

STABILITASI KUAT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN KULIT UDANG DI KAWASAN TAMBAK DESA TAMBAK BERAS KECAMATAN CERME (Arik Triarso, Satria Tegar Kurniawan)

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT UDANG UNTUK STABILITASI TANAH LEMPUNG DI KAWASAN TAMBAK

Arik Triarso^{1*} dan Satria Tegar Kurniawan²

^{1,2} D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya
Kampus Unesa 1, Jalan Ketintang, Surabaya 60231

E-mail: ariktriarso@unesa.ac.id^{1*}, dan satriategar.21007@mhs.unesa.ac.id².

(*) Penulis Korespondensi

(Artikel dikirim: 17 Juli 2025, Direvisi: 6 Agustus 2025, Diterima: 16 Desember 2025)

DOI: <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v13i3.4709>

ABSTRAK: Tambak Beras merupakan sebuah desa yang terletak di Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Desa ini terkenal dengan aktivitas budidaya ikan dan udang. Saat ini, desa tersebut sedang mengalami kemajuan dengan adanya berbagai proyek pembangunan seperti gudang dan pabrik. Namun, sifat tanah lempung di daerah ini membuatnya kurang ideal untuk pembangunan. Oleh karena itu, diperlukan teknik untuk menstabilkan tanah agar dapat meningkatkan kekuatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggunaan kulit udang dalam proses stabilisasi tanah lempung terkait peningkatan daya dukung geser tanah. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan statistik serta pengujian di laboratorium pada sampel yang diambil. Tanah asli menunjukkan nilai kohesi sebesar 7,366 kPa dan sudut geser 7,139°. Dengan penambahan 5% kulit udang, nilai kohesi meningkat menjadi 9,952 kPa dan sudut geser menjadi 9,564°. Ketika ditambahkan 10%, kohesi mencapai 11,223 kPa dan sudut geser menjadi 11,365°. Namun, dengan penambahan 15% kulit udang, nilai kohesi turun menjadi 8,920 kPa dan sudut geser berkurang menjadi 8,978°.

Kata Kunci: Kawasan Tambak, Kuat Geser Tanah, Kulit Udang, Stabilitas Tanah, Tanah Lempung

1. PENDAHULUAN

Desa Tambak Beras adalah sebuah kawasan yang terletak di Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Kawasan ini terkenal sebagai pusat budidaya ikan dan udang, di mana sebagian besar lahan digunakan untuk tambak. Hal ini mempengaruhi karakteristik tanah yang kemudian berubah menjadi dominan dengan jenis tanah lempung. Tanah lempung dikenal kurang mendukung untuk kegiatan pembangunan karena memiliki daya dukung rendah dan mudah berubah volume tergantung pada kadar air, sehingga perlu penanganan khusus jika ingin digunakan sebagai lahan pembangunan.

Dalam beberapa tahun terakhir, Desa Tambak Beras mengalami kemajuan dalam pembangunan infrastruktur, khususnya dalam pembangunan gudang dan pabrik. Sayangnya, jenis tanah yang ada di daerah ini tidak mendukung kestabilan struktur bangunan tanpa perbaikan pada karakteristik tanah tersebut. Selain itu, daerah ini sering mengalami penurunan permukaan tanah akibat faktor geologi dan lingkungan, yang tentu saja memengaruhi kelangsungan konstruksi dalam jangka panjang.

Uniknya, kegiatan budidaya udang yang pesat di lokasi ini juga menghasilkan limbah dalam jumlah besar, terutama kulit udang. Limbah ini selama ini belum dimanfaatkan dengan baik dan justru

berpotensi mencemari lingkungan. Namun, dengan strategi yang tepat, limbah kulit udang dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk membantu stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah adalah sebuah metode untuk memperbaiki sifat teknis tanah, seperti kekuatan, daya dukung, dan stabilitas tanah itu sendiri. Menurut (Bowles, 1984), penerapan stabilisasi sangat penting untuk tanah dengan indeks konsistensi rendah, yang mudah terdeformasi, atau bersifat sangat lepas. Salah satu pendekatan yang dapat diambil adalah memanfaatkan sumber daya lokal, termasuk limbah organik, untuk menghasilkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan.

