



Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Terhadap Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Lunak Pesisir

***Dyah Pratiwi Kusumastuti^{1,2}, Yulita Arni Priastiwi^{1,3}, Anik Sarminingsih^{1,4}**

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

²Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Wilayah
Institut Teknologi PLN, Jakarta Barat

³Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

⁴Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

**)dyah.pratiwi@itpln.ac.id*

Received: 19 Februari 2025 Revised: 25 November 2025 Accepted: 26 Desember 2025

Abstract

As an archipelagic country, Indonesia has extensive coastal areas that are intensively developed for infrastructure. Kosambi District in Tangerang Regency is one of the rapidly growing coastal regions due to its proximity to Soekarno–Hatta International Airport. However, the area is predominantly underlain by soft marine clay soils with low bearing capacity and high compressibility, which pose challenges for infrastructure development. To improve soil stability, soil stabilization methods are required to enhance unconfined compressive strength and undrained shear strength. This study aims to analyze the effect of cockle shell powder addition on the unconfined compressive strength and undrained shear strength of soft marine clay. Laboratory tests were conducted on untreated soil and soil stabilized with 5%, 10%, 15%, and 20% cockle shell powder by dry weight of soil. The results indicate that the optimum performance was achieved at a 10% addition, resulting in a 24.86% increase in unconfined compressive strength compared to untreated soil. In addition to improving strength, the addition of cockle shell powder reduced water content and enhanced interparticle bonding, thereby improving soil stability. These findings demonstrate that cockle shell powder has strong potential as an effective stabilizing material for soft coastal clay soils.

Keywords: *Stabilization, soft marine clay, cockle shell powder, unconfined compression test*

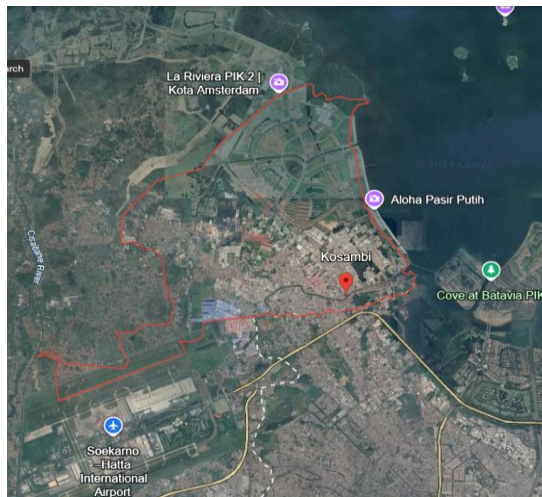
Abstrak

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki wilayah pesisir yang luas dan menjadi lokasi utama pengembangan infrastruktur. Kecamatan Kosambi, Kabupaten Tangerang, merupakan salah satu kawasan pesisir yang berkembang pesat karena kedekatannya dengan Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Namun demikian, wilayah ini didominasi oleh tanah lempung lunak pesisir yang memiliki daya dukung rendah dan kompresibilitas tinggi, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan pada konstruksi infrastruktur. Untuk meningkatkan kestabilan tanah tersebut, diperlukan upaya stabilisasi tanah guna memperbaiki parameter kuat tekan bebas dan kuat geser undrained. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk cangkang kerang darah terhadap perubahan nilai kuat tekan bebas dan kuat geser undrained tanah lempung lunak pesisir. Pengujian dilakukan pada tanah tanpa perlakuan dan tanah yang distabilisasi dengan variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat kering tanah. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang kerang darah sebesar 10% memberikan peningkatan kuat tekan bebas tertinggi, yaitu sebesar 24,86% dibandingkan tanah asli. Selain meningkatkan kekuatan tanah, bahan stabilisasi ini juga menurunkan kadar air dan memperkuat ikatan antarpartikel tanah, sehingga meningkatkan kestabilan tanah. Hasil ini menunjukkan bahwa serbuk cangkang kerang darah berpotensi sebagai bahan stabilisasi yang efektif untuk tanah lempung lunak pesisir.

Kata kunci: *Stabilisasi, lempung lunak pesisir, serbuk cangkang kerang darah, uji kuat tekan bebas*

Pendahuluan

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki garis pantai sepanjang 95.161 km (Arianto, 2020), sehingga 60% penduduk Indonesia bermukim di daerah pesisir (Fithri, 2019)(Palisu *et al.*, 2022) karena mata pencarian sebagai nelayan maupun tempat hunian/pemukimam yang lebih terjangkau serta keterbatasan lahan di daerah pusat kota. Kecamatan Kosambi di Kabupaten Tangerang Provinsi Banten merupakan salah satu kawasan pesisir yang sangat strategis sehingga akan mengalami percepatan pembangunan karena kedekatan wilayahnya dengan Bandara Internasional Soekarno Hatta serta pengembangan kawasan permukiman baru sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



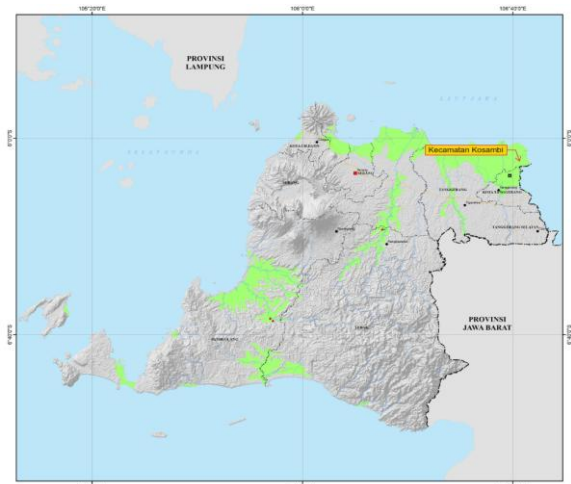
**Gambar 1. Kecamatan Kosambi
Kabupaten Tangerang**

