

# JURNAL MAHAKARYA KONSTRUKSI

ISSN(e) : XXXX-XXXX / ISSN(p) : XXXX-XX

## Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Terstabilisasi Serbuk Arang Kulit Kakao Dengan Variasi Waktu Pemeraman

Kmg Sulastra<sup>1</sup>, Musdalifah<sup>2</sup>, Zainal Arifin Halim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitas Islam Makassar, <sup>2</sup> Universitas Islam Makassar, <sup>3</sup> Universitas Islam Makassar

[koamangsulastra2003@gmail.com](mailto:koamangsulastra2003@gmail.com), [musdalifah.s.dty@uim-makassar.ac.id](mailto:musdalifah.s.dty@uim-makassar.ac.id), [zainalarifinhalim.dty@uim-makassar.ac.id](mailto:zainalarifinhalim.dty@uim-makassar.ac.id)

### ABSTRAK

Tanah lempung memiliki daya dukung yang rendah kurang menguntungkan untuk konstruksi. Karena itu, tanah harus distabilkan. Bahan yang digunakan dalam stabilisasi yaitu Serbuk Arang Kulit Kakao. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan pengaruh terhadap nilai kuat tekan bebas dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15% serta pemeraman 0 hari, 7 hari, 14 hari dan memperoleh perbandingan dari penambahan waktu pemeraman. Hasil berdasarkan klasifikasi USCS tanah tergolong berbutir halus dengan plastisitas tinggi (CH). Pengaruh pada pemeraman 0 hari dengan peningkatan pada 5% sebesar 22,62%, 10% sebesar 25,86%, dan 15% sebesar 23,17%. Untuk pemeraman 7 hari mengalami peningkatan pada 5% sebesar 44,78%, 10% sebesar 20,27%, dan 15% sebesar 17,33%. Dan pemeraman 14 hari pada 5% sebesar 25,61%, 10% sebesar 12,62%, dan 15% sebesar 5,80%. Sedangkan perbandingan persentase dan pemeraman pada waktu pemeraman 7 hari dan 14 hari didapatkan nilai optimum pada penambahan 5% serbuk arang kulit kakao.

**Kata kunci:** Kuat Tekan Bebas, Kulit Kakao, Pemeraman, Stabilisasi, Tanah Lempung

### ABSTRACT

Clay soil has a low bearing capacity which is less favorable for construction. Therefore, the soil must be stabilized. The material used in stabilization is Cocoa Shell Charcoal Powder. This research aims to obtain the physical properties and influence on the unconfined compressive strength values with percentages of 0%, 5%, 10%, 15% and curing 0 days, 7 days, 14 days and obtain a comparison of the additional curing time. The results based on the USCS classification of soil are classified as fine grained with high plasticity (CH). The effect on 0 day curing with an increase in 5% is 22.62%, 10% is 25.86%, and 15% is 23.17%. For 7 days of curing, there was an increase of 5% by 44.78%, 10% by 20.27%, and 15% by 17.33%. And 14 days of curing at 5% is 25.61%, 10% is 12.62%, and 15% is 5.80%. Meanwhile, comparing the percentage and curing time for 7 days and 14 days, the

*optimum value was obtained with the addition of 5% cocoa shell charcoal powder.*

**Keywords:** Free Compressive Strength, Cocoa Husk, Curing, Stabilization, Clay Soil Free Compressive Strength, Cocoa Husk, Curing, Stabilization, Clay Soil

## I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu bahan bangunan dalam pekerjaan sipil. Tanah adalah lapisan tertinggi pada lapisan bumi, tanah memiliki karakteristik unik dan berbeda dari satu tempat ke tempat lain [1]. Daya dukung tanah adalah istilah dalam geoteknik dan teknik sipil yang menggambarkan kemampuan tanah untuk menahan beban yang diterapkan di atasnya. Kapasitas ini sangat penting dalam perancangan pondasi bangunan dan struktur lainnya untuk memastikan bahwa tanah dapat mendukung beban tanpa mengalami kegagalan atau penurunan berlebihan [2].

Tanah lempung merupakan tanah yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung memiliki kandungan air yang tinggi dan daya dukung yang rendah, sehingga kurang menguntungkan secara teknis untuk konstruksi. Karena itu, kondisi tanah harus distabilkan. Tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat tanah agar bisa menaikkan kekuatan tanah [3].