Kecamatan Cerme secara umum memiliki karakteristik tanah yang cenderung lemah dan rentan terhadap bencana alam. Dilansir dari Kompas.com wilayah ini beberapa kali mengalami banjir akibat tanggul sungai yang jebol. Yang menunjukkan lemahnya daya dukung tanah terhadap tekanan air. Keadaan ini semakin parah karena adanya aktivitas geologi dari Sesar Surabaya yang membentang dari wilayah Keputih, Surabaya hingga kawasan Cerme (Taufik et al., n.d.). Sesar aktif ini menyebabkan penurunan tanah secara bertahap dan menjadi ancaman serius bagi kelangsungan konstruksi.

Salah satu masalah teknis utama yang muncul adalah rendahnya kuat geser tanah. Kuat geser adalah kemampuan tanah untuk menahan tegangan geser sebelum mengalami kegagalan. Jika tanah tidak bisa merespons gaya tersebut, maka struktur bangunan di atasnya berisiko mengalami kerusakan atau bahkan runtuh (Yuda Setiawan et al., 2021). Oleh karena itu, dibutuhkan strategi stabilisasi tanah yang tidak hanya meningkatkan kuat geser. Peningkatan kuat geser tanah tidak hanya menggunakan bahan kimia saja akan tetapi juga menggunakan bahan yang mudah didapat dan tidak mencemari lingkungan.

Dengan melihat besarnya produksi udang di Kabupaten Gresik yang menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) mencapai 10. 408. 132 kg dalam periode 2019–2021, limbah kulit udang yang dihasilkan berpotensi menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan kualitas tanah. Penggunaan limbah kulit udang sebagai bahan stabilisasi diharapkan dapat meningkatkan kuat geser tanah lempung dan mendukung pengelolaan limbah secara berkelanjutan di kawasan tambak.

Penggunaan kulit udang diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan kuat geser tanah, karena di dalamnya terkandung berbagai mineral dan zat lainnya. Berdasarkan penelitian (Agustina Sari et al., 2020), kulit udang mengandung 27,6% mineral, 34,9% protein, 18,1% kitin, serta beberapa senyawa lainnya. Beberapa studi lain juga menunjukkan bahwa kulit udang memiliki kandungan kalsium yang cukup tinggi. Sebagai contoh, menurut hasil uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang dilakukan oleh (Rafelia Hartanti et al., 2022), unsur dominan dalam limbah kulit udang adalah kalsium (Ca) sebesar 84,96%, yang umumnya terdapat dalam bentuk oksida (CaO) dengan kadar 77,87%. Sementara itu, (Wowor et al., 2015) menyebutkan bahwa limbah kulit udang mengandung 25%–40% protein kasar, 45%–50% kalsium karbonat, dan 15%–20% kitin. Penelitian yang dilakukan oleh (Ikhwan Ardi et al., 2023) menjelaskan bahwa daya dukung tanah lempung meningkat dengan tambahan campuran serbuk cangkang kerang. Dalam penelitian yang dilakukan komposisi campuran yang diberikan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Dari hasil penelitian yang dilakukan penGoogle Earth tambahan serbuk cangkang kerang meningkatkan nilai kuat geser, kohesi dan sudut geser. Pada komposisi campuran maksimum yaitu 20% didapat nilai tegangan geser 0.6995 kg/cm², nilai kohesi 0.3905 kg/cm², dan nilai sudut geser 27.30°.