Sumber: Google Earth diakses pada 7/11/2024

Untuk menunjang proses pengembangan wilayah di Kecamatan Kosambi, maka diperlukan pembangunan infrastruktur seperti jalan dan jembatan yang memadai. Namun daratan di Kecamatan Kosambi yang memiliki luas 29.452 km² dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa ini didominasi tanah lempung lunak. Hal tersebut didukung peta sebaran tanah lempung lunak milik Kementerian ESDM pada Gambar 2. Tanah lempung lunak pesisir dapat ditemukan di daerah pesisir, daerah lepas pantai maupun daerah lainnya di muka bumi (Mohammed Al-Bared & Marto, 2017). Tanah lempung lunak pesisir sering dianggap sebagai tanah yang bermasalah karena kekuatannya yang rendah sehingga pada kondisi alaminya tidak cocok digunakan pada kegiatan konstruksi (Saisubramanian *et al.*, 2019). Kandungan mineral dalam tanah lempung pesisir diantaranya adalah montmorillonite, kaolinite dan illite-smectite (Ren *et al.*, 2024).

Tanah lempung pesisir memiliki karakteristik kadar air yang tinggi (Indraratna & Balasubramaniam, 1993; Pan *et al.*, 2022; Wichtmann *et al.*, 2013), plastisitas dan sensitivitas tinggi, kemampumampatan yang tinggi (Al-Bared *et al.*, 2018; Preetham & Nayak, 2019; Rejin Raj *et al.*, 2023; Lei *et al.*, 2023), permeabilitas yang rendah (Mnideep & Appanna, 2019; Pakir *et al.*, 2024; Z. A. Rahman *et al.*, 2013) dan kekuatan atau daya dukung yang rendah (Jamaludin *et al.*, 2019; Pakir *et al.*, 2015; Zainuddin *et al.*, 2019). Karakteristik yang dimiliki tanah lempung lunak pesisir tersebut yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan fondasi maupun infrastruktur di atasnya (Chong & Kassim, 2015) seperti retakan pada badan jalan, perkerasan yang bergelombang, dan amblasan akibat penurunan (Bhakti & Wulandari, 2023; Indraratna *et al.*, 2013; Rochmawati *et al.*, 2022)

Untuk mengurangi ataupun mencegah terjadi kerusakan infrastruktur yang dibangun di atas lapisan tanah lempung lunak pesisir, maka tanah lempung lunak harus diolah dan diperbaiki karakteristiknya (Kusumastuti *et al.*, 2022; Mohammed Al-Bared & Marto, 2017). Metode untuk memperbaiki tanah lempung lunak yang banyak dikaji dalam berbagai penelitian adalah teknik stabilisasi tanah, yaitu teknik atau proses pencampuran tanah asli dengan tanah atau material tambahan lain pada proporsi atau penambahan yang berbeda sehingga karakteristik tanahnya mengalami perbaikan (Saisubramanian *et al.*, 2019). Stabilisasi tanah juga dapat didefinisikan sebagai penggabungan metode yang tujuannya untuk meningkatkan karakteristik kimia, fisik, dan mekanik agar kekuatan, daya dukung maupun stabilitasnya terpenuhi (Archibong *et al.*, 2020; Shinde *et al.*, 2024).



Sumber: (Wardoyo et al., 2019)

**Gambar 2. Peta sebaran tanah lempung lunak
yang ditandai dengan warna hijau**

Semen dan kapur merupakan bahan stabilisasi yang umum digunakan pada pekerjaan perkerasan jalan (Afrin, 2017), karena kandungan kalsium yang terdapat pada material tersebut dibutuhkan dalam reaksi *pozzolanic* (Asgari *et al.*, 2015; Firoozi *et al.*, 2017). Namun industri semen merupakan salah satu yang menghasilkan emisi karbon dioksida yang berkontribusi terhadap perubahan iklim (Marques *et al.*, 2024; Won, 2024). Selain itu pada stabilisasi tanah, kapur yang berfungsi sebagai pengikat semen ketika beraksi dengan air dalam tanah dapat menyebabkan emisi CO₂ (Nujid *et al.*, 2020). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengurangi penggunaan semen diantaranya adalah penggunaan *fly ash* (Turan *et al.*, 2022), abu ampas tebu (Adnan *et al.*, 2023), limbah cangkang telur (Sathiparan, 2021), limbah cangkang kerang (Carlos *et al.*, 2025), dan material lainnya yang memiliki kandungan kalsium.

