



Perilaku Geoteknis Tanah Lanau yang Distabilisasi dengan Serutan Karet Ban

K.A. Utama^{a*}, T. Harianto^b dan Dwianto^b

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia 96128

^bDepartemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia, 92171

*Corresponding author's e-mail: komangaryautama@ung.ac.id

Received: 10 January 2024; revised: 10 February 2024; accepted: 20 February 2024

Abstract: Recently, developments in the geotechnical-environmental engineering field have become more attractive. One of the interesting efforts to be researched is how the geotechnical behavior of silty soil reinforced with fiber from shredded tires. This study aims to evaluate silty soil's mechanical properties, which are stabilized with shredded tires. This research involved shredded tire from used tire shreds with proportions of 2%, 3%, 4%, and 5% by dry weight of soil sample. The tests of soil physical properties and mechanical properties were conducted to evaluate the characteristics of the mixture soil. The unconfined compressive strength (UCS), shear strength, California Bearing Ratio (CBR) and cracking behavior were verified to evaluate the behavior of the silty soil-shredded tires mixture. The results showed that adding 2% shredded tires performed satisfied on some of the mechanical properties tested. These results illustrate the potential of utilizing shredded tires waste as an alternative material that can reduce tire rubber waste.

Keywords: *shredded tires, geotechnical properties, silty soil*

Abstrak: Perkembangan di bidang geoteknik-lingkungan semakin menarik belakangan ini. Salah satu upaya yang menarik untuk diteliti adalah bagaimana perilaku geoteknik tanah yang diperkuat dengan serat hasil serutan ban kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku geoteknis tanah lanau yang distabilisasi dengan serat karet serutan ban kendaraan. Penelitian kali ini melibatkan karet serut hasil serutan ban kendaraan dengan jumlah proporsi 2%, 3%, 4%, dan 5% terhadap berat kering sampel tanah. Pengujian sifat fisis tanah dan sifat mekanis dilakukan berupa kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength - UCS*), kuat geser, *California Bearing Ratio (CBR)* dan perilaku keretakan dilakukan untuk mengevaluasi perilaku campuran tanah lanau – serutan ban kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 2% karet serut memberikan hasil yang baik pada beberapa sifat mekanis yang diuji tersebut. Hasil ini memberikan gambaran potensi pemanfaatan limbah serutan karet ban kendaraan sebagai material alternatif yang dapat memberi sumbangan reduksi mengatasi limbah karet ban.

Kata kunci: *serutan karet, sifat geoteknis, tanah lanau*

1. Pendahuluan

Stabilisasi tanah adalah suatu teknik yang dilakukan untuk mengubah sifat-sifat tanah dengan cara mencampur atau menggabungkan tanah dengan bahan tambah baru [1], [2]. Proses stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis, fisik, atau kimiawi, tergantung pada tujuan dan kondisi tanah yang akan distabilisasi [3]. Di Asia, termasuk di Indonesia penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi lebih populer dibandingkan dengan penggunaan kapur [4].

Stabilisasi daya dukung tanah biasanya dipilih sebagai salah satu alternatif dalam perbaikan tanah. Perbaikan tanah dengan cara stabilisasi bisa meningkatkan kepadatan dan daya dukung tanah [5]. Stabilisasi tanah yang ramah lingkungan dilakukan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Contoh usaha stabilisasi tanah yang ramah lingkungan adalah, dengan mencampurkan tanah limbah atau serat alamiah guna mencapai unsur ramah lingkungan seperti sabut kelapa, pecahan genteng, puing pembongkaran konstruksi, serutan karet ban dan cangkang telur ayam ke dalam tanah, dapat meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan [6]. Pada suatu perencanaan konstruksi (jalan, jembatan, gedung, dsb),

lapisan tanah merupakan lapisan paling bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban dari konstruksi di atasnya [7].