Penelitian yang dilakukan oleh (Aziudin & Andajani, n.d.) menjelaskan bahwa nilai kuat tekan bebas tanah lempung meningkat dengan tambahan serbuk cangkang kerang. Pada penelitian ini komposisi campuran yang diberikan 0%, 10%,

15%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Pada nilai maksimum 25%, kuat tekan tanah lempung sebesar 3.435 kg/cm². Oleh karena itu penambahan serbuk cangkang kerang sangat efektif dalam meningkatkan daya dukung.

Pada penelitian yang dilakukan (Hermansyah & Fynnisa Zebua, 2020) menjelaskan bahwa memperbaiki sifat tanah dengan cangkang kerang. Penelitian ini memiliki komposisi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Dengan pengujian sifat fisis tanah seperti kadar air, berat jenis dan batas atterberg. Hasil dari penelitian ini ialah perubahan signifikan terhadap kadar air, berat isi, dan indeks plastisitas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki dampak penggunaan limbah kulit udang dalam meningkatkan kekuatan geser tanah lempung di Desa Tambak Beras, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik. Diharapkan, penelitian ini dapat memberi sumbangan dalam pengembangan metode stabilisasi tanah yang menggunakan limbah organik, serta mendukung pembangunan yang aman, efisien, dan berkelanjutan di wilayah pesisir tambak.

2. METODE

Penelitian ini mengadopsi metode kuantitatif yang bersifat eksperimental, yang bertujuan untuk mengidentifikasi dampak dari perlakuan tertentu terhadap variabel yang diteliti melalui uji langsung di laboratorium. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis data secara statistik dan mengamati perubahan dalam karakteristik tanah setelah perlakuan tertentu. Percobaan dilaksanakan pada beberapa sampel yang telah dipersiapkan, dengan perlakuan berupa variasi campuran bahan stabilisasi.

Sebelum kulit udang dicampur dengan tanah dilakukan proses pengolahan sederhana untuk mendapatkan serbuk kulit udang dengan ukuran seragam. Pada proses pengolahan kulit udang ini tidak melalui pengujian kimia. Hasil dari pengolahan serbuk udang dapat dilihat **Gambar 1**.



Gambar 1. Serbuk Kulit Udang
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

STABILITASI KUAT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN KULIT UDANG DI KAWASAN TAMBAK DESA TAMBAK BERAS KECAMATAN CERME

(Arik Triarso, Satria Tegar Kurniawan)

Proses pencampuran sampel dan bahan tambahan menggunakan metode *dry mixing*, yaitu dengan mencampurkan tanah kering dan serbuk kulit udang dalam kondisi kering atau dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Tanah Asli
(Sumber: Dokumentasi Penelitian)

Uji yang diterapkan dalam penelitian ini adalah uji geser langsung dan uji kepadatan. Pengujian geser langsung dilaksanakan sebanyak tiga kali dengan variasi beban yang berbeda, yaitu 10 kg, 20 kg, dan 30 kg, untuk mengetahui reaksi tanah terhadap tekanan geser dalam setiap kondisi beban. Sampel yang digunakan terdiri dari berbagai campuran yang berbeda. Campuran tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Sampel Benda Uji

Sampel	Campuran
1	100% Tanah Asli
2	100% Tanah Asli + 5% Kulit Udang
3	100% Tanah Asli + 10% Kulit Udang
4	100% Tanah Asli + 15% Kulit Udang

(Sumber: Data Penelitian)

Dari pengujian geser langsung yang kuat, data selanjutnya diproses dengan menggunakan rumus untuk menghitung tegangan normal serta tegangan geser. Rumus yang diterapkan adalah sebagai berikut:

$$\sigma \text{ Normal} = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Contoh}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma \text{ Geser} = \frac{\text{Gaya Geser}}{\text{Luas Contoh}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh nilai kohesi dan sudut geser. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk

menentukan kepadatan tanah. Tingkat kepadatan tanah mengacu pada **Tabel 2 dan 3**

Tabel 2. Besaran Sudut Geser Tanah

Tingkat Kepadatan	Sudut Geser (ϕ)
Sangat Lepas	<30
Lepas	30 – 35
Agak Padat	35 – 40
Padat	40 – 45
Sangat Padat	>45

