

JURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

STUDI EKSPERIMENTAL PEMANFAATAN LIMBAH PARTIKEL EPS DAN SERBUK CANGKANG TELUR UNTUK KOMPOSIT TANAH YANG BERKELANJUTAN

Syifa Laila Maulida¹, Tiane Setya¹, Syahril^{1*}

^{1*)} Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
Email Penulis Korespondensi : syahril_polban@yahoo.com
Nomor HP Penulis Korespondensi : 08122340022

ABSTRACT

Soft clay soil has low bearing capacity and high compressibility, which can cause structural damage. On the other hand, Expanded Polystyrene (EPS) waste and eggshell waste are abundant and difficult to decompose, making them potential materials for sustainable soil stabilization. This study aims to improve the physical and mechanical properties of soft clay by adding EPS particles at 0.45% of the dry soil weight and eggshell powder at 4%, 8%, and 12%. Soil samples were obtained from Mekarmukti Village, West Bandung Regency, then cured for 0–28 days and tested through water content, specific gravity, standard compaction, unconfined compressive strength (UCS), and California Bearing Ratio (CBR) tests. The results showed that the mixture reduced water content, increased density, and improved soil strength. The optimum composition was achieved with soil + 0.45% EPS + 8% eggshell powder, where the unconfined compressive strength increased from 1.631 kg/cm² to 2.662 kg/cm², the unsoaked CBR increased from 2.201% to 4.659%, and the soaked CBR reached 1.458%. The mixture produced lighter, more stable, and easily compacted soil, and is recommended as an environmentally friendly stabilization material for lightweight embankments, bridge approaches, and construction on soft ground.

Keyword: Bearing capacity, Eggshell, EPS Particles, Soft Clay, Soil Stabilization.

1. PENDAHULUAN

Pada dasarnya di zaman ini banyak manusia yang menggunakan styrofoam sebagai bungkus suatu makanan sehingga menjadikannya sebagai salah satu limbah terbanyak dengan bahan yang sulit terurai [1]. Limbah plastik, terutama styrofoam (EPS), sulit terurai secara alami dan jumlahnya terus meningkat, dengan produksi mencapai 270.000–590.000 ton dengan proses dekomposisinya di dalam tanah dapat memakan waktu sekitar 500 sampai 1 juta tahun [2], limbah EPS memiliki sifat ringan dan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi beban tanah [10]. Di sisi lain, limbah cangkang telur sebagai limbah organik mencapai lebih dari 6 juta ton per tahun. Cangkang telur yang kaya akan kalsium (Ca) berpotensi meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak [11]. Untuk menghindari penumpukan limbah pada Styrofoam (EPS) dan cangkang telur, terdapat banyak pilihan untuk memanfaatkan kembali kedua limbah tersebut, salah satunya adalah sebagai material stabilisasi pada tanah lunak.

Tanah lunak yaitu tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar partikel-partikel yang sangat kecil seperti tanah lempung [3]. Tanah lempung lunak adalah salah satu jenis tanah yang sering menyebabkan masalah dalam berbagai proyek konstruksi karena daya dukungnya yang rendah [4]. Daya dukung tanah yang rendah ini sering sekali menyebabkan kegagalan pada konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun infrastruktur. Tindakan pencegahan kegagalan akibat daya dukung tanah yang rendah adalah dengan melakukan perbaikan tanah. Penelitian ini menggunakan metode perbaikan