Limbah cangkang kerang yang diolah menjadi serbuk memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) lebih dari 90% (Petti *et al.*, 2024a; Tayeh *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2019) sehingga dapat berfungsi sebagai pengisi ruang pori, pengikat hidrolis (*binder*) dan meningkatkan karakteristik geomekanika dan geokimia pada tanah yang distabilisasikan (Petti *et al.*, 2024b; Torres-Quiroz *et al.*, 2021). Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung lunak menggunakan serbuk cangkang kerang telah banyak dilakukan, khususnya pada tanah lempung pesisir di Malaysia dan beberapa wilayah pesisir lainnya. Nujid *et al.* (2019), dan Nujid *et al.* (2020) menyatakan bahwa serbuk cangkang kerang yang ditambahkan pada tanah lempung pesisir berpengaruh terhadap penurunan nilai indeks plastisitas serta peningkatan nilai CBR. Rahman *et al.*, (2023) menyatakan dengan penambahan 10% serbuk cangkang kerang maka kuat tekan bebas tanah lempung pesisir akan mengalami peningkatan sampai 157% dibandingkan tanah lempung pesisir asli. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada tanah lempung pesisir dengan karakteristik mineralogi dan lingkungan yang berbeda, serta tidak secara spesifik meninjau tanah lempung pesisir di Indonesia yang memiliki sejarah pembentukan tanah yang khas.

Berdasar pada uraian di atas, pada penelitian ini akan mengkaji perubahan karakteristik mekanik yang didapatkan dari pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength*) pada tanah lempung lunak pesisir di Indonesia, tepatnya tanah lempung pesisir di Kecamatan Kosambi, Kabupaten Tangerang menggunakan serbuk cangkang kerang darah. Perubahan karakteristik tanah ditinjau dari kondisi tanah lempung lunak pesisir asli (tanpa perlakuan) dan tanah yang telah dilakukan

stabilisasi dengan material stabilisator serbuk cangkang kerang darah. Karakteristik tanah lempung lunak pesisir yang didapatkan dari pengujian kuat tekan bebas merupakan karakteristik mekanik yang terdiri dari nilai kuat tekan (q_u) dan kuat geser *undrained* (s_u), selain itu dari penelitian ini akan ditentukan kadar optimum penambahan serbuk cangkang kerang darah yang relevan untuk diaplikasikan di wilayah pesisir Indonesia.

Metode

Contoh tanah yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari wilayah Kecamatan Kosambi, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten atau tepatnya pada Proyek Gardu Induk Teluk Naga II (Gambar 3). Tanah lempung lunak pesisir yang digunakan merupakan tanah terganggu yang dimasukkan dalam *trash bag*. Contoh tanah yang telah diambil kemudian dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah FTIK ITPLN untuk kemudian disimpan dalam wadah drum yang tertutup untuk mencegah berkurangnya kadar air alami yang berlebihan.



Sumber: Google Earth diakses pada 7/11/2024

Gambar 3. Lokasi Pengambilan Contoh Tanah

Selain contoh tanah, serbuk cangkang kerang darah juga merupakan material utama yang digunakan pada penelitian ini. Serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan stabilisator yang merupakan bahan tambah sebagai stabilizer tanah. Serbuk cangkang kerang darah yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari limbah yang dihasilkan industri rumah tangga perebusan kerang disekitar Kabupaten Tangerang, tepatnya di Desa Ketapang Kecamatan Mauk yaitu limbah cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*). Sebelum dicampurkan dengan contoh tanah, limbah cangkang kerang darah dicuci bersih dan dipastikan tidak terdapat sisa daging kerang yang menempel. Limbah cangkang kerang darah yang telah dicuci, kemudian dijemur dan selama 24 jam dan dipastikan cangkang kerang sudah dalam kondisi kering. Cangkang kerang darah yang telah kering, selanjutnya dihancurkan dengan menggunakan mesin *los*

angeles sampai ukuran cangkang kerang lebih kecil atau sebagian menjadi serbuk. Cangkang kerang darah yang masih belum menjadi serbuk, dihaluskan dengan menggunakan blender.

Cangkang kerang darah yang telah menjadi serbuk selanjutnya dicampur dengan tanah lempung lunak pesisir. Sebelum dilakukan pencampuran, contoh tanah yang telah diambil sebelumnya dikeringkan terlebih dulu dengan menggunakan oven selama 16-24 jam. Hal tersebut bertujuan agar proses pencampuran serbuk cangkang kerang darah dengan contoh tanah lempung lunak pesisir dapat dilakukan dengan mudah. Serbuk cangkang kerang darah yang akan digunakan sebagai bahan stabilisator, terlebih dahulu harus melalui proses pengayaan dengan menggunakan saringan No. 200 atau berdiameter $< 0,0075$ mm, hal ini dimaksudkan agar serbuk cangkang kerang darah memiliki karakteristik fisik yang menyerupai semen. Variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah dimulai 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat kering contoh tanah lempung lunak pesisir yang disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 4

Tabel 1. Campuran tanah dan serbuk cangkang kerang darah

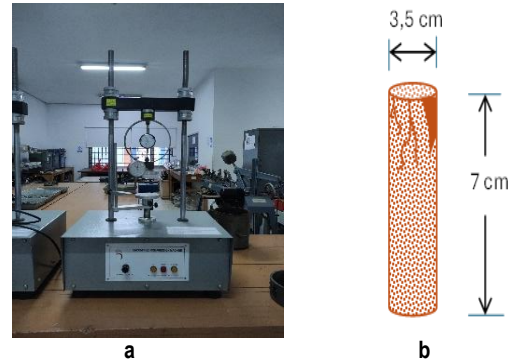
No.	Tanah (gr)	Serbuk cangkang kerang, (SCK) (gr)	Keterangan
1	500	0	VR0
2	500	25	VR1
3	500	50	VR2
4	500	75	VR3
5	500	100	VR4