(Sumber: Braja M. Das, 2011)

Tabel 3. Korelasi Kuat Geser Tanah

Tingkat Kepadatan	Sudut Geser (ϕ)
Sangat Lembut	0 -12
Lembut	12 - 25
Agak Kaku	25 – 50
Kaku	50 – 100
Sangat Kaku	100 – 200
Keras	>200

(Sumber: Braja M. Das, 2011)

Pengujian kepadatan mengacu pada SNI 1742:2008 dan dibagi menjadi 6 bagian dengan masing-masing 2,5 kg dan ditambahkan dengan air yang kadarnya berbeda dengan perbandingan 5% : 10% : 15% : 20% : 25% : 30%. Kemudian sampel tanah akan dicampur dan diaduk secara merata lalu dimasukkan ke dalam mould untuk diratakan sesuai dengan volume mould. Setelah diratakan kemudian sampel akan ditimbang dan di oven selama 24 jam, setelah 24 jam sampel akan dikeluarkan dari oven dan ditimbang kembali untuk mendapatkan kadar airnya.

3. LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini mengambil sampel tanah dari Desa Tambak Beras, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, di Jawa Timur. Selanjutnya, sampel tanah yang diperoleh akan diuji di laboratorium mekanika tanah Fakultas Vokasi dan Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Sampel
(Sumber: , 2025)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*) dengan Kadar 100 % Tanah Asli

Hasil dari pengujian laboratorium pada sampel yang mengandung 100% tanah asli menunjukkan nilai tegangan normal dan tegangan geser. Data tegangan normal dan tegangan geser disajikan dalam **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Tegangan Normal Dan Tegangan Geser Pada Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*) Dengan Kadar Tanah Asli 100%

N	Tegangan Normal		Tegangan Geser
kg	Kg/cm ²	kPa	kPa
10	0,326	32,595	10,822
20	0,652	65,190	16,786
30	0,978	97,785	18,987

(Sumber: Hasil Penelitian)

Dari informasi yang tertera pada **Tabel 4**, terlihat bahwa nilai tegangan normal dan tegangan geser yang diperoleh untuk setiap variasi beban (N) menunjukkan perbedaan yang jelas. Pada beban 10 kg, tegangan normal tercatat sebesar 32,595 kPa dan tegangan geser yang terjadi adalah 10,822 kPa. Sedangkan pada beban 20 kg, tegangan normal meningkat menjadi 65,190 kPa, diiringi dengan tegangan geser sebesar 16,786 kPa. Pada sababan maksimum, yaitu 30 kg, nilai tegangan normal tercatat 97,785 kPa, dan tegangan geser 18,987 kPa.

Dari hasil ujian ini, hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dapat digunakan untuk menentukan parameter kekuatan geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai-nilai ini dihitung menggunakan rumus garis *Mohr-Coulomb* dan menggambarkan karakteristik mekanis tanah setelah perlakuan tertentu. Hasil perhitungan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Parameter Kuat Geser Dengan Kadar Tanah Asli 100%

Parameter Kuat Geser	
C	7,366 kPa
ϕ	7,139 derajat

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.2 Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*) dengan 100% Kadar Tanah Asli dan 5% Kulit Udang

Hasil dari pengujian laboratorium pada sampel dengan 100% tanah asli dan tambahan 5% kulit udang menunjukkan nilai tegangan normal dan

tegangan geser. Data tersebut di atas disajikan dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Tegangan Normal Dan Tegangan Geser Pada Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*) Dengan Kadar Tanah Asli 100% + 5% Kulit Udang

N	Tegangan Normal		Tegangan Geser
kg	Kg/cm ²	kPa	kPa
10	0,326	32,595	15,320
20	0,652	65,190	21,187
30	0,978	97,785	26,304

(Sumber: Hasil Penelitian)

Melihat data pada **Tabel 6**, terlihat bahwa setiap variasi beban (N) memberikan hasil yang berbeda pada nilai tegangan normal dan tegangan geser. Pada beban 10 kg, nilai tegangan normal mencapai 32,595 kPa, dengan tegangan geser sebesar 15,320 kPa. Kemudian, pada beban 20 kg, tegangan normal meningkat menjadi 65,190 kPa, sedangkan tegangan geser tercatat 21,187 kPa. Untuk beban maksimal 30 kg, nilai tegangan normal meraih 97,785 kPa, dan tegangan geser sebesar 26,304 kPa.