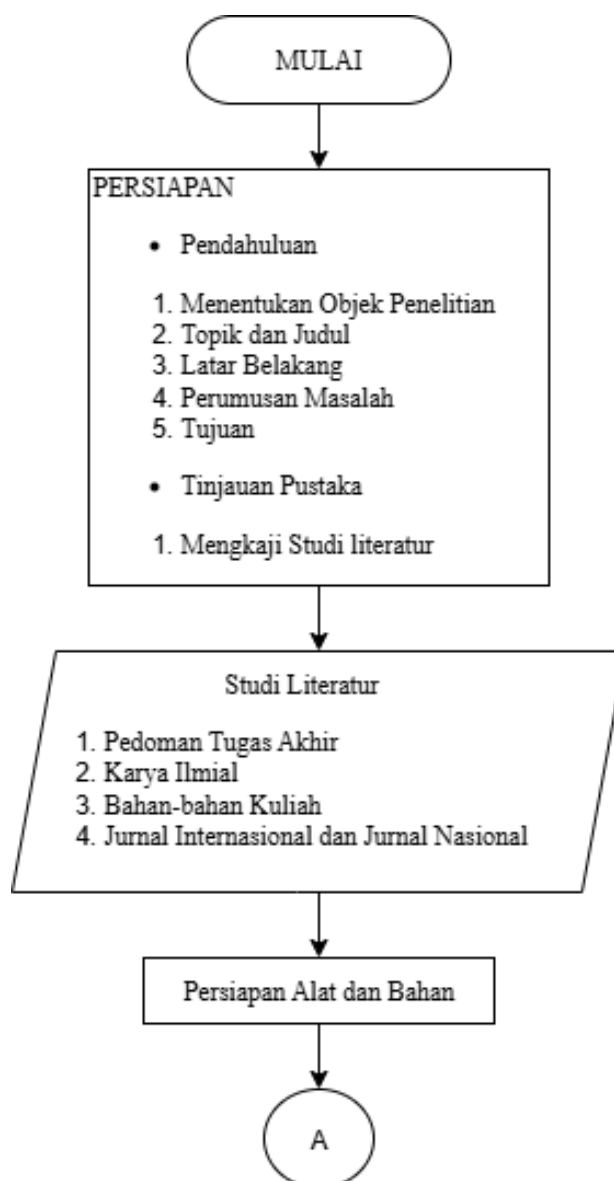
tanah stabilisasi kimiawi. Stabilisasi kimiawi adalah proses pencampuran tanah yang bermasalah dengan bahan tambahan untuk mencapai kualitas tanah yang baik. Penggunaan limbah EPS dan serbuk cangkang telur digunakan sebagai bahan stabilisasi pada penelitian ini.

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan stabilitas tanah yang ditinjau dari sifat fisik dan sifat mekaniknya dengan memanfaatkan material limbah EPS dan cangkang telur yang tidak terpakai melalui metode pengujian tanah di laboratorium.