Dengan mempertimbangkan kemajuan teknologi perkuatan daya dukung tanah, stabilisasi tanah telah meningkat. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah adalah secara kimiawi, yang berarti mencampur tanah uji dengan zat aditive atau bahan organik [4].

Kakao merupakan salah satu perkebunan yang terdapat di daerah Sulawesi Selatan khususnya pada Kabupaten Luwu dan Luwu Utara dengan luas areal perkebunan 40.814 ha dan produksi mencapai 30.856,05 ton pada tahun 2020. Sekitar 74% komposisi kulit kakao dari buah coklat matang tidak digunakan sepenuhnya [5].

Dalam penelitian ini, tanah lempung distabilisasi dengan memanfaatkan bahan limbah serbuk arang kulit kakao. Serbuk arang kulit kakao digunakan sebagai campuran pada tanah lempung untuk mengoptimalkan penggunaan bahan buangan. Diharapkan bahwa campuran serbuk arang kulit kakao akan meningkatkan daya dukung tanah.

**Rumusan Masalah**

1. Bagaimana sifat-sifat tanah lempung dalam keadaan asli?
2. Bagaimana nilai kuat tekan bebas pada tanah lempung setelah distabilisasi serbuk arang kulit kakao?
3. Bagaimana perbandingan nilai kuat tekan bebas dengan variasi persentase campuran serbuk arang kulit kakao dan variasi waktu pemeraman?

**Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui nilai sifat-sifat fisik tanah lempung dalam keadaan asli.
2. Mendapatkan nilai kuat tekan bebas pada tanah lempung setelah distabilisasi serbuk arang kulit kakao.
3. Mendapatkan perbandingan nilai kuat tekan bebas dengan variasi persentase campuran serbuk arang kulit kakao dan variasi waktu pemeraman.

**II. METODOLOGI PENELITIAN**

**Metode Pengumpulan Data**

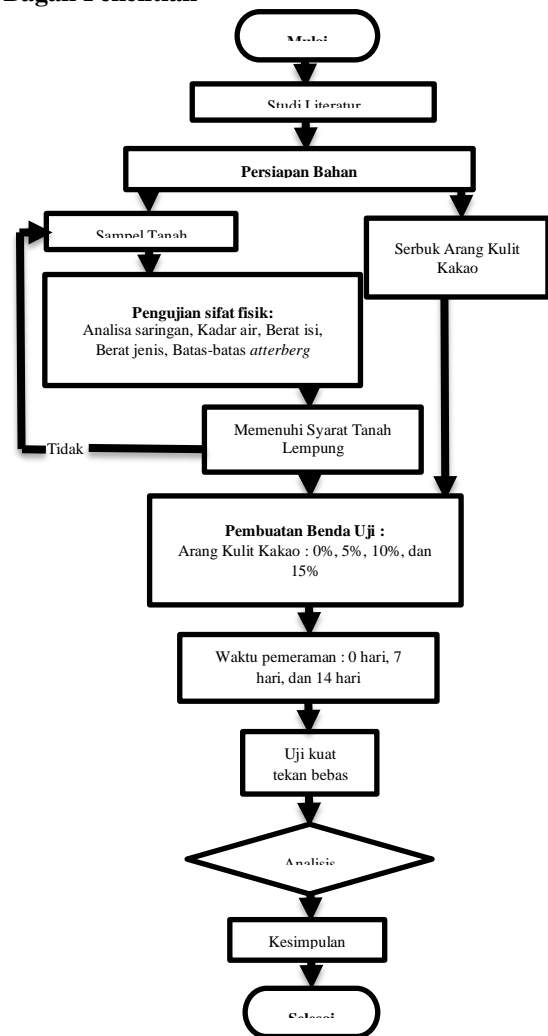
Dalam suatu proses penelitian stabilisasi daya dukung tanah lempung diperlukan data untuk melakukan analisis yang baik dengan mengacu pada data, informasi, teori dasar untuk membantu penelitian ini.

1. Studi Literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya [6].
2. Metode observasi adalah kegiatan terhadap suatu proses atau suatu objek dengan tujuan untuk merasakan dan kemudian memahami pengetahuan tentang suatu fenomena berdasarkan pengetahuan dan gagasan yang

diketahui, untuk memperoleh informasi yang diperlukan untuk melanjutkan penelitian [7]. Observasi dilakukan untuk keperluan pengambilan sampel tanah lempung yang berasal dari desa Bili-Bili, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Sedangkan untuk Serbuk Arang Kulit Kakao diambil dari desa Mekar Jaya, Kecamatan Mappedeceng, Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan.