Perbedaan nilai tegangan ini menunjukkan bahwa semakin berat beban yang diaplikasikan, semakin tinggi nilai tegangan normal dan tegangan geser yang dihasilkan. Dengan analisis hubungan kedua parameter ini, kita dapat menghitung kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) menggunakan metode garis *Mohr-Coulomb*. Nilai kohesi dan sudut geser yang diperoleh dari pengujian ini memberikan gambaran akan kekuatan geser tanah setelah mengalami perlakuan tertentu. **Tabel 7** merupakan hasil perhitungan untuk nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ):

Tabel 7. Parameter Kuat Geser Dengan Kadar Tanah Asli 100% + 5% Kulit Udang

Parameter Kuat Geser	
C	9,952 kPa
ϕ	9,564 derajat

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.3 Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*) dengan Kadar 100 % Tanah Asli + 10 % Kulit Udang

Hasil pengujian laboratorium pada sampel yang terdiri dari 100 % tanah asli dan 10 % kulit udang menunjukkan nilai tegangan normal serta tegangan geser. Hasil dari tegangan normal dan tegangan geser tersebut disajikan dalam **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Tegangan Normal Dan Tegangan Geser Pada Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*) Dengan Kadar Tanah Asli 100% + 10% Kulit Udang

STABILITASI KUAT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN KULIT UDANG DI KAWASAN TAMBAK DESA TAMBAK BERAS KECAMATAN CERME (Arik Triarso, Satria Tegar Kurniawan)

N	Tegangan Normal		Tegangan Geser
kg	Kg/cm ²	kPa	kPa
10	0,326	32,595	16,786
20	0,652	65,190	26,304
30	0,978	97,785	29,890

(Sumber: Hasil Penelitian)

Mengacu pada data yang ditampilkan dalam **Tabel 8**, terlihat bahwa variasi beban (N) memberikan nilai tegangan normal dan tegangan geser yang berbeda. Pada beban 10 kg, nilai tegangan normal yang diperoleh adalah 32,595 kPa, sementara tegangan geser tercatat 16,786 kPa. Dengan beban 20 kg, nilai tegangan normal meningkat menjadi 65,190 kPa, disertai tegangan geser 26,304 kPa. Pada beban 30 kg, nilai tegangan normal mencapai 97,785 kPa, dan tegangan geser 29,890 kPa.

Perbedaan nilai tegangan ini memperlihatkan adanya hubungan positif antara besarnya beban yang diberikan dengan nilai tegangan yang dihasilkan, baik untuk normal maupun geser. Dari data ini, parameter mekanik tanah yang berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dapat dihitung menggunakan rumus *Mohr-Coulomb*. Kedua parameter tersebut sangat penting untuk menentukan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser. Hasil perhitungan terhadap nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dari pengujian ini ditampilkan pada **Tabel 9**

Tabel 9. Parameter Kuat Geser Dengan Kadar Tanah Asli 100% + 10% Kulit Udang

Parameter Kuat Geser	
C	11,223 kPa
ϕ	11,365 derajat

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.4 Uji Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*) Dengan Kadar 100 % Tanah Asli + 15 % Kulit Udang

Hasil laboratorium pada sampel yang terdiri dari 100 % tanah asli dan 15 % kulit udang menunjukkan nilai tegangan normal dan tegangan geser. Nilai-nilai tersebut dipresentasikan dalam **Tabel 10**.

