E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258

Halaman 158-169
Volume 3 Nomor 2 Tahun 2026

Efektifitas Waterglass dan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah

Ermitha Ambun Rombe Dendo[1*], Sallolo Suluh[2], Frans R. Bethony[3], Chendri Johan[4], Dedianto Tangke Padang[5]

[1,5] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Indonesia

[2,3,4] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Indonesia

e-mail: ermithaambun@ukitoraja.ac.id

Abstrak

Tanah berbutir halus dengan kuat tekan bebas rendah memerlukan perbaikan sebelum dimanfaatkan sebagai material pendukung konstruksi. Penelitian ini mengevaluasi kombinasi waterglass dan serat sabut kelapa sebagai sistem stabilisasi tanah lempung.Eksperimen laboratorium menggunakan waterglass tetap 15% dari berat air dan serat sabut kelapa sepanjang 1 cm sebesar 0,5%, 1,0%, dan 1,5% dari berat tanah kering,dengan pemeraman 3 dan 7 hari. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa berat jenis tanah tanpa bahan stabilisasi 2,60, fraksi lolos saringan No. 200 sebesar 79,24%, sehingga berdasarkan klasifikasi AASHTObatas cair 48,04%, batas plastis 36,63%, indeks plastisitas 11,41%, kadar air optimum 34,7%, dan berat isi kering maksimum 1,32 g/cm3. Kombinasi serat sabut kelapa dan waterglass dapat meningkatkan kuat tekan bebas dalam seluruh variasi yang diuji, Nilai tertinggi dalam rentang pengujian adalah 0,385 kg/cm2 pada serat 1,5% dengan dengan kenaikan terhadap tanah asli berkisar 29,91-55,13% pada 3 hari dan 64,53% pada 7 hari.

Kata kunci: Kuat tekan bebas, Serat sabut kelapa, Stabilisasi tanah, Tanah lempung, Waterglass

Abstract

Fine-grained soil with low unconfined compressive strength needs improvement before it be used as a construction support material. This study evaluates the combination of waterglass and coconut coir fibers as a clay soil stabilization system. Laboratory experiments used a constant 15% waterglass by water weight and 1cm long coconut coir fibers at 0.5%, 1.0%, and 1.5% of the dry soil weight, with curing periods of 3 and 7 days.The test results showed that the soil's specific gravity without stabilization material was 2.60, the fraction passing the No. 200 sieve was 79.24%, so based on AASHTO classification, the liquid limit was 48.04%, the plastic limit was 36.63%, the plasticity index was 11.41%, the optimum moisture content was 34.7%, and the maximum dry density was 1.32 g/cm3. The combination of coconut coir fibers and waterglass can increase the unconfined compressive strength across all tested variations. The highest value in the test range was 0.385 kg/cm2 at 1.5% fiber, with an increase over the original soil ranging from 29.91-55.13% at 3 days and 64.53% at 7 days.

Keywords : Clay soil, Coconut coir fiber, Soil stabilization, Unconfined compressive strength, Waterglass

LATAR BELAKANG

Tanah lempung dan tanah berbutir halus sering menunjukkan kuat tekan bebas yang rendah ketika struktur butiran,kadar air, dan kepadatannya tidak mendukung transfer beban secara efektif.Dalam praktik geoteknik, kuat tekan bebas merupakan parameter laboratorium yang berguna untuk membandingkan perubahan kekuatan tanah kohesif akibat suatu perlakuan. Perbaikan tanah melalui bahan tambah karena itu perlu dievaluasi bukan hanya dari nilai akhir, tetapi juga dari kadar bahan dan waktu pemeraman yang membentuk respons mekanisnya.Pendekatan

stabilisasiberkelanjutan semakin diarahkan pada pemanfaatan material berbasis hayati dan bahan pengikat alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada stabilisator konvensional (Fatehi et al., 2021; Sujatha & Kannan, 2022).

Serat sabut kelapa merupakan limbah lignoselulosa yang dapat berperan sebagai tulangan diskrit di dalam matriks tanah. Mekanisme utamanya bersifat mekanis: serat meningkatkan interlocking dan menahan perkembangan bidang retak atau bidang geser. Studi pada tanah yang diperkuat serta memperlihatkan bahwa respons kekuatan dipengaruhi kadar dan distribusi serat serta bahan pengikat yang digunakan. Pada penelitian terdahulu oleh Kamaruddin et al. (2020b) dan Yang et al. (2023) memperlihatkan bahwa perbaikan karakteristik tanah lempung laut yang distabilisasi alkali dan diperkuat serat menunjukkan bahwa serat mmemodifikasi hubungan tegangan-regangan dan parameter kekuatan tanah. Temuan tersebut menegaskan bahwa penambahan serat tidak dapat dipisahkan dari kondisi saling terkait dimana serat serat bekerja.