Gambar 4. Contoh tanah yang telah dicampur serbuk cangkang kerang darah di simpan dalam plastik (a), Ilustrasi spesimen uji kuat tekan bebas (b)

Contoh tanah lempung lunak pesisir yang telah dicampur dengan serbuk cangkang kerang darah, sesuai dengan variasi penambahannya dan disimpan dalam kantong yang terpisah seperti tersaji pada Gambar 5a. Selanjutnya, tanah lempung lunak pesisir inisial maupun yang mendapat perlakuan dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah dibentuk kembali (*remoulded*) menjadi spesimen uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 3,5

cm dan tinggi 7 cm untuk pengujian kuat tekan bebas seperti yang terlihat pada Gambar 5b. Spesimen uji yang dibuat untuk setiap pengujian variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah sebanyak 3 spesimen uji, sehingga nilai hasil pengujian yang digunakan merupakan nilai rata-rata dari ketiga spesimen uji tersebut.



Gambar 5. Ilustrasi spesimen uji setelah pengujian (b)

Pengujian kuat tekan bebas yang dilakukan mengacu pada Standar Nasional Indonesia 3638:2012 tentang metode uji kuat tekan bebas tanah kohesif (SNI 3638, 2012). Pengujian ini menentukan kekuatan tekan silinder tanah tanpa penerapan beban lateral, dan menentukan kohesi (s_u) pada tanah berbutir halus. Selain itu pada pengujian kuat tekan bebas ini akan didapatkan nilai tegangan dan regangan secara seragam pada spesimen uji dan akan terjadi retakan pada bagian terlemah spesimen uji (Mousavi *et al.*, 2021).

Pengujian kuat tekan bebas menggunakan alat standar, seperti pada Gambar 6a, dengan penerapan tegangan yang diberikan kepada spesimen uji sampai mengalami keruntuhan ataupun retak-retak seperti yang terlihat pada Gambar 6b. Hasil pembacaan dari pengujian kuat tekan bebas adalah perubahan spesimen uji (*specimen deformation, ΔH*) dan *proving ring dial reading*.



Gambar 6. Pengujian kuat tekan bebas pada spesimen uji sampai dengan runtuh

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas (q_u) dan kuat geser *undrained* (s_u), maka hasil pembacaan pengujian kuat tekan bebas diolah sebagai berikut:

Menghitung regangan aksial (*vertical strain*, ε) dengan Persamaan 1, dan beban aksial (P), dengan Persamaan 2,

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_0} (\%) \dots\dots\dots (1)$$

$$P = \text{Proving ring dial reading} \times \text{faktor kalibras} \dots\dots (2)$$

dimana ΔH adalah perubahan tinggi spesimen uji sesuai pembacaan *dial gauge* deformasi (mm) dan H_0 adalah tinggi awal spesimen uji (mm)

Luas penampang spesimen uji terkoreksi dihitung dengan Persamaan 3 dimana A_0 adalah luas penampang awal spesimen uji. Tegangan (σ) dihitung dengan Persaman 4.

$$A_c = \frac{A_0}{1-\varepsilon} \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma = \frac{P}{A_c} (kN/m^2) \dots\dots\dots (4)$$

$$s_u = \frac{q_u}{2} (kN/m^2) \dots\dots\dots (5)$$

Setelah seluruh nilai olahan hasil pengujian ditabulasi, dibuatlah grafik dari hubungan antara tegangan (σ) dengan regangan aksial (ε). Tentukan nilai tegangan puncak dari grafik, nilai tegangan puncak tersebut merupakan nilai kuat tekan bebas dari spesimen uji (q_u), sedangkan nilai kuat geser *undrained* (s_u) spesimen uji ditentukan dengan Persamaan 5

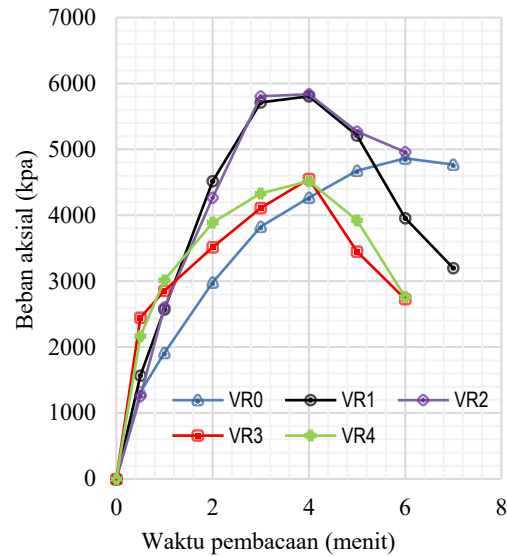
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian kuat tekan bebas

Setelah seluruh spesimen uji selesai dibuat, baik spesimen uji tanpa penambahan serbuk cangkang kerang darah (VR0), maupun spesimen uji dengan variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah (VR1, VR2, VR3, dan VR4) dilanjutkan dengan pengujian kuat tekan bebas. Nilai yang dicatat pada saat pengujian merupakan nilai beban yang diterapkan sampai dengan spesimen uji mengalami keruntuhan, dan kemudian nilai tersebut dianalisis.