Tabel 10. Hasil Tegangan Normal dan Tegangan Geser Pada Pengujian *Direct Shear* Dengan Kadar Tanah Asli 100% + 15% Kulit Udang

N	Tegangan Normal		Tegangan Geser
kg	Kg/cm ²	kPa	kPa
10	0,326	32,595	13,820
20	0,652	65,190	19,720
30	0,978	97,785	24,120

(Sumber: Hasil Penelitian)

Data yang ada dalam **Tabel 10** menunjukkan bahwa ada variasi dalam nilai tegangan normal dan geser untuk setiap beban (N) yang diberikan. Pada beban 10 kg, diperoleh nilai tegangan normal sebesar 32,595 kPa, serta tegangan geser sebesar 13,820 kPa. Untuk beban 20 kg, nilai tegangan normal meningkat menjadi 65,190 kPa, disertai tegangan geser 19,720 kPa. Sedangkan untuk beban tertinggi, yaitu 30 kg, nilai tegangan normal mencapai 97,785 kPa dan tegangan geser 24,120 kPa.

Jika dibandingkan dengan hasil uji pada campuran tanah sebelumnya, terlihat bahwa pada campuran 100% tanah asli + 15% kulit udang, terdapat penurunan pada nilai tegangan normal dan geser. Penurunan ini mengindikasikan adanya dampak negatif dari penambahan kulit udang, yang mengurangi kemampuan tanah dalam menahan beban geser.

Dari nilai-nilai yang didapat, langkah berikutnya adalah menganalisis untuk menentukan parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ), menggunakan pendekatan Mohr-Coulomb. Parameter ini berguna untuk menggambarkan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser setelah perlakuan tertentu.

Hasil perhitungan untuk nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dari pengujian campuran ini dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Parameter Kuat Geser Dengan Kadar Tanah Asli 100% + 15% Kulit Udang

Parameter Kuat Geser	
C	8,920 kPa
ϕ	8,978 derajat

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.5 Akumulasi Pengaruh Campuran Kulit Udang Pada Tanah Terhadap Nilai Kohesi (c) Dan Sudut Geser (ϕ)

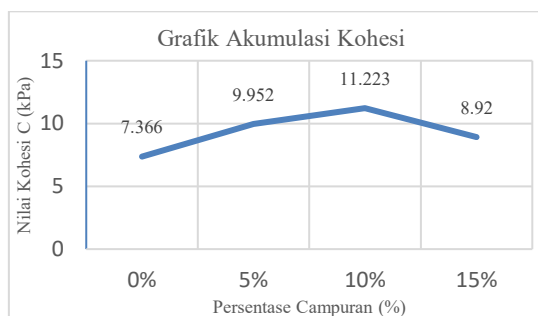
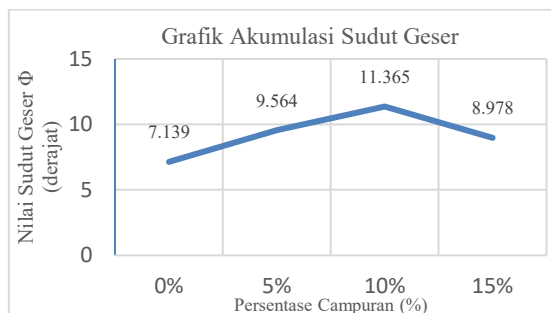
Setelah melakukan uji proktor untuk menentukan kadar air yang paling ideal, selanjutnya dilakukan pengujian geser langsung. Uji geser langsung ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser. Pada pengujian ini, ditambahkan campuran kulit udang dengan variasi 5%, 10%, 15%, serta juga sampel yang tanpa campuran. Dari hasil uji geser langsung, didapatkan nilai kohesi dan sudut geser yang berbeda-beda. Variasi nilai ini dipengaruhi oleh penambahan kulit udang sebagai bahan campuran. **Tabel 12** adalah akumulasi nilai kohesi dan sudut geser.