3. eksperimen merupakan sebuah penelitian yang dilakukan untuk mencari akibat dari sesuatu yang dilakukan secara sengaja oleh para peneliti [8].

**Alur Bagan Penelitian**



**Gambar 1.** Alur bagan penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Rekapitulasi Karakteristik Tanah Lempung

Berdasarkan dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan data-data sifat fisik yang diperlukan untuk mengetahui jenis tanah lempung yang akan digunakan sebagai bahan uji pada penelitian ini.

**Tabel 1.** Rekapitulasi karakteristik tanah lempung

No	Pemeriksaan	Hasil Tanah Asli	Satuan
1	Pemeriksaan kadar air (w)	48,41	%
2	Pengujian berat Isi ( $\gamma$ )	50,03	g/cm <sup>3</sup>
3	Pengujian berat jenis (Gs)	2,61	
4	Pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas cair (LL)	63,43	%
	2. Batas plastis (PL)	32,48	%
	3. Batas susust (SL)	15,40	%
5	Pengujian analisa saringan		
	#4 (4.75 mm)	100	%
	#8 (2.36 mm)	99,92	%
	#16 (1.18 mm)	99,59	%
	#30 (0.60 mm)	98,48	%
	#50 (0.30 mm)	95,57	%
	#100 (0.15 mm)	91,69	%
	#200 (0.075 mm)	81,53	%

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### B. Rekapitulasi Pengujian Mekanik Tanah Lempung

Berdasarkan dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan data-data sifat mekanik tanah lempung yang telah distabilisasi menggunakan serbuk arang kulit kakao dan variasi waktu pemeraman.

**Tabel 2.** Rekapitulasi nilai qu pada tanah lempung

No	Variasi	Nilai qu	Nilai qu	Nilai qu
----	---------	----------	----------	----------

		0 hari	7 hari	14 hari
1	Tanah Lempung + Arang Kulit Kakao 0%	0,94	1,19	1,79
2	Tanah Lempung + Arang Kulit Kakao 5%	1,15	1,73	2,24
3	Tanah Lempung + Arang Kulit Kakao 10%	1,43	2,08	2,53
4	Tanah Lempung + Arang Kulit Kakao 15%	1,78	2,44	2,67

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### C. Pembahasan Sifat Fisik Tanah Lempung

##### 1. Pemeriksaan Kadar Air

Berdasarkan pemeriksaan kadar air didapatkan nilai kadar air asli dari tanah lempung yang di ambil dari lapangan sebesar 48,41%.

##### 2. Pengujian Berat Isi

Dari hasil pengujian berat isi diperoleh nilai berat isi dari tanah lempung sebesar 50,03 g/cm<sup>3</sup>.

##### 3. Pengujian Berat Jenis

Dalam pengujian berat jenis diperoleh nilai berat jenis 2,61 berdasarkan pembagian jenis tanah, maka tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini tergolong tanah lempung organik.

##### 4. Pengujian Batas-batas Atterberg

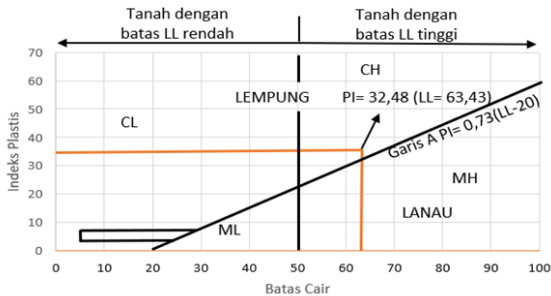
- Batas Cair (Liquid Limit) dari hasil pengujian batas cair didapatkan nilai batas cair (LL) = 63,43%.
- Batas Plastis (Plastic Limit) dalam pengujian batas plastis diperoleh hasil batas plastis (PL) = 32,48%.
- Batas Plastis (Plastic Limit) dalam pengujian batas plastis diperoleh hasil batas plastis (PL) = 32,48%.

##### 5. Pengujian Analisa Saringan

Dalam pengujian analisa saringan yang dilakukan untuk mengetahui gradasi butiran tanah lolos saringan yang didapatkan hasil tanah tersebut lebih dari 50% tanah lolos

saringan No.200 dengan nilai 81,53%. Maka tanah tersebut tergolong tanah berbutir halus.