Usaha stabilisasi tanah yang telah dilakukan akan dievaluasi dengan menjalankan pengujian terhadap sifat-sifat tanah asli dan tanah setelah distabilisasi. Jenis pengujian ini, diantaranya adalah pengujian sifat fisis tanah, uji nilai sifat mekanis berupa CBR (*California Bearing Ratio*), UCS (*Unconfined Compressive Strength*), dan direct shear [8].

Stabilisasi tanah dengan campuran serat adalah metode yang digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat tanah dan daya dukungnya. Penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa pelibatan serat dalam usaha stabilisasi tanah mampu meningkatkan sifat-sifat mekanis tanah [9], [10], [11], [12]. Mereka mengkaji penggunaan serat dari berbagai jenis dan ukuran sebagai bahan stabilisasi tanah lempung. Usaha ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kuat tekan, kuat geser tanah dan ketahanan mencegah keretakan tanah.

Pertumbuhan limbah kendaraan, terutama dalam bentuk ban bekas, menimbulkan berbagai gangguan bagi lingkungan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan yang terdaftar di Indonesia adalah 94.373.324

unit, dengan tingkat pertumbuhan sebesar 10% per tahun [13]. Peningkatan jumlah kendaraan ini secara langsung berkontribusi pada penumpukan ban bekas sebagai limbah. Dewan Karet Indonesia (Dekarindo) mendata total produksi ban kendaraan bermotor mencapai 150,2 juta unit pada 2019 dengan utilisasi pabrikan mencapai 85,13 persen. Adapun, kapasitas terpasang industri ban nasional mencapai 238,6 juta unit per tahun [14]. Jumlah limbah ban yang begitu besar berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Untuk mengatasi masalah lingkungan yang terkait dengan limbah ban bekas, para peneliti telah mengeksplorasi berbagai macam cara. Salah satunya adalah pemanfaatan limbah karet di bidang geoteknik. Pemanfaatan serat karet dalam usaha stabilisasi tanah lunak memiliki potensi yang menarik. Limbah karet dalam bentuk serat dimanfaatkan sebagai reinforcement tanah timbunan sebagai usaha perbaikan tanah [15]. Jenis tanah lempung cenderung memiliki sifat kedap air, kohesifitas yang tinggi dan nilai kuat geser yang rendah [16].

Penelitian terdahulu lainnya yang juga telah dilakukan mengkaji efek penambahan serat pada tanah gambut berserat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat karet pada tanah gambut dapat meningkatkan sifat-sifat mekanis tanah, seperti kekuatan geser dan kekuatan tekan [17]. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa usia stabilisasi memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat-sifat mekanis tanah gambut berserat.

2. Metode Penelitian

2.1. Material

Penelitian ini menggunakan dua material utama, yaitu tanah lanau dan serutan karet ban kendaraan bekas hasil aktivitas pabrik vulkanisir ban kendaraan (Gambar 1). Tanah lanau yang digunakan memiliki propertis seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisis dan klasifikasi tanah lanau yang diuji

No	Karakteristik Tanah	Satuan	Hasil
1	Berat Jenis (Gs)	-	2,66
2	Kadar air mula-mula(Wn)	%	11,26
3	Analisa saringan		
	a. Pasir	%	11,80
	b. Lanau	%	85,30
	c. Lempung	%	2,90
4	Batas-batas konsistensi		
	a. Batas cair (LL)	%	38,53
	b. Batas plastis (PL)	%	31,99
	c. Indeks plastisitas (PI)	%	6,54
	d. Batas susut (SL)	%	30,11
5	Pemadatan Standard Proctor		
	a. Berat kering maks. ($\gamma_{d maks}$)	kN/m ³	14,06
	b. Kadar air opt. (w_{opt})	%	25
6	Klasifikasi USCS	-	ML

Karet serut ban kendaraan bekas yang digunakan adalah serutan karet ban bekas yang lolos saringan #4 dan tertahan di saringan #10. Ukuran serutan karet ini adalah panjang 10-25 mm dan ketebalan 1-3 mm.