Tabel 12. Akumulasi Nilai Parameter Kuat Geser

sampel	C (kPa)	Φ (derajat)
Tanah asli 100%	7,366	7,139
Tanah asli 100% + 5% kulit udang	9,952	9,564
Tanah asli 100% + 10% kulit udang	11,223	11,365
Tanah asli 100% + 15% kulit udang	8,920	8,978

(Sumber: Hasil Penelitian)

Dari **Tabel 12**, terlihat adanya peningkatan nilai kohesi dan sudut geser pada sampel tanah asli 100% hingga sampel tanah asli 100% yang ditambah 10% kulit udang. Namun, pada sampel tanah asli 100% + 15% kulit udang, terjadi penurunan pada kedua nilai tersebut. Jika ditampilkan dalam bentuk grafik, hasil akumulasi nilai kohesi dan sudut geser dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **5**.

**Gambar 4.** Grafik Akumulasi Kohesi
(Sumber: Hasil Penelitian)**Gambar 5.** Grafik Akumulasi Sudut Geser
(Sumber: Hasil Penelitian)

Berdasarkan **Gambar 4** terlihat bahwa nilai kohesi mengalami peningkatan bertahap dari campuran 0% hingga 10% kulit udang. Namun, pada campuran 15%, nilai kohesi justru menurun, hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan stabilisasi yang melebihi batas optimal dapat mempengaruhi kekuatan geser tanah secara negatif. Pola ini juga terlihat di **Gambar 5**, di mana nilai sudut geser menunjukkan fluktuasi, yakni mengalami peningkatan hingga mencapai persentase tertentu sebelum menurun.

Adapun secara persentase, kenaikan dan penurunan nilai pada parameter kuat geser ini masing-masing mencapai 9,12% untuk kohesi dan 10,60% untuk sudut geser dalam. Hal ini menegaskan bahwa pencampuran kulit udang memberikan dampak terhadap karakteristik mekanik tanah lempung, tetapi hanya sampai pada batas konsentrasi tertentu. Ketika melebihi batas optimum tersebut, efektivitas bahan stabilisasi justru menurun.

Selain untuk mengevaluasi kekuatan geser, pengujian ini juga bertujuan untuk memeriksa tingkat kepadatan tanah, baik pada tanah asli maupun yang telah dicampur dengan kulit udang. Hasil dari uji geser langsung menunjukkan bahwa tingkat kepadatan untuk masing-masing sampel relatif serupa, baik pada tanah yang tidak dicampur maupun yang sudah mengalami perlakuan.

Berdasarkan **Tabel 2**, tingkat kepadatan berdasar nilai kohesi menunjukkan bahwa tanah termasuk dalam kategori lembut. Sementara itu, berdasarkan **Tabel 3**, nilai sudut geser menunjukkan bahwa tanah termasuk dalam kategori sangat lepas. Klasifikasi ini menunjukkan bahwa walaupun terdapat peningkatan dalam kekuatan geser, struktur tanah secara umum masih tergolong kurang padat dan memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan konstruksi di atasnya.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian menunjukan bahwa nilai kohesi mengalami peningkatan dari persentase campuran 0% hingga 10%. Namun pada campuran 15% menunjukkan penurunan pada nilai kohesi. Nilai sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) untuk campuran 100% tanah asli adalah 7,366 kPa untuk kohesi (c) dan 7,139 derajat untuk sudut geser (ϕ). Dalam campuran 100% tanah asli ditambah 5% kulit udang, diperoleh kohesi (c) sebesar 9,952 kPa dan sudut geser (ϕ) 9,564 derajat. Untuk campuran 100% tanah asli dengan 10% kulit udang, nilai kohesi (c) mencapai 11,223 kPa dan sudut geser (ϕ) 11,365 derajat. Sedangkan pada campuran 100% tanah asli ditambah 15% kulit udang, kohesi (c) tercatat 8,920 kPa dan sudut geser (ϕ) 8,978 derajat. Penurunan dan kenaikan nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) ini diakibatkan oleh adanya unsur – unsur kimia yang ada pada kulit udang. Penurunan dan kenaikan ini diakibatkan oleh kadar kimia yang terlalu berlebihan. Dalam kulit udang terdapat senyawa kimia berupa P (Fosforum) dan S (Sulfur). Menurut (Suratman Ilyas & Asrurifak M, n.d.) menyebutkan bahwa semakin banyak pupuk kimia yang mengandung senyawa fosforum, maka nilai sudut geser semakin menurun. Selain itu terdapat unsur kimia S (Sulfur). Unsur kimia sulfur ini juga terdapat pada kandungan belerang. Menurut (Farham et al., 2023) tentang kuat geser tanah dengan tambahan belerang menyebutkan