#### D. Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)



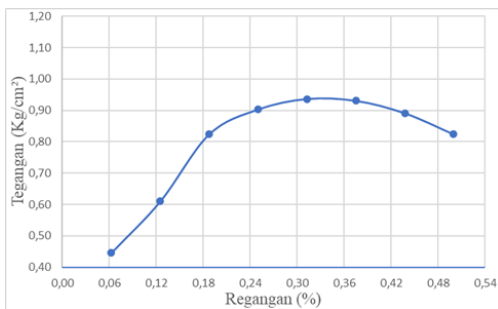
**Gambar 2.** Gambar batas cair dan indeks plastisitas

Dari analisis data, diperoleh bahwa persentase tanah yang lolos saringan No. 200 sebesar 81,53%, sehingga masuk ke dalam klasifikasi tanah berbutir halus. Batas cair (LL) sebesar 63,43% dan Indeks Plastisitas sebesar 32,48%. Berdasarkan dari hasil plot grafik penentuan klasifikasi tanah yang ditunjukkan pada Gambar 1. tanah termasuk dalam kategori CH, yaitu Lempung Anorganik dengan plastisitas tinggi, atau dikenal juga sebagai lempung gemuk (fat clays).

#### E. Pengaruh Serbuk Arang Kulit Kakao Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung dengan Pemeraman 0 Hari

Adapun beberapa variasi persentase campuran serbuk arang kulit kakao dari pemeraman 0 hari sebagai berikut:

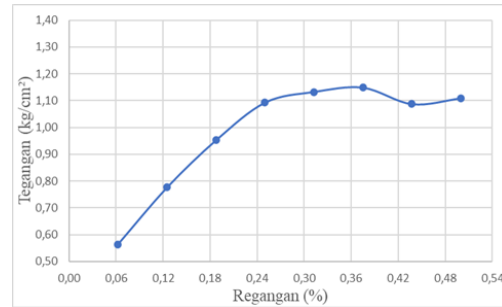
##### 1. Penambahan 0% Serbuk Arang Kulit Kakao



**Gambar 3.** Grafik tegangan dan regangan

Dapat dilihat pada grafik tanah asli didapatkan nilai  $q_u$  maksimum 0,94  $kg/cm^2$  dan mengalami regangan 0,31% dimana setelah itu tanah mengalami keruntuhan atau retak.

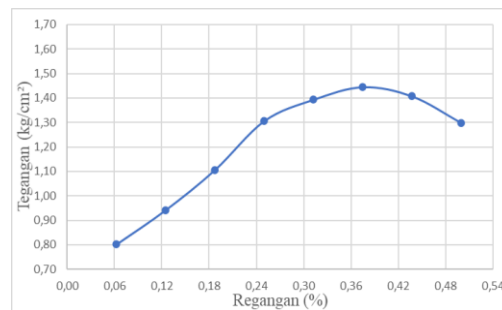
##### 2. Penambahan 5% Serbuk Arang Kulit Kakao



**Gambar 4.** Grafik tegangan dan regangan

Untuk penambahan 5% serbuk arang kulit kakao dengan nilai  $q_u$  maksimum yang didapatkan 1,15  $kg/cm^2$  dan mengalami regangan 0,38%.

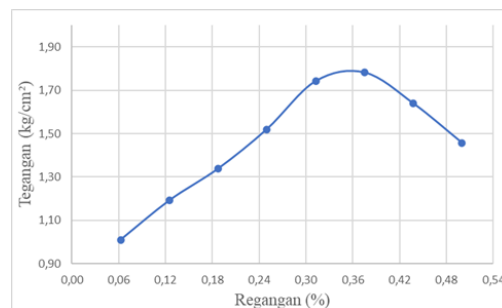
##### 3. Penambahan 10% Serbuk Arang Kulit Kakao



**Gambar 5.** Grafik tegangan dan regangan

Pada penambahan 10% serbuk arang kulit kakao tanah lempung mendapatkan nilai tegangan maksimum 1,45  $kg/cm^2$  pada regangan 0,38%.

##### 4. Penambahan 15% Serbuk Arang Kulit Kakao

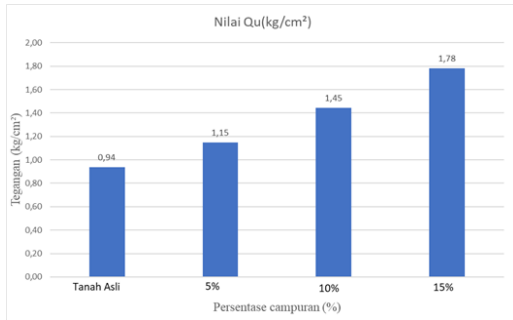


**Gambar 6.** Grafik tegangan dan regangan

Pada penambahan 15% serbuk arang kulit kakao mempunyai nilai tegangan maksimum 1,78  $kg/cm^2$  yang didapatkan pada regangan 0,38% dimana sebelum mengalami retak atau runtuh.