Waterglass atau sodium silicate merupakan pengikat anorganik berbasis silikat yang dapat meningkatkan ikatan antarpartikel pada kondisi kimia tertentu.Elmannaey et al. (2021) menunjukkan bahwa sodium silicate mampu meningkatkan UCS dan menurunkan potensi kembang tanah ekspansif, tetapi efektivitasnya bergantung pada dosis,ketersediaan air, dan perkembangan gel.Pada sistem alkali-activated, sodium silicate juga berperan dalam pembentukan fase pengikat yang memperpadat struktur tanah (Turan et al., 2022; Odeh & Al-Rkaby, 2022). Dengan demikian,kombinasi waterglass dan serat sabut kelapa secara konseptual dapat memberi dua kontribusi yang saling melengkapi:pengikatan matriks oleh silikat dan penguatan diskrit oleh serat.

Walaupun studi serat alammi dan stabilisasi berbasis alkali terus berkembang, besarnya respons tetap spesifik terhadap jenis tanah, kadar serat,komposisi pengikat, dan pemeraman.Tamassoki et al. (2022a, 2022b) memperlihatkan bahwa kombinasi coir dengan matriks yang distabilisasi dapat

meningkatkan UCS, namun kadar yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan keuntungan yang proporsional. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada evaluasi eksperimental tanah dari Jl.Pegadaian - Lingkungan Bunga Tana menggunakan waterglass 15% dan serat sabut kelapa 0,5-1,5% dengan pemeraman 3 dan 7 hari. Kebaruan praktis penelitian terletak pada pengujian kombinasi dan rentang kadar tersebut pada tanah lokal,dengan fokus pada perubahan kuat tekan bebas dan pola respons terhadap waktu pemeraman.

METODE

Penelitian menggunakan metode eksperimental laboratorium. Sampel tanah berasal dari daerah persawahan di Jl.Pegadaian-Lingkungan Bunga Tana,sedangkan seratsabut kelapa berasal dari Palopo dan dipotong sepanjang 1 cm.Waterglass diperoleh dari CV Sentana,Makassar. Serat ditambahkan sebesar 0,5%, 1,0%, dan 1,5% terhadap berat tanah kering, sedangkan waterglass digunakan tetap 15% terhadap berat air.Benda uji distabilisasi kemudian diperam selama 3 dan 7 hari. Susunan variasi ini memungkinkan perbandingan pengaruh kadar serat pada kadar waterglass tetap serta perubahan respons antara dua umur pemeraman.

Karakterisasi tanah tanpa bahan stabilisasi mencakup berat jenis, kadar air/berat isi, analisis saringan, batas Atterberg, dan pemadatan. Pengujian kuat tekan bebas mengacu pada SNI 3638:2012sebagaimana dicantumkan dalam naskah penelitian. Data rekapitulasi laboratorium digunakan sebagai basis analisis hasil pengujian laboratorium. Uji kuat tekan bebas dilakukan pada benda uji silinder dan kuat tekan bebas ditentukan dari tegangan aksial maksimum saat benda uji mengalami keruntuhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanpa Bahan Stabilisasi

Tanah tanpa bahan stabilisasi mempunyai Gs 2,60 dan 79,24% butiran lolos saringan No. 200, sehingga perilakunya didominasi fraksi halus. Nilai batas cair (LL) diperoleh 48,04%, batas plastis (PL) 36,63%, batas susut diperoleh (SL) 9,95% dan indeks plastisitas (PI)diperoleh11,41%. Kondisi ini menunjukkan rentang plastis yang masih cukup nyata, sementara hasil pemadatan memberikan OMC 34,7% dan MDD 1,32g/cm3. Kombinasi fraksi halus yang besar dan kepadatan kering maksimum relatif rendah menjelaskan perlunya perbaikan tanah sebelum digunakan sebagai tanah tanah dasar. Data hasil pengujian karakteristik fisiktanah dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Karakteristik utama tanah tanpa bahan stabilisasi