STABILITASI KUAT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN KULIT UDANG DI KAWASAN TAMBAK DESA TAMBAK BERAS KECAMATAN CERME

(Arik Triarso, Satria Tegar Kurniawan)

penambahan belerang untuk setiap variasi benda uji terjadi penurunan sudut geser dan nilai kohesi dikarenakan oleh kandungan sulfur yang terdapat pada belerang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agustina Sari, D., Program Studi Teknik Kimia, M., Teknik, F., & Singaperbangsa Karawang, U. (2020). Pengoptimalan Nilai Guna Limbah Kulit Udang. 5(1), 224–226. <https://doi.org/10.35261/barometer.v4i2.38808>
- Aziudin, H. I., & Andajani, N. (n.d.). Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Kerang Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Daya Dukung Pondasi Dangkal.
- Bowles, J. W. (1984). *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah)*. Erlangga.
- Braja M. Das. (2011). *Geotechnical Engineering Handbook*. J.Ross Publishing.
- Farham, E. M., Azizi, A., & Afriandiny, B. (2023). Analisis Pengaruh Penambahan Belerang Terhadap Kuat Geser Tanah. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 6, 43–49. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v6i.850>
- Hermansyah, & Fynnisa Zebua. (2020). *Overview Of Clay Plastic Properties Which Is Stabilized With Waste Scallop Shell. JCEBT*, 4(1). <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- Ikhwan Ardi, Gusneli Yanti, & Muthia Angraini. (2023). Stabilitas Tanah Lempung Dengan Serbuk Cangkang Kerang Terhadap Nilai Kuat Geser. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.22225/pd.12.1.5519.1-7>
- Rafelia Hartanti, E., Setiani, V., Ayu Nindyapuspa, dan, Studi Teknik Pengolahan Limbah, P., Teknik Permesinan Kapal, J., & Perkapalan Negeri Surabaya, P. (2022). Persentase Kandungan Kalsium Oksida (CaO) Pada Katalis Limbah Kulit Udang. (Vol. 5, Issue 1).
- Suratman Ilyas, & Asrurifak M. (n.d.). Studi Penurunan Kekuatan Geser Tanah Lempung. *Indramayu Akibat Pupuk Kimia*. 14.
- Taufik, M., Mutiara Anjasmara, I., & Fahrudin Ulin, R. (n.d.). Analisis Penurunan Muka Tanah Di Kabupaten Gresik Tahun 2015 Hingga 2017 Dengan Metode Ps-Insar.
- Wowor, A. R. Y., Bagau, B., Untu, I., & Liwe, D. H. (2015). Kandungan Protein Kasar, Kalsium, Dan Fosfor Tepung Limbah Udang Sebagai Bahan Pakan Yang Diolah Dengan Asam Asetat (Ch 3 Cooh). In *Zootrek" Journal* (Vol. 35, Issue 1).
- Yuda Setiawan, G., Ikhwan Yani, M., & Hendri, O. (2021). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Penambahan Serabut Kelapa Pada Pengujian Kuat Geser Langsung. (*Direct Shear Test*)^o (Vol. 22, Issue 1).