Untuk menjamin hasil atau nilai yang konsisten, penelitian melakukan pengujian pada 3 spesimen uji dari setiap variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah. Nilai rata-rata pengujian yang diperoleh dari setiap variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah digunakan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan bebas (q_u) dan nilai kuat geser *undrained* (s_u). Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas yang disajikan pada Gambar 7 terlihat semakin lama

waktu pengujian maka beban yang diterapkan akan mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan spesimen uji akan mengalami keruntuhan.



Gambar 7. Nilai beban yang diterapkan sampai saat runtuh

Beban maksimal yang diterapkan pada spesimen uji VR0 terdapat pada pengujian di 6 menit, sedangkan pada spesimen uji dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah (VR1-VR4), beban maksimal didapatkan pada waktu 3-4 menit pengujian. Beban terbesar yang diterapkan terdapat pada spesimen uji dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah 5% (VR1) dan 10% (VR2), yaitu 5805,537 kPa dan 5836,918 kPa.

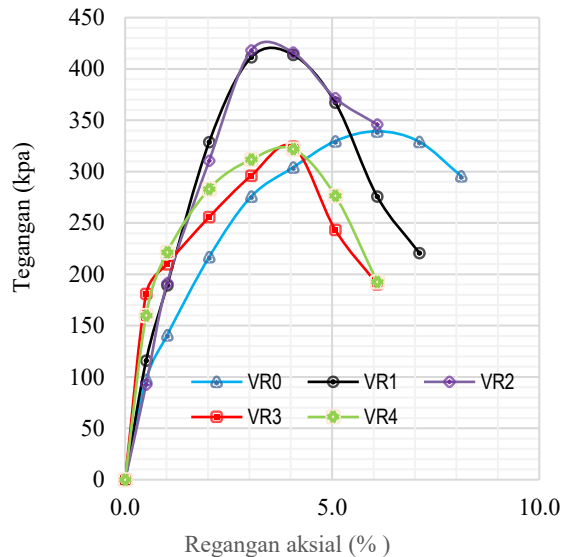
Pengaruh penambahan serbuk cangkang kerang darah terhadap nilai kuat tekan bebas

Nilai beban dari pengujian kuat tekan bebas, selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (1) didapatkan nilai kuat tekan bebas (q_u). Nilai kuat tekan bebas pada setiap pengujian spesimen uji dengan berbagai kondisi disajikan pada Gambar 8.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan bahwa nilai tegangan tanah lempung lunak pesisir dipengaruhi dengan adanya penambahan serbuk cangkang kerang darah. Pada kondisi regangan aksial mulai 1-4%, nilai tegangan spesimen uji dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah (VR1-VR4) lebih besar daripada tegangan pada spesimen uji normal (VR0).

Pada Gambar 8 terlihat bahwa pada spesimen uji dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah didapatkan nilai tegangan terbesar terdapat pada spesimen uji dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah 10% (VR2), hal ini selaras dengan hasil pengujian (M. H. K. Rahman *et al.*, 2023).

Sedangkan nilai tegangan terkecil terdapat pada spesimen uji dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah 15% (VR3). Namun nilai tegangan dari kedua variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai tegangan pada spesimen uji normal (VR0).



Gambar 8. Kurva hubungan tegangan regangan dengan variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah

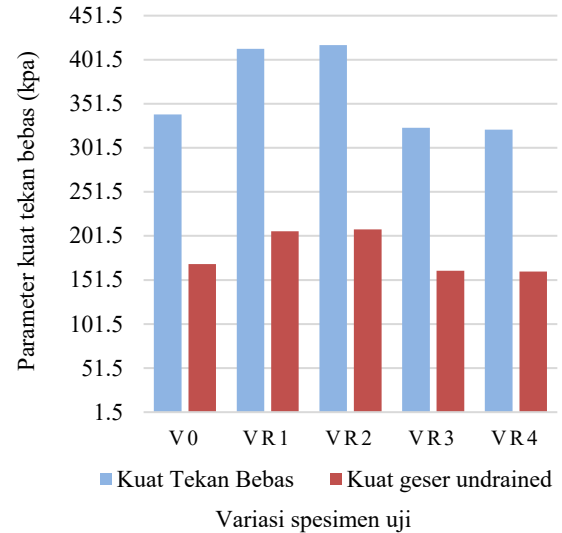
Berdasarkan kurva hubungan tegangan dan regangan pada Gambar 8, dapat ditentukan nilai kuat tekan bebasnya. Nilai kuat tekan bebas dari setiap spesimen uji ditetapkan berdasarkan titik puncak pada setiap kurva hubungan antara tegangan dan regangan (Gambar 8). Setelah menentukan nilai kuat tekan bebas, maka nilai kuat geser kondisi *undrained* (s_u) dihitung dengan menggunakan Persamaan (5). Nilai kuat tekan bebas dan kuat geser pada setiap variasi spesimen uji disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 9.