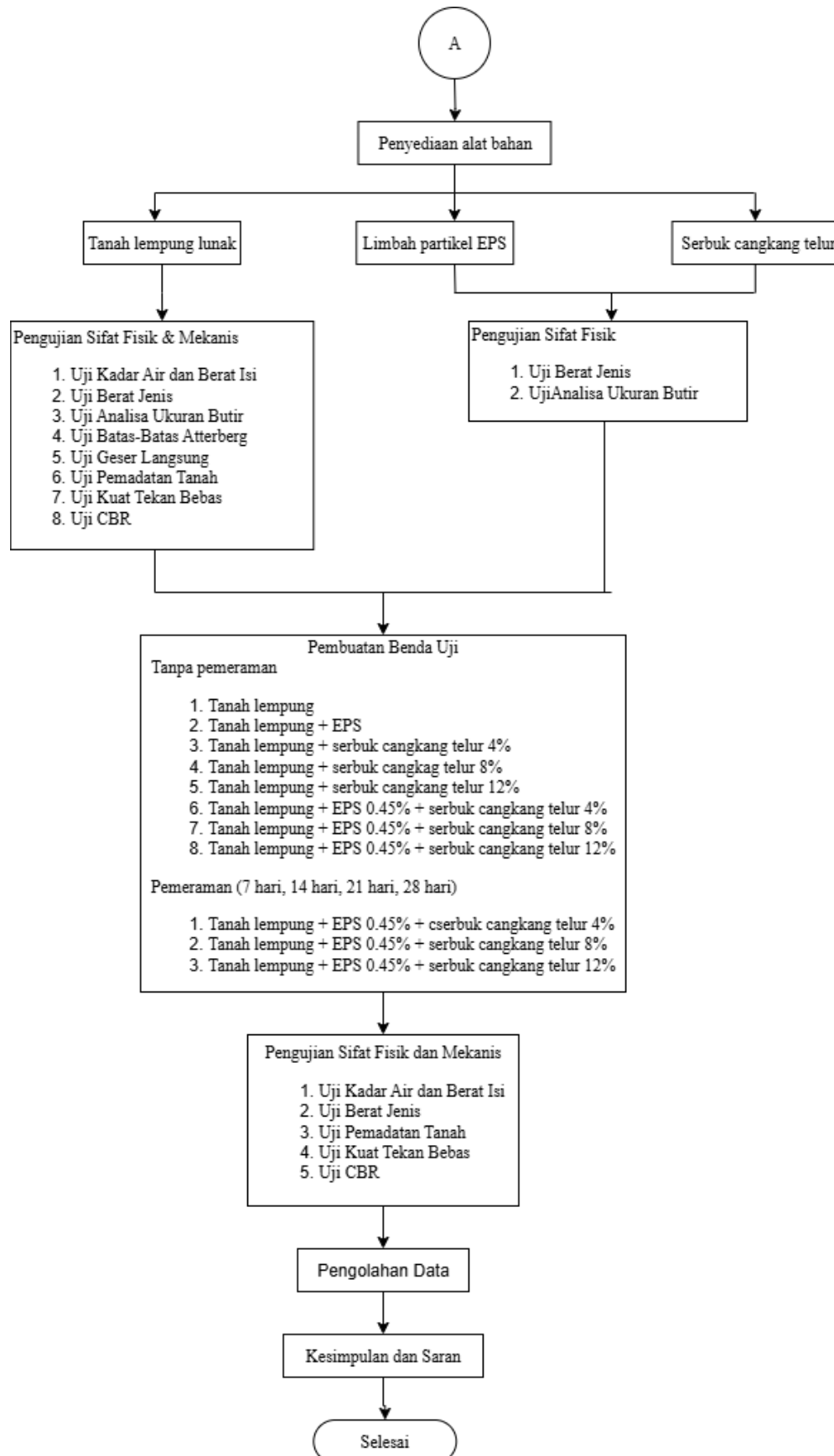
2. METODE

2.1. Bagan Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tahap pengumpulan sampel, pengolahan bahan limbah, pencampuran, pemeraman, dan pengujian laboratorium. Bagan Alir Penelitian ditampilkan pada Gambar 1 dan dilanjutkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian Lanjutan

Tanah diambil dari Desa Mekarmukti, Kabupaten Bandung Barat. Pengambilan sampel dilakukan dengan 2 cara yaitu pengambilan sampel terganggu dan tidak terganggu. Pengambilan sampel tanah lempung tidak terganggu dilakukan dengan cara membersihkan lokasi pengambilan, kemudian menekan tabung sampel ke dalam tanah lalu sampel tanah dikeluarkan dari dalam tanah, untuk sampel tanah yang terganggu dilakukan dengan cara memasukkan sampel tanah lempung ke dalam karung yang sudah disediakan. Sampel tanah yang sudah diambil kemudian dilakukan pengujian di laboratorium untuk menentukan sifat fisik dan sifat mekaniknya.

2.2. Komposisi dan Variasi Campuran

EPS yang digunakan sebesar 0,45% dari berat tanah kering, penelitian ini menggunakan EPS dengan ukuran partikel rata-rata 0,5 mm, dimana material EPS sendiri memiliki kerapatan berkisar 15-45 kg/cm³. Material campuran serbuk cangkang telur yang digunakan dalam campuran sebanyak 4%, 8%, dan 12% dari berat tanah kering, Serbuk cangkang telur yang digunakan adalah serbuk yang diolah dengan cara dicuci, dikeringkan, digiling kemudian disaring lolos ayakan no. 40.

Pembuatan sampel dilakukan dengan mencampurkan persentase campuran tersebut dengan tanah asli yang dicampurkan dengan air dengan persentase campuran yang sudah ditentukan. Pemeraman dilakukan selama 0, 7, 14, 21, dan 28 hari dalam kondisi tertutup dan kedap udara.