#### 5. Rekapitulasi Nilai $q_u$ Penambahan Serbuk Arang Kulit Kakao Tanpa Pemeraman

Nilai kuat tekan bebas pada penambahan serbuk arang kulit kakao dengan persentase 0%,5%,10%,15% pada pemeraman 0 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 7.** Grafik kuat tekan bebas pemeraman 0 hari

**Tabel 3.** Nilai qu dan persentase peningkatan

No	Variasi	Sampel	Nilai qu	qu rata-rata	Naik (%)
1	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 0%	S1	0,98	0,94	-
		S2	0,91		
		S3	0,91		
2	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 5%	S1	1,13	1,15	22,62
		S2	1,07		
		S3	1,25		
3	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 10%	S1	1,43	1,45	25,86
		S2	1,37		
		S3	1,54		
4	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 15%	S1	1,78	1,78	23,17
		S2	1,72		
		S3	1,84		

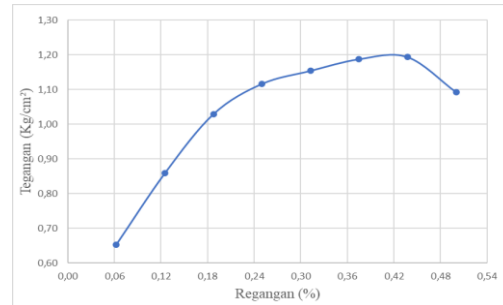
Sumber : Hasil Perhitungan

Pada **Gambar 7.** dan **Tabel 3** diperoleh bahwa peningkatan daya dukung tanah lempung dengan penambahan 5% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 44,78%. Sedangkan untuk penambahan 10% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 20,27% dan penambahan 15% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 17,33%.

#### F. Pengaruh Serbuk Arang Kulit Kakao Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung dengan Pemeraman 7 Hari

Adapun beberapa variasi persentase campuran serbuk arang kulit kakao dari pemeraman 0 hari sebagai berikut:

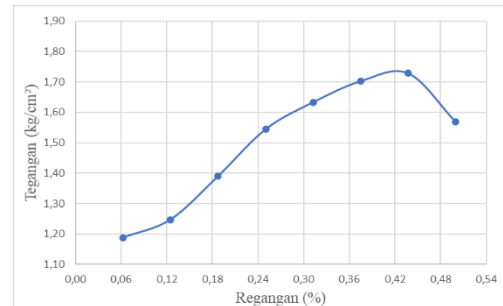
##### 1. Penambahan 0% Serbuk Arang Kulit Kakao



**Gambar 8.** Grafik tegangan dan regangan

Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai qu maksimum dari penambahan 0% serbuk arang kulit kakao dengan variasi pemeraman 7 hari didapatkan 1,19 kg/cm² dan mengalami regangan 0,44%.

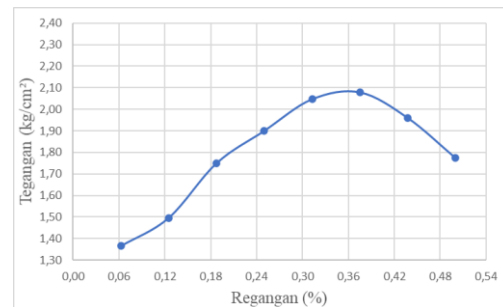
##### 2. Penambahan 5% Serbuk Arang Kulit Kakao



**Gambar 9.** Grafik tegangan dan regangan

Pada penambahan 5% serbuk arang kulit kakao juga didapatkan nilai qu maksimum 1,73 kg/cm² dengan regangan 0,44%.

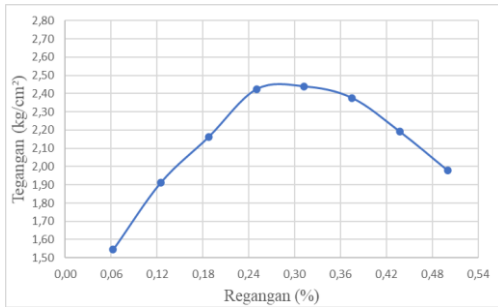
##### 3. Penambahan 10% Serbuk Arang Kulit Kakao



**Gambar 10.** Grafik tegangan dan regangan

Kemudian pada penambahan 10% serbuk arang kulit kakao didapatkan nilai qu maksimum 2,08 kg/cm² dengan regangan 0,38%.