Tabel 2. Parameter kuat tekan bebas dan kuat geser dengan variasi penambahan serbuk cangkang kerang darah

Spesimen uji	Kuat tekan bebas, q_u (kPa)	Kuat geser <i>undrained</i> , s_u (kPa)
VR0	339,308	169,654
VR1	413,731	206,865
VR2	418,105	209,053
VR3	324,275	162,138
VR4	322,039	161,019

Pada Tabel 2 dan Gambar 9 terlihat bahwa nilai kuat tekan bebas terbesar yaitu 418,105 kPa yang terdapat pada spesimen uji VR2 dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah 10% atau mengalami peningkatan nilai kuat tekan bebas

sebesar 24,86% dari kuat tekan bebas pada spesimen uji normal (VR0), sedangkan nilai kuat tekan bebas terkecil yaitu 322,039 kPa pada spesimen uji VR4 dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah 20% atau mengalami penurunan sebesar 5,20% dari spesimen uji normal (VR0).



Gambar 9. Kuat tekan bebas tanah lempung lunak pesisir dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah

Menurut Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil (Departemen Pekerjaan Umum, n.d.), bahwa nilai kuat tekan bebas optimum yang didapatkan dari penelitian sebesar $418,105 \text{ kPa} \leq 1 \text{ MPa}$ termasuk dalam kategori derajat pengikatan nilai stabilisasi rendah. Namun berdasarkan Federal Highway Administration (Christopher *et al.*, 2006), tanah lempung yang distabilisasi dengan bahan pengikat kapur sekurang-kurangnya memiliki nilai kuat tekan bebas sebesar $0,34 \text{ MPa} \leq 418,105 \text{ kPa}$ ($0,418 \text{ MPa}$).

Pengaruh serbuk cangkang kerang darah pada tanah lempung lunak, diakibatkan karena cangkang kerang yang mengandung 66,70% kalsium oksida (CaO), dimana CaO merupakan senyawa kimia yang bersifat pozzolan sehingga dapat digunakan sebagai pengganti semen (Hastuty & Rahman, 2021). Selain itu dengan penambahan serbuk cangkang kerang sampai dengan batas tertentu dapat mengurangi kadar air, dimana CaO dan mineral lempung bereaksi dan membentuk gel yang kuat dan keras yang mengikat antar butiran tanah sehingga tanah lempung lunak menjadi kering keras (Sudjianto *et al.*, 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, dapat ditarik kesimpulan, bahwa dengan penggunaan

serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan stabilisasi memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan karakteristik mekanik tanah lempung lunak pesisir. Hasil pengujian kuat tekan bebas menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan bebas dan kuat geser *undrained* seiring dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah.

Peningkatan nilai kuat tekan bebas dan kuat geser *undrained* tertinggi diperoleh pada penambahan 10% serbuk cangkang kerang darah. Nilai kuat tekan bebas dan kuat geser *undrained* tertinggi yaitu 418,105 kPa dan 209,053 kPa yang terdapat pada penambahan 10% serbuk cangkang kerang darah (VR2) atau mengalami peningkatan sebesar 24,86% dibandingkan pada tanah lempung pesisir asli (VR0). Namun dengan seiring penambahan serbuk cangkang kerang darah, nilai kuat tekan bebas dan nilai kuat geser *undrained* mengalami penurunan, sehingga penambahan serbuk cangkang kerang darah yang direkomendasikan untuk ditambahkan pada tanah lempung lunak dari pesisir yaitu sebesar 10% dari berat kering tanahnya.

Untuk meningkatkan kenyamanan dan kebersihan lingkungan di daerah pesisir yang memiliki industri perumahan perebusan kerang, maka perlu dibangun tempat penampungan khusus limbah cangkang kerang agar lebih memudahkan dalam proses pengolahannya. Selain hal tersebut, perlu adanya penyuluhan kepada masyarakat pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PkM) sekitar mengenai manfaat limbah cangkang kerang pada pembangunan infrastruktur.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro atas dukungannya dalam penyusunan jurnal ini, serta kepada Institut Teknologi PLN atas kontribusinya dalam program Keinsinyuran ini.

Daftar Pustaka

Adnan, M., Kumar, S., Garg, N., Kumar, K., & Kumar, S. (2023). *Materials Today: Proceedings Soil stabilization using waste “ Bagasse ash and lime ”: A review. xxx.* <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.018>

Afrin, H. (2017). A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques. *International Journal of Transportation Engineering and Technology*, 3(2), 19. <https://doi.org/10.11648/j.ijtet.20170302.12>

Al-Bared, M. A. M., Marto, A., & Latifi, N. (2018).

Utilization of Recycled Tiles and Tyres in Stabilization of Soils and Production of Construction Materials—A State-of-the-Art Review. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(10), 3860–3874. <https://doi.org/10.1007/s12205-018-1532-2>

Archibong, G. A., Sunday, E. U., Okeke, J. C., & Amadi, O. C. (2020). a Review of the Principles and Methods of Soil Stabilization. *International Journal of Advanced Academic Research | Sciences*, 6(3), 2488–9849.

Arianto, M. F. (2020). Potensi Wilayah Pesisir di Negara Indonesia. *Jurnal Geografi*, 20(20), 1–7.

Asgari, M. R., Dezfuli, A. B., & Bayat, M. (2015). *Experimental study on stabilization of a low plasticity clayey soil with cement / lime.* 1439–1452. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1173-1>

Bhakti, B. M., & Wulandari, S. (2023). Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca pada Stabilisasi Tanah Lempung Lunak di Daerah Kabupaten Karawang. *Rekayasa Sipil*, 17(1), 94–100. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.01.13>

Carlos, L., López, S., Carlos, J., Ramos, L., Nuñez, Y. E., Rosa, D., Bruschi, G. J., Jesús, J. De, & Baldovino, A. (2025). *Stabilization of Clay Soils Using a Lime Derived from Seashell.* 1–23.