2.3. Pengujian Laboratorium

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sifat fisik berupa pengujian kadar air, berat isi tanah, berat jenis tanah. Serta pengujian sifat mekanik yang meliputi pengujian kompaksi standar, kuat tekan (UCS) dengan dimensi benda uji berdiameter 3.8 cm dan tinggi 7.6 cm, serta pengujian California Bearing Ratio (CBR) standar dengan maksimum tumbukan 56 kali dan direndam selama 4 hari untuk memperoleh nilai CBR *soaked*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari pengujian sifat fisik dan sifat mekanis tanah dengan penambahan limbah partikel EPS dan serbuk cangkang telur diuraikan sebagai berikut.

3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Asli

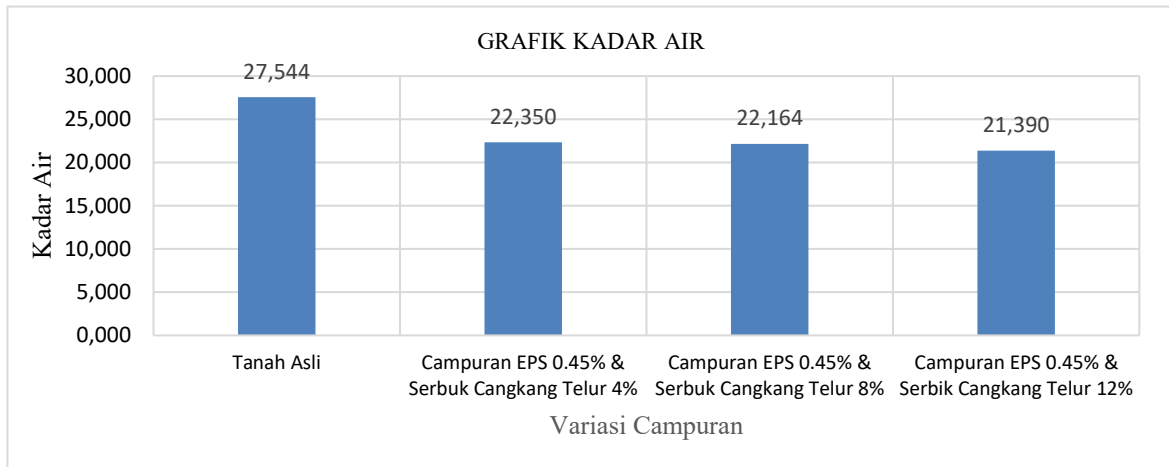
Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik tanah Asli

Parameter	Tanah Asli	Satuan
Kadar Air	27.54	%
Berat Isi	1.76	gr/cm ³
Berat Jenis	2.60	-
Berat Isi Kering	1.13	gr/cm ³
Kadar Air Optimum	25.84	%
Kuat Tekan Bebas (qu)	1.63	kg/cm ²
CBR Unsoaked	1.38	%
CBR Soaked	0.81	%

3.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah dengan Campuran

3.2.1 Pengujian Kadar Air

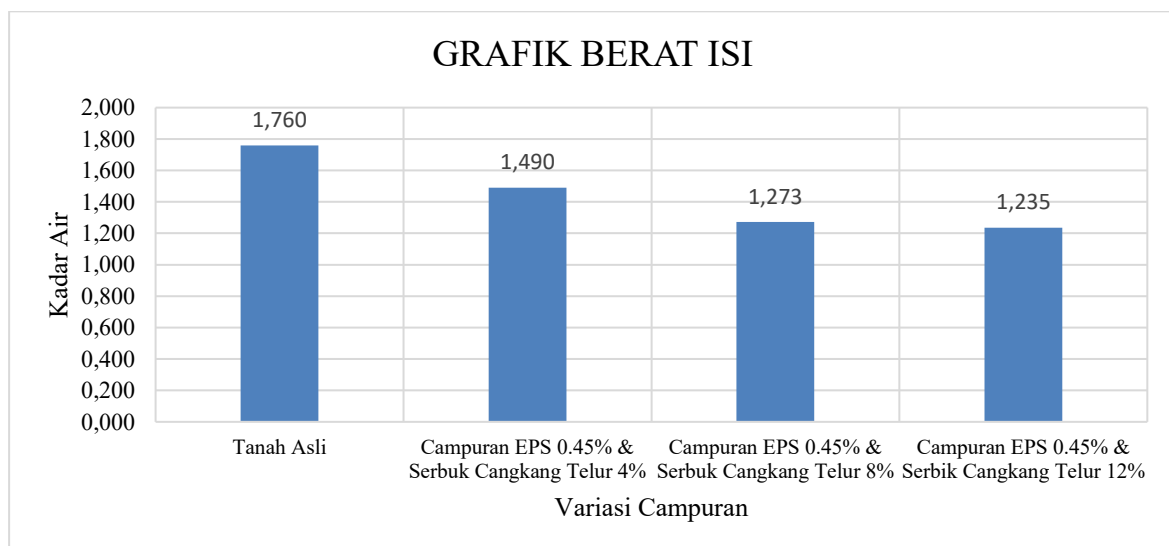
Hasil dari pengujian kadar air yang diperlihatkan pada Gambar 3, diketahui bahwa setelah tanah asli ditambahkan variasi EPS dan serbuk cangkang telur kadar air yang dimiliki tanah tersebut mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena pada serbuk cangkang telur terdapat kalsium karboonat yang berperan seperti kapur dan berfungsi menyerap air yang berlebih pada tanah lempung lunak. Oleh karena itu pada variasi tanah asli + EPS 0.45% + Serbuk Cangkang Telur 12% memiliki nilai yang paling kecil yaitu 21.390.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Pengujian Kadar Air Tanah Asli dengan Tanah Campuran EPS dan Serbuk Cangkang Telur