##### 4. Penambahan 15% Serbuk Arang Kulit Kakao

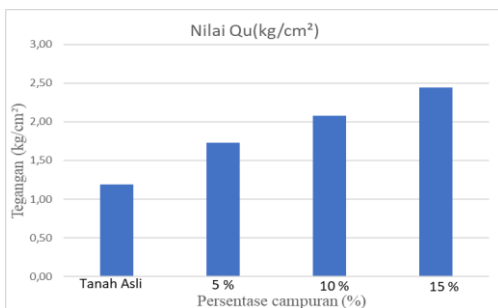


Gambar 11. Grafik tegangan dan regangan

Pada grafik penambahan 15% serbuk arang kulit kakao untuk pemeraman 7 hari didapatkan nilai qu maksimum 2,44 kg/cm<sup>2</sup> dengan regangan 0,31%.

### 5. Rekapitulasi Nilai qu Penambahan Serbuk Arang Kulit Kakao Pemeraman 7 hari

Nilai kuat tekan bebas pada penambahan serbuk arang kulit kakao dengan persentase 0%,5%,10%,15% pada pemeraman 0 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 12. Grafik kuat tekan bebas pemeraman 7 hari

Tabel 4. Nilai qu dan persentase peningkatan

No	Variasi	Sampel	Nilai qu	qu rata-rata	Naik (%)
1	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 0%	S1	1,23	1,19	-
		S2	1,18		
		S3	1,18		
2	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 5%	S1	1,76	1,73	44,78
		S2	1,71		
		S3	1,71		
3	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 10%	S1	2,14	2,08	20,27
		S2	2,08		
		S3	2,02		
4	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 15%	S1	2,48	2,44	17,33
		S2	2,42		
		S3	2,42		

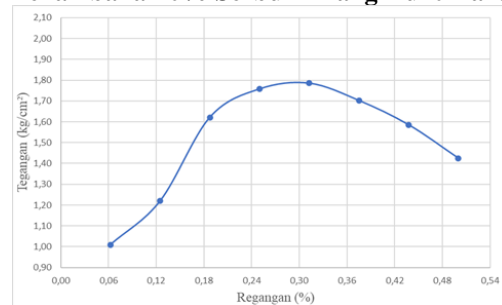
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari analisis data, diperoleh bahwa peningkatan daya dukung tanah lempung dengan penambahan 5% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 44,78%. Sedangkan untuk penambahan 10% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 20,27% dan penambahan 15% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 17,33%. Beberapa variasi persentase mengalami peningkatan yang bervariasi dari penambahan serbuk arang kulit kakao dan penambahan waktu pemeraman 7 hari.

### G. Pengaruh Serbuk Arang Kulit Kakao Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung dengan Pemeraman 14 Hari

Adapun beberapa variasi persentase campuran serbuk arang kulit kakao dari pemeraman 0 hari sebagai berikut:

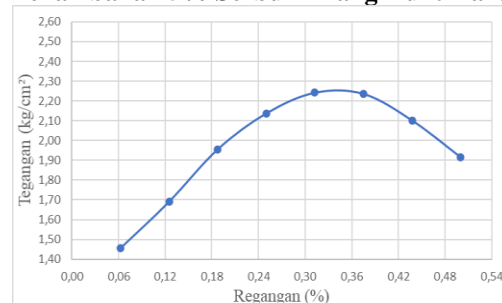
#### 1. Penambahan 0% Serbuk Arang Kulit Kakao



Gambar 13. Grafik tegangan dan regangan

Pada Gambar 13. dapat dilihat nilai qu maksimal dari tanah lempung asli untuk pemeraman 14 hari didapatkan 1,79 kg/cm<sup>2</sup> dengan regangan 0,31%.

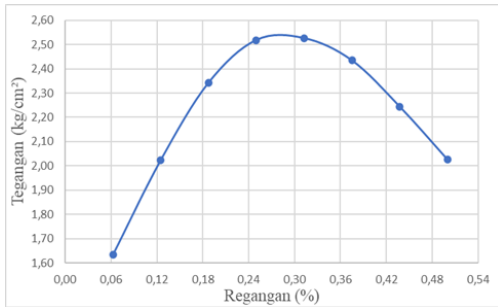
#### 2. Penambahan 5% Serbuk Arang Kulit Kakao



Gambar 14. Grafik tegangan dan regangan

Pada penambahan 5% serbuk arang kulit kakao didapatkan nilai qu maksimum 2,24 kg/cm<sup>2</sup> dan mengalami regangan 0,31% sebelum tanah mengalami retak.