Gambar 1. Karet serut ban kendaraan

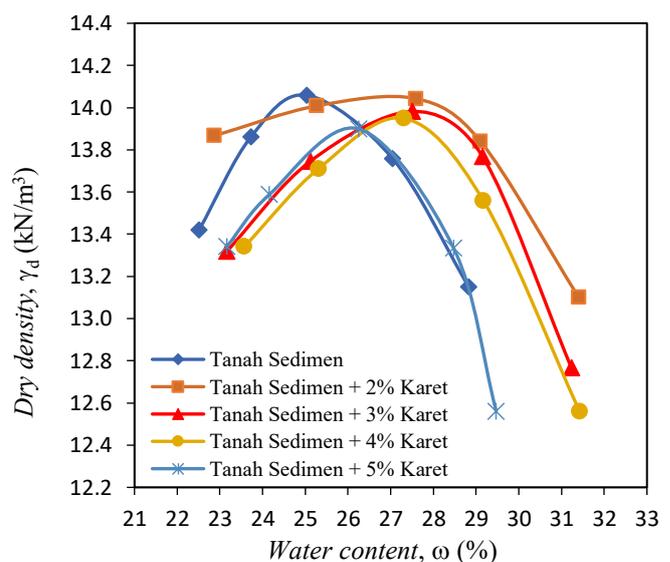
2.2. Rancangan dan Metode Pengujian

Benda uji yang dibuat untuk pengujian sifat mekanis tanah, dilakukan dengan cara membuat sampel *remolded*. Ukuran material tanah kerukan sedimen yang digunakan adalah tanah lolos saringan #4 untuk CBR dan lolos saringan #10 untuk sampek UCS dan *direct shear*. Sedangkan untuk komposisi penambahan karet serut yang digunakan adalah proporsi 2%, 3%, 4%, dan 5% terhadap berat kering tanah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kepadatan Tanah Campuran Karet Serut

Hasil uji pemadatan tanah kerukan sedimen yang stabilisasi dengan mencampurkan karet serut disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan kepadatan kering – kadar air tanah yang dicampur dengan karet serut

Jika melihat hasil uji kepadatan tanah campuran karet yang di sajikan pada Gambar 2 di atas, terlihat bahwa penambahan karet serut ini memberi dampak penurunan nilai kepadatan kering tanah dan peningkatan kadar air optimum. Penurunan kepadatan tanah ini sebesar 0,1-1,1% dan peningkatan kadar air optimum sebesar 5-10% dari kepadatan tanah tanpa campuran serutan karet. Fenomena ini diakibatkan karena: i) terjadi penggantian sebagian material tanah dengan material karet yang memiliki berat volume material lebih ringan dari tanah; ii) penambahan karet ini meningkatkan ukuran pori tanah, sehingga rongga pori tanah yang terisi udara dan air juga meningkat.

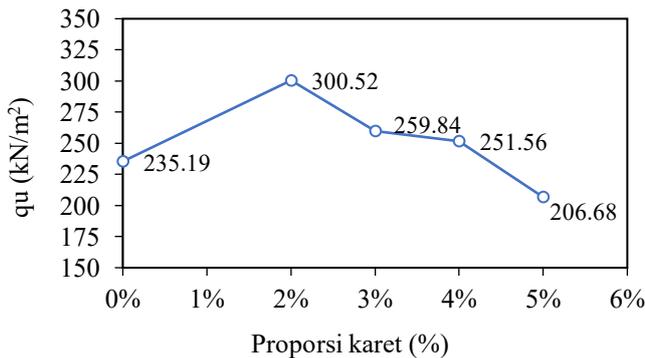
Kondisi penurunan nilai kepadatan tanah campuran karet ini bisa menjadi bahan untuk meneliti lebih jauh terkait prospek pemanfaatan tanah komposit karet serut ini sebagai alternatif timbunan ringan juga memiliki ruang pori yang lebih besar