3.2.2 Pengujian Berat Isi

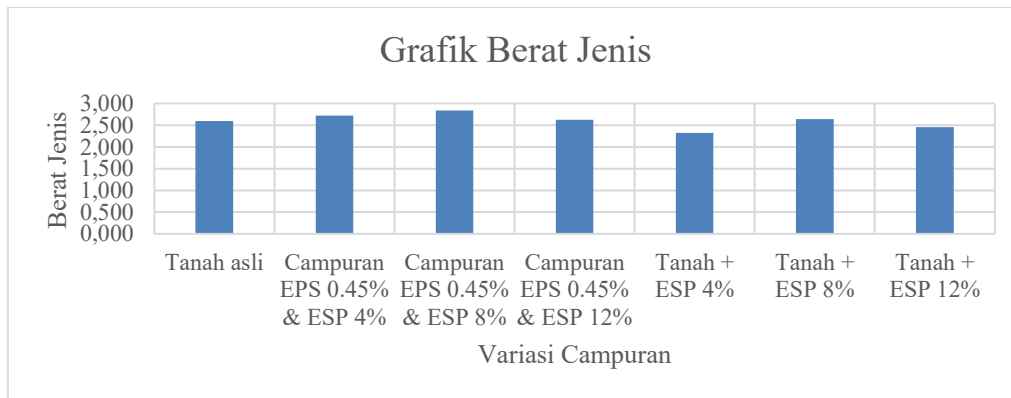
Dari hasil pengujian berat isi tanah yang ditampilkan pada Gambar 4, diperoleh hasil tertinggi berat isi pada variasi tanah asli + EPS 0.45% + serbuk cangkang telur 8% yaitu $1.837 \text{ gr/cm}^3 >$ tanah asli yaitu 1.760, dimana hal itu membuktikan bahwa kepadatan tanah meningkat setelah ditambahkan bahan tambah berupa partikel EPS dan serbuk cangkang telur.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Pengujian Kadar Air Tanah Asli dengan Tanah Campuran EPS dan Serbuk Cangkang Telur

3.2.3 Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis yang ditampilkan pada Gambar 5, diperoleh bahwa penambahan serbuk cangkang telur ke dalam tanah lempung lunak meningkatkan berat jenis tanah tersebut, dengan peningkatan tertinggi pada variasi tanah+cangkang telur 8%. Dan pada penambahan EPS 0.45% mengalami penurunan dimana nilai tertinggi ada pada variasi tanah+serbuk cangkang telur8%+EPS 0.45% yaitu 2.640 dimana hal itu sejalan dengan pernyataan bahwasannya EPS sebagai bahan aditif yang cenderung menurunkan kerapatan tanah.