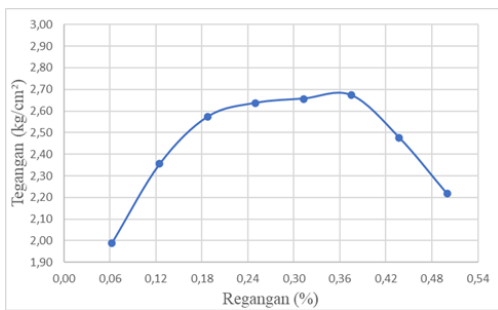
#### 3. Penambahan 10% Serbuk Arang Kulit Kakao



Gambar 15. Grafik tegangan dan regangan

Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai qu maksimum untuk pemeraman 14 hari dengan nilai 2,53 kg/cm<sup>2</sup> dan mengalami regangan sebesar 0,31%.

#### 4. Penambahan 15% Serbuk Arang Kulit Kakao

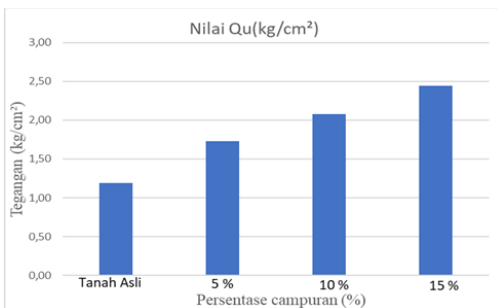


Gambar 16. Grafik tegangan dan regangan

Kemudian untuk penambahan 15% serbuk arang kulit kakao didapatkan nilai qu 2,67 kg/cm<sup>2</sup> dengan regangan sebesar 0,38%.

#### 5. Rekapitulasi Nilai qu Penambahan Serbuk Arang Kulit Kakao Pemeraman 14 hari

Nilai kuat tekan bebas pada penambahan serbuk arang kulit kakao dengan persentase 0%,5%,10%,15% pada pemeraman 0 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 17. Grafik kuat tekan bebas pemeraman 14 hari

Tabel 5. Nilai qu dan persentase peningkatan

No	Variasi	Sampel	Nilai qu	qu rata-rata	Naik (%)
1	Tanah +	S1	1,76	1,79	-

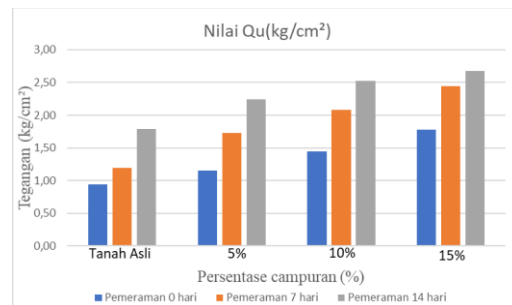
	Serbuk Arang Kulit Kakao 0%	S2	1,76	2,24	25,61
		S3	1,83		
2	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 5%	S1	2,22	2,53	12,62
		S2	2,16		
		S3	2,35		
3	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 10%	S1	2,55	2,67	5,80
		S2	2,48		
		S3	2,55		
4	Tanah + Serbuk Arang Kulit Kakao 15%	S1	2,67	2,67	5,80
		S2	2,67		
		S3	2,67		

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 17. dan Tabel 5. diperoleh bahwa peningkatan daya dukung tanah lempung dengan penambahan 5% serbuk arang kulit kakao Mengalami peningkatan sebesar 25,61%. Sedangkan untuk penambahan 10% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 12,62%, dan penambahan 15% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan sebesar 5,80%. Beberapa variasi persentase mengalami peningkatan yang bervariasi dari penambahan serbuk arang kulit kakao dan penambahan waktu pemeraman 14 hari.