3.2. Kuat Tekan Bebas Tanah Campuran Karet Serut

Uji kuat tekan bebas dilakukan untuk mengevaluasi sifat mekanis tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan serutan karet. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kekuatan tanah tersebut dalam memikul beban aksial yang diberikan pada sampel elemen uji yang telah dibuat secara remolded. Hasil pengujian kuat tekan bebas tanah diberikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil uji kuat tekan bebas

Uraian	σ	Sat	Perubahan
Tanah asli	235,2	kN/m ²	-
Tanah asli + 2% Karet	300,5	kN/m ²	27,8%
Tanah asli + 3% Karet	259,8	kN/m ²	10,5%
Tanah asli + 4% Karet	251,6	kN/m ²	7,0%
Tanah asli + 5% Karet	206,7	kN/m ²	-12,1%



Gambar 3. Grafik perubahan nilai kuat tekan bebas seiring penambahan porsi karet serut

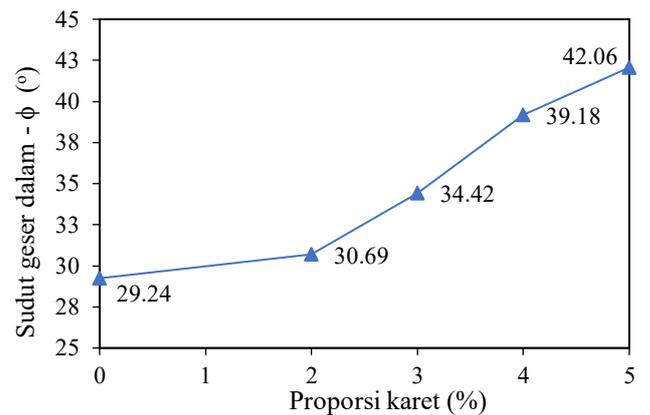
Hasil uji kuat tekan bebas tanah yang di campur dengan serutan karet ban di sajikan pada Tabel 2 dan Gambar 3. Terlihat bahwa seiring penambahan 2-5% karet serut, terjadi peningkatan 7-28% nilai UCS yang kemudian diikuti penurunan secara berangsur-angsur. Berdasarkan hasil penelitian kali ini diperoleh bahwa penambahan 2% karet serut-lah yang memberikan hasil terbaik untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah berdasarkan

hasil uji kuat tekan bebas. Hal tersebut terjadi akibat peningkatan ruang pori tanah akibat penambahan karet yang proporsinya semakin meningkat hanya akan melemahkan daya dukung tanah tersebut. Kepadatan yang menurun juga memberikan sumbangan pelemahan daya dukung tanah. Hasil serupa juga ditemukan oleh peneliti lain.

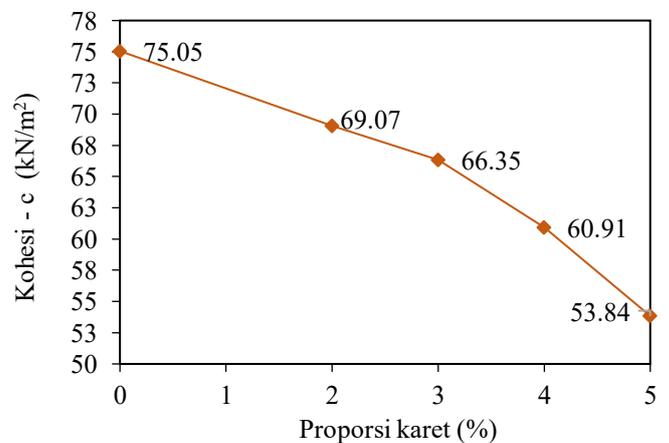
3.3. Parameter Geser Tanah Campuran Karet Serut

Pencampuran tanah dengan karet serut, utamanya karena berbentuk serat, diharapkan dapat memberikan efek positif penambahan sifat mekanis tanah. Hal ini termasuk pula pada sifat geser tanah. Hasil uji geser langsung pada sampel tanah yang dicampur dengan serutan ban karet terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai sudut geser tanah sebesar 5-44% dan menurunkan nilai kohesi tanah sebesar 8-28% (Gambar 4 dan Gambar 5).