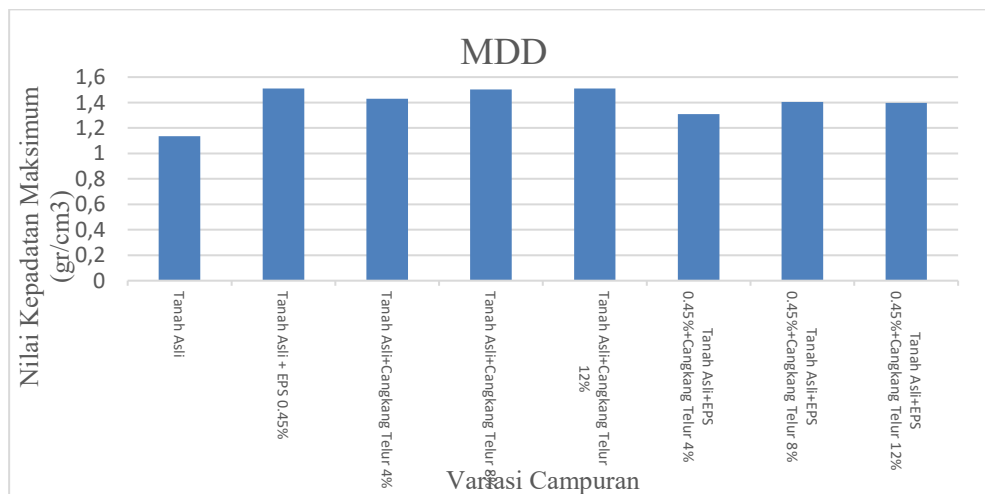


Gambar 5 Grafik Perbandingan Pengujian Kadar Air Tanah Asli dengan Tanah Campuran EPS dan Sebuk Cangkang Telur

3.2.4 Pengujian Pemadatan

Dari hasil pengujian pemadatan tanah yang ditampilkan pada Gambar 6 menunjukkan pada variasi tanah asli + EPS 0.45% + serbuk cangkang telur 8% memberikan peningkatan berat isi kering maksimum (MDD) yang paling tinggi yaitu 1.406 gr/cm³, hal itu menunjukkan bahwa bahan tambah memberikan efek positif terhadap kepadatan tanah. Pada kadar air optimum (OMC), terjadi sedikit fluktuasi, namun masih dalam rentang normal, dengan nilai tertinggi pada variasi tanah asli+EPS 0.45%+serbuk cangkang telur 12% yaitu 27.965%.

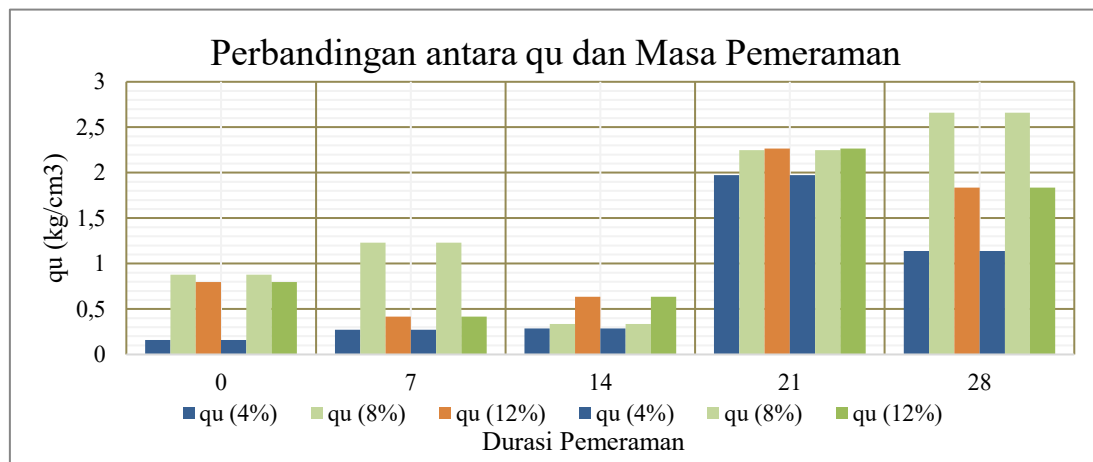
Dapat disimpulkan bahwa pada variasi tanah asli + EPS 0.45% + serbuk cangkang telur 8% memberikan hasil pemadatan paling efisien dan memiliki nilai komposisi terbaik dalam meningkatkan karakteristik pemadatan tanah lempung lunak.



