikan setiap variasi sehingga terjadi kenaikan kuat tekan tanah yang mengakibatkan tanah tidak mudah runtuh.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian karakteristik, sampel diambil desa moncongloe bulu, kab. Maros, sulawesi selatan. Menurut Sistem pengelompokan tanah USCS, Muntohar 2009 adalah lanau organik dan lempung berlanau organik (OL) dengan nilai LL pada titik 1 34.3% dan nilai LL pada titik 2 36.74%, untuk titik 1 PI 14,14% dan titik 2 PI 14.09%. Berdasarkan hasil pemeriksaan Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) ditanah lempung, Kec. Moncongloe Bulu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. dengan penambahan abu arang cangkang kepayang, bagus digunakan karena kedua sampel tanah, mengalami kenaikan daya dukung tanah terhadap kuat tekan bebas pada setiap variasi campuran 2%, 4%, 6% dan 8%

REFERENSI

- [1] I. A. Irianto, B. Doloksaribu, and Y. Kakerissa, "Uji Kuat Tekan Tanah Lempung dengan Kombinasi Pasir Onggari dan Serat Fiber sebagai Alternatif Timbunan Pilihan," *MJCE*, vol. 6, no. 02, pp. 93–97, Apr. 2024, doi: 10.35724/mjce.v6i02.6163.
- [2] W. Fathonah, R. I. Kusuma, E. Mina, and A. T. Ningsih, "Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas," *fondasi*, vol. 11, no. 2, p. 140, Nov. 2022, doi: 10.36055/fondasi.v11i2.7816.
- [3] D. P. Kusumastuti, I. Sepriyanna, and A. S. Nur Chairat, "Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Cangkang Sawit Terhadap Kuat Geser Langsung pada Tanah Lempung," *Konstruksia*, vol. 14, no. 1, p. 33, Dec. 2022, doi: 10.24853/jk.14.1.33-39.
- [4] S. Shakya and S. Inazumi, "Applicability of Numerical Simulation by Particle Method to Unconfined Compression Tests on Geomaterials," *Civ Eng J*, vol. 10, no. 1, pp. 1–19, Jan. 2024, doi: 10.28991/CEJ-2024-010-01-01.
- [5] Ikhwan Ardi, Gusneli Yanti, and Muthia Angraini, "Stabilitas Tanah Lempung dengan Serbuk Cangkang Kerang Terhadap Nilai Kuat Geser," *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, vol. 12, no. 1, pp. 1–7, Jun. 2023, doi: 10.22225/pd.12.1.5519.1-7.
- [6] Made Dodiek Wirya Ardana, Anissa Maria Hidayati, and Khairuman Nawawi, "Karakteristik Kuat Tekan Bebas Capuran Abu Sekam Padi dan Renolith Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung," *KoNTekS*, vol. 2, no. 4, Jan. 2025, doi: 10.62603/konteks.v2i4.176.
- [7] T. Mindiastiwi and F. Rizky Romadlon, "Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi dengan Uji Unconfined Compression Test (UCT)," *JTS*, vol. 16, no. 1, May 2023, doi: 10.56444/jts.v16i1.200.

- [8] B. N. Ismail, M. H. Osman, and M. S. Mohd Padzil, "Estimation of Unconfined Compression Test (UCT) parameters using digital image analysis," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 476, no. 1, p. 012041, Apr. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/476/1/012041.
- [9] R. Indera Kusuma, F. P. Cahyani, E. Mina, and W. Fathonah, "Pemanfaatan Limbah Ground Granulate Balst Furnace Slag Sebagai Bahan Geopolimer untuk Stabilisasi Tanah Dasar," *Jatan*, vol. 41, no. 2, pp. 94–103, Dec. 2024, doi: 10.58499/jatan.v41i2.1278.
- [10] S. A. Nugroho, M. F. Al Ridho, and F. Fatnanta, "Pengaruh Abu Sekam Kayu Pada Nilai Unconfined Compression Strength Lempung Plastisitas Tinggi Terstabilisasi Semen Kapur," *TJ*, vol. 12, no. 1, p. 141, Apr. 2022, doi: 10.29103/tj.v12i1.688.
- [11] I. Iswandaru, R. N. R, and E. A. K, "Effect Of Gypsum (CaSO₄) On Soil Using California Bearing Ratio Test," *ETHOS : Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 11, no. 1, pp. 45–54, Jan. 2023, doi: 10.29313/ethos.v11i1.10180.
- [12] A. Lim, I. T. Pratama, and Y. J. Verguson, "Effects of EPS Beads on the Unconfined Compressive Strength and Stiffness of Bentonite Soil-Cement Mixture," *JTSP*, vol. 25, no. 1, pp. 8–14, Apr. 2023, doi: 10.15294/jtsp.v25i1.38056.
- [13] N. Nursamiah, A. Fattah, and R. H. Fahmi, "Unconfined Compressive Strength Of Sedimentary Soil Stabilized With Portland Cement With Varying Curing Time," *Intek*, vol. 9, no. 2, pp. 122–127, Oct. 2022, doi: 10.31963/intek.v9i2.4234.
- [14] R. D. Putri S, D. O. Dwina, and Y. M. Said, "Pengaruh Penambahan Abu Gergaji Kayu pada Tanah Fat Clay Ditinjau Dari Indeks Properties Tanah dan UCST (Unconfined Compressive Strength Test)," *talentasipil*, vol. 6, no. 1, p. 19, Feb. 2023, doi: 10.33087/talentasipil.v6i1.199.
- [15] Ghasem, "Unconfined Compressive Strength Characteristics of Treated Peat Soil with Cement and Basalt Fibre," *IJE*, vol. 35, no. 5, pp. 1089–1095, 2022, doi: 10.5829/IJE.2022.35.05B.24.