Perubahan nilai parameter geser tanah ini masih perlu diteliti lebih jauh. Hal ini terjadi karena akibat penambahan serutan karet ini memberi efek berbanding terbalik pada parameter utama kuat geser tanah yaitu pada sifat kohesi dan sudut gesernya. Hasil ini dapat menjadi landasan pemikiran bagaimana nantinya agar parameter kohesi juga bisa meningkat jika ditambahkan dengan karet serut. Bisa jadi dengan mengubah bentuk karet yang dicampurkan menjadi serbuk atau bubuk karet.



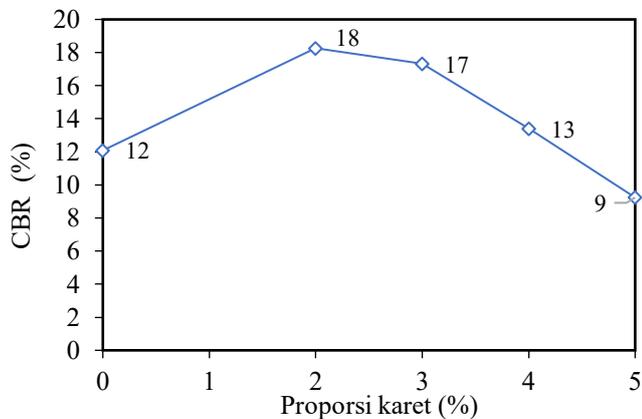
Gambar 4. Grafik perubahan nilai sudut geser dalam tanah seiring penambahan porsi karet serut



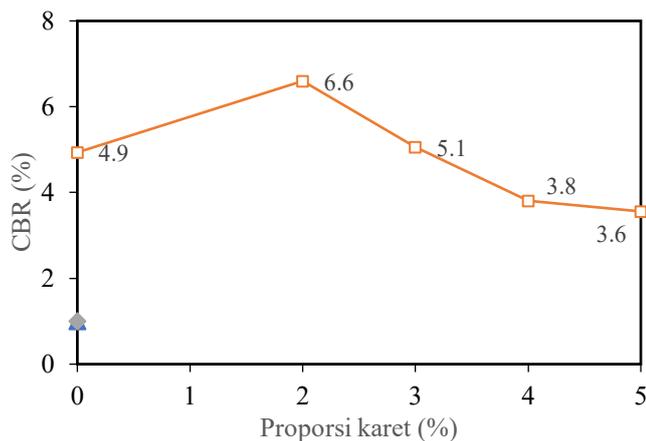
Gambar 5. Grafik perubahan nilai kohesi tanah seiring penambahan porsi karet serut

3.4. CBR Tanah Campuran Karet Serut

Jika tanah dimanfaatkan sebagai lapisan timbunan tanah untuk jalan, maka daya dukung tanah dievaluasi dengan menggunakan nilai CBR-nya. Nilai CBR tanah yang akan dievaluasi adalah nilai CBR tak terendam (*un-soaked CBR*) dan nilai CBR terendam (*soaked CBR*).



Gambar 6. Perubahan Nilai CBR un-soaked tanah yang dicampur karet serut



Gambar 7. Perubahan Nilai CBR soaked tanah yang dicampur karet serut

Berdasarkan pada Gambar 6, terlihat bahwa nilai CBR tak terendam (*un-soaked*) tanah yang dicampur dengan karet serut mengalami peningkatan nilai untuk penambahan karet serut dengan proporsi 2-4% dan mengalami penurunan pada penambahan 5% karet serut. Sedangkan pada Gambar 7, perilaku yang cenderung sama juga terlihat bahwa nilai CBR terendam (*soaked*) tanah campuran karet mengalami peningkatan nilai pada penambahan karet sebesar 2-3% dan mengalami penurunan pada penambahan 4-5%. Namun secara umum, pelibatan karet serut ini meningkatkan nilai CBR sebesar 11-51% pada *CBR un-soaked*, dan meningkatkan 2-34% pada *CBR soaked*.