Gambar 6 Grafik Perbandingan berat isi kering Tanah Campuran EPS dan Sebuk Cangkang Telur

3.2.5 Pengujian Kuat Tekan Bebas

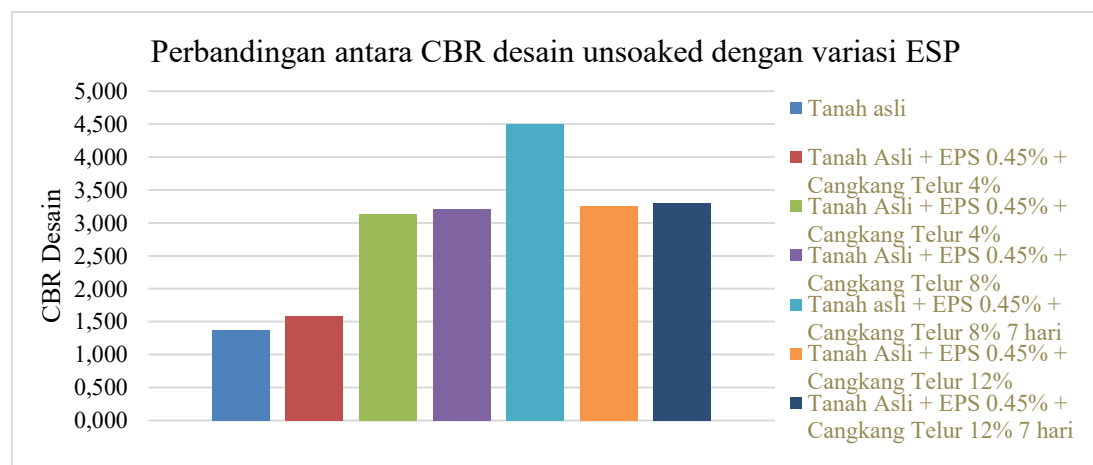
Dari hasil pengujian kuat tekan bebas yang diperlihatkan pada Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa tanah asli memiliki kuat tekan bebas yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah tidak asli, hal itu menunjukkan kekohesian dan kekuatan struktur alami yang lebih baik. Pada variasi campuran tanah asli+EPS 0.45%+ serbuk cangkang telur 8% menunjukkan adanya peningkatan kekuatan seiring waktu pemeraman, yang mana nilai kuat tekan tertinggi sebesar 2.662 kg/cm² pada pemeraman 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi campuran tersebut efektif meningkatkan kekuatan tanah lempung lunak dan dapat digunakan sebagai metode stabilisasi alternatif yang ramah lingkungan.



Gambar 7 Grafik Perbandingan antara qu dengan Masa Pemeraman

3.2.6 Pengujian CBR

Dari hasil pengujian CBR yang ditampilkan pada Gambar 8, didapat bahwa penambahan limbah partikel EPS 0.45% dan serbuk cangkang telur mampu meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak secara signifikan. Nilai CBR unsoaked tertinggi diperoleh pada variasi campuran Tanah Asli + EPS 0.45% + serbuk cangkang telur 8%, yaitu sebesar 4.659% pada tumbukan 56 kali, sedangkan nilai CBR soaked tertinggi juga ditemukan pada variasi yang sama, yaitu sebesar 1.458%. Dibandingkan dengan tanah asli yang hanya memiliki CBR unsoaked sebesar 2.201% dan CBR soaked sebesar 0.085%, hasil ini menunjukkan bahwa campuran tersebut memperbaiki karakteristik kekuatan tanah secara nyata.