Chong, S. Y., & Kassim, K. A. (2015). Effect of lime on compaction, strength and consolidation characteristics of Pontian marine clay. *Jurnal Teknologi*, 72(3), 41–47. <https://doi.org/10.11113/jt.v72.4011>

Christopher, B. R., Charles Schwartz, P. E., & Boudreau, R. (2006). *FHWA NHI-05-037: Geotechnical Aspects of Pavements* (Issue May).

Departemen Pekerjaan Umum. (n.d.). *Pedoman Bahan Konstruksi bangunan dan Rekayasa Sipil: Perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan.*

Firoozi, A. A., Guney Olgun, C., Firoozi, A. A., & Baghini, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>

Fithri, C. A. (2019). Kajian Pertumbuhan Peremukman Nelayan Desa Blang Geulumpang Kabupaten Aceh Timur (Studi Kasus: Dusun Pantai Desa Blang Geulumpang). *Jurnal Arsitekno*, 2(2), 9. <https://doi.org/10.29103/arj.v2i2.1223>

Hastuty, I. P., & Rahman, A. (2021). Effect of using

- clamshell ash as stabilization material for clay. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1122(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1122/1/012018>
- Indraratna, B., & Balasubramaniam, A. S. (1993). Performance of test embankment constructed to failure on soft marine clay. *Journal of Geotechnical Engineering*, 119(8), 1326–1329. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1993\)119:8\(1326\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1993)119:8(1326))
- Indraratna, B., Rujikiatkamjorn, C., & Balasubramaniam, A. S. (2013). *Ground Improvement at the Port of Brisbane, Australia Using Vertical Drains and Vacuum Assisted Preloading*. February, 539–549. <https://doi.org/10.1061/9780784412770.036>
- Jamaludin, N., Mohd Yunus, N. Z., Jusoh, S. N., Pakir, F., Ayub, A., Zainuddin, N. E., Hezmi, M. A., & Mashros, N. (2019). Potential and future: Utilization of waste material on strength characteristics of marine clay. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 527(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/527/1/012003>
- Kusumastuti, D. P., Sepriyanna, I., & Nur Chairat, A. S. (2022). Pengaruh penambahan serbuk arang cangkang sawit terhadap kuat geser langsung pada tanah lempung. *Konstruksia*, 14(1), 33–39. <https://doi.org/10.24853/jk.14.1.33-39>
- Lei, H., Wang, L., Zhang, W., Jiang, M., Bo, Y., Song, W., & Cao, Q. (2023). Geotechnical properties of the South China Sea soft soil: a comparative study with the soils from Bohai Sea and Yellow Sea. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 82(5). <https://doi.org/10.1007/s10064-023-03178-4>
- Marques, L., Vieira, M., Condeço, J., Henriques, C., & Mateus, M. (2024). *Mini-Review on Recent Developments and Improvements in CO2 Catalytic Conversion to Methanol: Prospects for the Cement Plant Industry*. www.preprints.org
- Mnideep, M., & Appanna, D. (2019). *A Comparative Study on Strength Characteristics of Marine Clay Treated With Rice Husk Ash and Lime*. 21(4), 1–11. <https://doi.org/10.9790/0661-2104030111>
- Mohammed Al-Bared, M. A., & Marto, A. (2017). A review on the geotechnical and engineering characteristics of marine clay and the modern methods of improvements. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 13(4), 825–831. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v13n4.921>
- Mousavi, F., Abdi, E., Ghalandarayeshi, S., & Page-dumroese, D. S. (2021). Modeling unconfined compressive strength of fine-grained soils: Application of pocket penetrometer for predicting soil strength. *Catena*, 196(March 2020), 104890. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104890>
- Nujid, M. M., Idrus, J., Azam, N. A., Tholibon, D. A., & Jamaluddin, D. (2019). Correlation between california bearing ratio (CBR) with plasticity index of marine stabilizes soil with cockle shell powder. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012036>
- Nujid, M. M., Idrus, J., Tholibon, D. A., Bawadi, N. F., & Firoozi, A. A. (2020). Bearing Capacity of Soft Marine Soil Stabilization with Cockel Shell Powder CSP. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(3), 1490–1497. <https://doi.org/10.35940/ijeat.b3989.029320>
- Pakir, F., Hillary, E., Yunus, N. Z. M., Othman, B. A., Dan@azlan, M. F. M., Talib, M. K. A., & Hayati, K. (2024). Treatment of Marine Clay Strength Behavior by Demolished Tile Materials and Cement. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 124(1), 182–189. <https://doi.org/10.37934/aram.124.1.182189>
- Pakir, F., Marto, A., Yunus, N. Z. M., Tajudin, S. A. A., & Tan, C. S. (2015). Effect of sodium silicate as liquid based stabilizer on shear strength of marine clay. *Jurnal Teknologi*, 76(2), 45–50. <https://doi.org/10.11113/jt.v76.5432>
- Palisu, B. J., Fiqri, M. R., & Assidiq, F. M. (2022). Investigasi Bencana Abrasi Di Berbagai Wilayah Masyarakat Pesisir Di Indonesia. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 5(2), 157–161. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v5i2.24264>
- Pan, K., Yuan, Z. H., Zhao, C. F., Tong, J. H., & Yang, Z. X. (2022). Undrained shear and stiffness degradation of intact marine clay under monotonic and cyclic loading. *Engineering Geology*, 297(December 2021), 106502. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106502>
- Petti, R., Vitone, C., Marchi, M. I., Plötze, M., & Puzrin, A. (2024a). Use of shells for the mechanical stabilisation of sediments: A valuable geomechanical perspective? *Geotechnique*. <https://doi.org/10.1680/jgeot.22.00383>
- Petti, R., Vitone, C., Marchi, M. I., Plötze, M., & Puzrin, A. M. (2024b). On the use of seashells as green solution to mechanically stabilise dredged sediments. *E3S Web of Conferences*, 544. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454411007>
- Rahman, M. H. K., Md Nujid, M., Idrus, J.,