Fenomena yang terjadi bahwa dengan penambahan jumlah proporsi karet serut pada persen jumlah kecil (2%) dapat meningkatkan nilai CBR terendam dan tak terendam, mengindikasikan bahwa pada tanah lanau seperti ini yang memiliki faksi butiran halus yang berjumlah cukup besar hanya membutuhkan penambahan karet proporsi kecil saja. Penambahan jumlah karet yang

semakin besar malah akan melemahkan daya dukung tanah tersebut. Penambahan karet yang terlalu besar akan menambah ruang pori tanah, sehingga akan melemahkan tanah itu sendiri

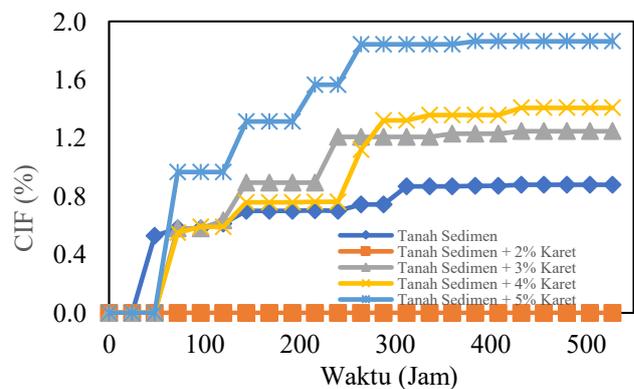
3.5. Respon Serat Pada Retak Pengeringan

Pelibatan serat dalam usaha *reinforcement* timbunan bertujuan untuk meningkatkan sifat tanah dalam menahan retak yang terjadi pada tanah. Kinerja serat karet serut yang ditambahkan dalam tanah ini diuji melalui pengamatan sampel timbunan di bawah pengeringan akibat penjemuran. Indikator yang menyatakan tingkat kinerja serat disajikan dalam bentuk rasio luas keretakan setelah pengeringan terhadap kondisi tanah sebelum dilakukan pengeringan. Indikator kinerja kemampuan serat dalam mencegah terjadinya keretakan disajikan dalam bentuk nilai *crack intensity factor* (CIF).

Tabel 3. Nilai CIF tanah yang dicampur serat karet serut

Uraian	Tanah Asli	2% Karet	3% Karet	4% Karet	5% Karet
CIF (%)	1,00	0,00	1,42	1,60	2,12

Berdasarkan nilai-nilai pada Tabel 3, menunjukkan bahwa serat karet serut yang dicampurkan dalam tanah memberikan kinerja yang baik dengan mampu mereduksi keretakan pada tanah asli. Nilai CIF tanah campur 2% serat karet serut mampu memberikan nilai CIF = 0%. Hal ini berarti karet serut mampu mencegah terjadinya keretakan pada tanah tersebut. Gambar kinerja serat karet serut disajikan pada Gambar.



Gambar 8. Nilai CIF pada tanah lanau yang distabilisasi

4. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah:

- 1) Penambahan karet serut 2-5% terhadap berat kering pada tanah lanau menyebabkan penurunan kepadatan tanah sebesar 0,1-1,1% dan peningkatan kadar air optimum sebesar 5-10%.
- 2) Penambahan 2-5% karet serut menyebabkan terjadinya peningkatan 7-28% nilai kuat tekan bebas.
- 3) Terpantau peningkatan nilai sudut geser tanah sebesar 5-44% dan menurunkan nilai kohesi tanah sebesar 8-28% akibat pelibatan sebesar 2-5% karet serut.