Gambar 8 Grafik Perbandingan antara CBR desain dengan variasi Serbuk Cangkang Telur

3.3 Analisis

Penambahan EPS dinilai mampu untuk membantu menurunkan berat isi kering. Penambahan serbuk cangkang telur dapat memperkuat ikatan antar partikel tanah dan menurunkan nilai plastisitas. Kombinasi kedua bahan campuran tersebut menghasilkan campuran tanah yang ringan, stabil, dan mudah dipadatkan. Nilai CBR *soaked* pada campuran EPS dan serbuk cangkang telur masih di bawah standar untuk *subgrade* utama, namun cocok untuk timbunan ringan pada jembatan, dinding penahan, dan area ekspansif. Campuran EPS sebanyak 0.45% dan serbuk cangkang telur sebanyak 8% merupakan campuran optimal dibandingkan dengan campuran lainnya, sehingga proporsi campuran ini yang direkomendasikan sebagai material stabilisasi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang sudah dilakukan dijabarkan sebagai berikut:

1. Campuran tanah lempung lunak dengan EPS 0.45% dan serbuk cangkang telur 8% menunjukkan peningkatan q_u dan CBR unsoaked yang signifikan, serta karakter pemadatan yang lebih baik dibandingkan tanah asli.
2. Nilai q_u meningkat dari 1.631 kg/cm² menjadi 2.662 kg/cm², dan CBR unsoaked dari 2.201% menjadi 4.659%. CBR soaked tetap rendah (maksimal 1.458%), sehingga aplikasi lebih tepat sebagai timbunan ringan dibandingkan subgrade untuk lalu lintas berat.
3. EPS memiliki fungsi sebagai material ringan dan drainase, sedangkan cangkang telur memperbaiki struktur internal tanah. Kombinasinya mendukung prinsip rekayasa berkelanjutan dalam teknik sipil.
4. Material ini direkomendasikan sebagai material alternatif untuk oprit jembatan, timbunan penyeimbang, atau konstruksi di atas tanah ekspansif yang membutuhkan bobot ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] TENRENG R, "Studi Eksperimental Kekuatan Dinding Geokomposit Tanah Lempung Stabilisasi Kapur Aktivasi Alkali-Expanded Polystyrene (Eps)," pp. 1–54, 2020.
- [2] J. A. Hendrata, D. Handayani, H. A. Safarizki, and W. A. Ilonka, "Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Pet dan Styrofoam Untuk Pembuatan Batafoam (Eco-Brick) Dengan Substitusi Serbuk Kapur Terhadap Reduksi Limbah Di Surakarta," *ENVIRO J. Trop. Environ. Res.*, vol. 26, no. 2, p. 82, 2025, doi: 10.20961/enviro.v26i2.99707.
- [3] B. A. B. Ii and L. Teori, "Institut Teknologi Nasional | 10," pp. 10–17, 1933.
- [4] B. Arifianto and B. Moestofa, "Evaluasi Daya Dukung Tanah Lunak Hasil Stabilisasi Kimia dengan Terra Firma di Daerah Gedebage, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat. (Hal. 93-109)," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 4, p. 99, 2019, doi: 10.26760/rekaracana.v5i4.99.
- [5] M. Tenaga, K. Dan, T. Republik, K. Tenaga, K. Dan, and D. A. N. Fungsi, "Republik Indonesia Republik Indonesia," vol. 2013, no. 021, pp. 1–266, 2010.
- [6] S. Arifin, "Geofoam: Pengertian, Fungsi, Aplikasi dan Keunggulannya," cv. mutu utama geoteknik.
- [7] "LIMBAH JUGA ADA MANFAATNYA(?) LIMBAH CANGKANG TELUR DAPAT DIMANFAATKAN SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PUPUK ORGANIK," kelurahan tandang.
- [8] M. P. S. Harahap, D. W. Nasution, I. P. Hastuty, R. Roesyanto, and A. Nuraliman, "Pengaruh Penambahan Abu Tandan Sawit dan 12% Serbuk Cangkang Telur Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung Ditinjau Dari Nilai CBR dan UCT," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 2, pp. 156–167, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i2.328.
- [9] N. Hidayat *et al.*, "EGG SHELL POWDER," pp. 24–26, 2023.
- [10] K. Vishwakarma and S. Shukla, *Performance Enhancement of a Retaining Wall with Geofoam Laid in Different Orientations*, no. May. Springer US, 2024. doi: 10.1007/s40515-024-00401-x.
- [11] R. P. Munirwan, M. Munirwansyah, and M. Marwan, "Penambahan Serbuk Cangkang Telur

Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung,” *J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 30–35, 2019,
doi: 10.24815/jts.v8i1.13496.