- Tholibon, D. A., & Bawadi, N. F. (2023). Unconfined compressive strength assessment of stabilized marine soil with cockle shell powder as sustainable material on subgrade pavement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1205(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1205/1/012057>
- Rahman, Z. A., Yaacob, W. Z. W., Rahim, S. A., Lihan, T., Idris, W. M. R., & Mohd Sani, W. N. F. (2013). Geotechnical characterisation of marine clay as potential liner material. *Sains Malaysiana*, 42(8), 1081–1089.
- Rejin Raj, P., Sreedharan, V., & Sridharan, A. (2023). On the Classification of Marine Clays: A Comparative Study. *Indian Geotechnical Journal*, 53(1), 196–207. <https://doi.org/10.1007/s40098-022-00654-8>
- Ren, J., Yin, Z., Chen, G., Lu, H., Xu, C., Zeng, S., Liu, Y., & Linga, P. (2024). Effect of marine clay minerals on the thermodynamics of CH₄ hydrate: Evidence for the inhibition effect with implications. *Chemical Engineering Journal*, 488(December 2023), 151148. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.151148>
- Rochmawati, R., Irianto, & Wulaningrum, C. A. (2022). Nilai Indeks Plastis Tanah Lempung Lunak yang Di Stabilisasi dengan Tailing PT Freeport Indonesia. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 6(1).
- Saisubramanian, R., Murugaiyan, V., & Sundararajan, T. (2019). Studies on Characteristics, Applications and Strength Improvement of Marine Clay: A Review. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 07(01), 93–106. <https://doi.org/10.4236/gep.2019.71008>
- Sathiparan, N. (2021). Utilization prospects of eggshell powder in sustainable construction material – A review. *Construction and Building Materials*, 293, 123465. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123465>
- Shinde, B., Sangale, A., Pranita, M., Sanagle, J., & Roham, C. (2024). Utilization of waste materials for soil stabilization: A comprehensive review. *Progress in Engineering Science*, 1(2–3), 100009. <https://doi.org/10.1016/j.pes.2024.100009>
- SNI 3638. (2012). *SNI 3638:2012 Standar Nasional Indonesia Metode uji kuat tekan-bebas tanah kohesif Badan Standardisasi Nasional " Copy SNI ini dibuat oleh BSN untuk. www.bsn.go.id*
- Sudjianto, A. T., Suraji, A., & Susilo, S. H. (2021). Analysis of Soil Characteristics on Expansive Clay Stabilization Using Shell Ash. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(6(114)), 58–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245533>
- Tayeh, B. A., Hasaniyah, M. W., Zeyad, A. M., Awad, M. M., Alaskar, A., Mohamed, A. M., & Alyousef, R. (2020). Durability and mechanical properties of seashell partially-replaced cement. *Journal of Building Engineering*, 31(October 2019), 101328. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101328>
- Torres-Quiroz, C., Dissanayake, J., & Park, J. (2021). Oyster shell powder, zeolite and red mud as binders for immobilising toxic metals in fine granular contaminated soils (From industrial zones in south korea). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052530>
- Turan, C., Javadi, A. A., Vinai, R., & Beig Zali, R. (2022). Geotechnical Characteristics of Fine-Grained Soils Stabilized with Fly Ash, a Review. *Sustainability (Switzerland)*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142416710>
- Wang, J., Liu, E., & Li, L. (2019). Characterization on the recycling of waste seashells with Portland cement towards sustainable cementitious materials. *Journal of Cleaner Production*, 220, 235–252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.122>
- Wardoyo, S., Destiasari, F., Wahyudin, Wiyono, Hasibuan, G., & Solli, W. P. (2019). *Atlas Sebaran Tanah Lunak Indonesia*.
- Wichtmann, T., Andersen, K. H., Sjørsen, M. A., & Berre, T. (2013). Cyclic tests on high-quality undisturbed block samples of soft marine Norwegian clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 50(4), 400–412. <https://doi.org/10.1139/cgj-2011-0390>
- Won, K. (2024). Green Cement: Comparative Assessment of Portland Cement Alternatives to Reduce Carbon Dioxide Emissions. *2024 IEEE Integrated STEM Education Conference, ISEC 2024*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ISEC61299.2024.10665010>
- Zainuddin, N., Mohd Yunus, N. Z., Al-Bared, M. A. M., Marto, A., Harahap, I. S. H., & Rashid, A. S. A. (2019). Measuring the engineering properties of marine clay treated with disposed granite waste. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 131, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.08.053>