#### H. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Bebas dengan Beberapa Pemeraman 0 hari, 7 hari, dan 14 hari

Perbandingan nilai kuat tekan bebas pada penambahan serbuk arang kulit kakao dengan persentase 0%,5%,10%,15% dan variasi pemeraman 0 hari, 7 hari,14 hari dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 18. Grafik gabungan nilai kuat tekan bebas

Dari Gambar 18. menunjukan bahwa nilai qu dari pemeraman 7 hari dengan penambahan 5% serbuk arang kulit kakao mengalami peningkatan daya dukung sebesar 50,52% dan pemeraman 14 hari sebesar 95,34% dari sampel tanah tanpa pemeraman. Sedangkan penambahan 10% serbuk arang kulit kakao untuk pemeraman 7 hari mengalami

peningkatan sebesar 43,84% dan pemeraman 14 hari sebesar 74,79%. dan penambahan 15% serbuk arang kulit kakao untuk pemeraman 7 hari sebesar 37,02% sedangkan pemeraman 14 hari sebesar 50,14%. Maka dari perbandingan persentase dan pemeraman didapatkan nilai  $q_u$  optimum pada campuran 5% serbuk arang kulit kakao pemeraman 7 hari dan 14 hari.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil **Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Terstabilisasi Serbuk Arang Kulit Kakao Dengan Variasi Waktu Pemeraman**, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan dari hasil analisis dan perhitungan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian sifat fisik tanah lempung didapatkan bahwa tanah lempung lolos saringan #200 sebesar 81,53%, jika lebih 50% tanah lolos saringan #200 maka tergolong tanah berbutir halus dan tanah berlempung dengan plastisitas tinggi atau tanah lempung “gemuk” (fat clays) sesuai klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System).
2. Dari hasil pengujian kuat tekan bebas dengan beberapa variasi persentase penambahan serbuk arang kulit kakao tanpa pemeraman didapatkan nilai  $q_u$  untuk 5% = 1,15 kg/cm<sup>2</sup>, variasi 10% = 1,45 kg/cm<sup>2</sup>, dan 15% = 1,78 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk variasi pemeraman 7 hari didapatkan nilai  $q_u$  5% = 1,73 kg/cm<sup>2</sup>, variasi 10% = 2,08 kg/cm<sup>2</sup>, dan variasi 15% = 2,44 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pemeraman 14 hari didapatkan nilai  $q_u$  5% = 2,24 kg/cm<sup>2</sup>, variasi 10% = 2,53 kg/cm<sup>2</sup>, dan variasi 15% = 2,67 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Berdasarkan perbandingan persentase dan pemeraman dengan penambahan variasi waktu pemeraman 7 hari dan 14 hari didapatkan nilai tegangan maksimum pada regangan yang berbeda-beda dan nilai  $q_u$  optimum yang didapatkan pada penambahan 5% serbuk arang kulit kakao.

#### REFERENSI

- [1] Braja M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1995.
- [2] M. Musdalifah, “Analisis Deformasi Tanah Lempung Dengan Perkuatan Model Konfigurasi Bucket Geogrid,” *ILTEK J. Teknol.*, vol. 16, no. 2, pp. 79–84, 2021, doi: 10.47398/iltek.v16i2.639.

- [3] F. Ash, P. Lebang, and S. Syahrir, “Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi Kuat Tekan dan Kuat Geser Tanah Lempung lunak dengan Penambahan Limbah,” vol. 1, no. 3, pp. 41–46, 2023, doi: 10.56326/jptsk.v1i3.1618.
- [4] A. Pahrida, S. Gandi, and F. Sarie, “Pengaruh Penambahan Bubuk Arang Kayu Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas Dan Nilai Cbr,” *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 223, 2021, doi: 10.31602/jk.v4i1.5271.
- [5] IKP, “Produksi Kakao Sulsel Terbesar di Indonesia, Luwu Utara Sumbang 21,13 Persen,” *Luwuutarakab.go.id*. [Online]. Available: <https://portal.luwuutarakab.go.id/post/produksi-kakao-sulsel-terbesar-di-indonesia-luwu-utara-sumbang-21-13-persen#>
- [6] Salma, “Penelitian Eksperimen: Tujuan, Jenis, Langkah, Contoh,” *Deepublish*. [Online]. Available: <https://penerbitdeepublish.com/penelitian-eksperimen/>
- [7] N. A. Gumilang, “Observasi: Definisi, Ciri-Ciri, Jenis-Jenis, Tujuan, dan Manfaatnya,” *Gramedia Blog*. [Online]. Available: <https://www.gramedia.com/literasi/author/nanda-akbar/>
- [8] Salma, “Studi Literatur: Pengertian, Ciri, Teknik Pengumpulan Datanya,” *Deepublish*. [Online]. Available: <https://penerbitdeepublish.com/studi-literatur/>