- 4) Secara umum, pelibatan karet serut ini meningkatkan nilai CBR sebesar 11-51% pada *CBR un-soaked*, dan meningkatkan 2-34% pada *CBR soaked*.
- 5) Nilai CIF 0% adalah nilai terbaik dengan penambahan 2% serat karet serut pada uji retak pengeringan.

Daftar Pustaka

- [1] H.C. Hardiyatmo, *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [2] M. Anggraini, D. Panggabean, and W.W, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Abu Tandan Kelapa Sawit dan Semen Terhadap Nilai CBR," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 10, no. 1, p. 49, 2021.
- [3] Y. Amran, S. Sugiarto, and A. Surandono, "Analisis Stabilitas Tanah Berbutir Halus Berplastisitas Tinggi Menggunakan DIFA Soil Stabilizer untuk Mencegah Penurunan Massa Tanah," *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, p. 135, 2022.
- [4] J.T. Harmoko and H. Suryadharma, "Pengaruh Temperatur Pemeraman Pada Perilaku Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Semen." *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, p.1, p. 17, 2018.
- [5] A.H. Arrofiq, L. Afriani, and Iswan "Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Kapur Pada Kondisi Optimum.", *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain*, vol. 4, no. 3, p. 1, 2016.
- [6] A. Febrian and A. Prihatiningsih, "Peningkatan Kekuatan Tanah Organik dengan Pencampuran Empat Jenis Limbah Ramah Lingkungan," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 4, no. 4, p. 867, 2021.
- [7] Iswan and M. Jafri, "Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas pada Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Kapur pada Kondisi Rendaman", *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 4, no. 2, p. 236, 2016.
- [8] N. Kholis, A.S. Gunarti, and R. Sylviana, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan Renolith", *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 1, p. 62, 2018.
- [9] T. Harianto, S. Hayashi, Y.J. Du, and D. Suetsugu, "Experimental Investigation on Strength and Mechanical Behavior of Compacted Soil-Fiber Mixtures", *Geosynthetics in Civil and Environmental Engineering*, vol. 8, p. 392, 2008.
- [10] O. Bayat, K.K. Askarani, and A. Hajiannia, "Effects of Waste Tire on the Shear Strength of Sand," *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, vol. 8, no. 4, p. 384, 2019.
- [11] H. Jiang, Y. Cai, and J. Liu, "Engineering Properties of Soils Reinforced by Short Discrete Polypropylene Fiber", *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 22, p. 1315, 2010.
- [12] C.-S. Tang, D.-Y. Wang, Y.-J. Cui, B. Shi, and J. Li, "Tensile Strength of Fiber-Reinforced Soil", *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 28, no. 7, p. 1, 2016.
- [13] N. Nurfatihah and S. Wulandari, "Pengaruh Penambahan Serbuk Karet dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Parameter Tanah Lempung pada Pengujian Konsolidasi dan Kuat Geser Langsung", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 19, no. 1, p. 146, 2023.
- [14] A.M. Arief, *Pasar Otomotif Terperosok, Produksi Ban 2020 Mengempis*, Jakarta: *Ekonomi & Bisnis*, 2020.
- [15] K.A. Utama, T. Harianto, A.B. Muhiddin, and A. Arsyad, "The Behavior of Dredged Soil-Shredded Rubber Embankment Stabilized with Natural Minerals as a Road Foundation Layer", *Civil Engineering Journal*, vol. 9, no. 5, p. 1256, 2023.
- [16] N.M. Sianturi, D.R.S.Damanik, V.E.Purba, and D.S.Saragih, "Perilaku Mekanis Tanah Lunak yang Distabilisasi dengan Kapur dan Abu Vulkanik", *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 28, no. 1, p. 118, 2019.
- [17] N.E. Mochtar, F.E. Yulianto, and T.R.S, "Pengaruh Usia Stabilisasi pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO₃ dan Pozolan", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 21, no. 1, p. 57, 2014.

This page is intentionally left blank