Jenis Pengujian	Standar	Nilai
Berat Jenis Tanah (Gs)	SNI 1964-2008	2,60
Batas-Batas Atterberg		
Batas Cair (LL)	SNI 1967-2008	48,04%
Batas Plastis (PL)	SNI 1966-2008	36,63%
Indeks Plastis (PI)	SNI 1966-2008	11,41%
Batas Susut (SL)	SNI 3422-2008	9,95%

Pengaruh Waterglas dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Bebas Tanah

Rekapitulasi menunjukkan kuat tekan bebas tanah asli sebesar 0,234kg/cm2. Setelah stabilisasi dan pemeraman 3 hari, q u meningkat menjadi 0,304kg/cm2 pada SSK 0,5%, 0,335 kg/cm2 pada 1,0%, dan 0,363 kg/cm2 pada 1,5%.Kenaikan masing-masing adalah 29,91%,43,16%, dan 55,13% terhadap tanah asli.Pada tahap ini responsnya meningkat secara teratur seiring bertambahnya kadar serat. Pola tersebut sejalan dengan konsep interlocking dan bridging serat yang memperbesar tahanan deformasi ketika dispersi serat masih efektif. Penelitian coir pada matriks yang distabilisasi juga menunjukkan bahwa inklusi serat dapat meningkatkan UCS

dan memperbaiki respons pascapuncak (Kamaruddin et al.,2020b; Tamassoki et al., 2022a).

Tabel 2. Rekapitulasi Kuat Tekan Bebas Berdasarkan Kadar Serat Dan Waktu Pemeraman

Komposisi	Pemeraman 0 Hari (kg/cm^2)	Pemeraman 3 Hari (kg/cm^2)	Pemeraman 7 Hari (kg/cm^2)
Tanah Tanpa Bahan Stabilisasi	0,234	0,234	0,234
Tanah + WG 15% + SSK 0,5%	—	0,304	0,384
Tanah + WG 15% + SSK 1%	—	0,335	0,368
Tanah + WG 15% + SSK 1,5%	—	0,363	0,385

Terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 1 bahwa pada pemmeraman 7 hari seluruh memiliki nilai kuat tekan paling paling besar dibandingkan tanah tanpa bahan stabilisasi. Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan bebas adalah 0,384 kg/cm² pada SSK0,5%turun menjadi 0,368 kg/cm² pada 1,0%, lalu naik sedikit menjadi 0,385 kg/cm2 pada 1,5%.Dengan demikian, nilai tertinggi dalam rentang uji berada pada 1,5% serat dan 7hari, namun selisihnya terhadap0,5%serat hanya 0,001 kg/cm2 atau sekitar 0,26%relatif terhadap nilai 0,384 kg/cm2.



Gambar 1. Kuat Tekan Bebas Tanah Pada Berbagai Variasi Pemeran dan Bahan Stabilisasi

Pengaruh pemeraman terlihat lebih jelas jika setiap kadar serat dibandingkan antara 3 dan 7 hari. Berdasarkan nilai rekapitulasi, nilai kuat tekan bebas meningkat sekitar 26,32% pada SSK 0,5%,9,85% pada 1,0%, dan 6,06% pada 1,5% dari hari ke-3 ke hari ke-7.Perbedaan laju peningkatan tersebut menunjukkan adanya interaksi antara kadar serat dan perkembangan matriks selama pemeraman. Literatur alkali-activated clay menunjukkan bahwa curing dapat meningkatkan pembentukan ikatan dan densifikasi matriks (Turan et al., 2022;Odeh & Al-Rkaby, 2022), sedangkan studi serat alami menegaskan bahwa terlalu banyak serat atau dispersi yang kurang seragam dapat membentuk zona lemah lokal (Almajed et al., 2021; Yang et al.,2023.

Persentase kenaikan terhadap tanah aslimemperjelas bahwa manfaat pemeraman 7 hari terbesar secara relatif terjadi pada campuran 0,5% serat, yaitu 64,10%, sedangkan 1,0% dan 1,5%masing-masing 57,26% dan 64,53%.Fenomena optimum atau plateau pada bahan stabilisasi juga dilaporkan pada sodium silicate dan biopolimer, ketika penambahan bahan melewati kondisi.

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258

Halaman 158-169
Volume 3 Nomor 2 Tahun 2026

Tabel 3. Persentase Perubahan Nilai Kuat Tekan Bebas

Komposisi	Pemeraman 0 Hari (%)	Pemeraman 3 Hari (%)	Pemeraman 7 Hari (%)
Tanah Tanpa Bahan Stabilisasi	0	0	0
Tanah + WG 15% + SSK 0,5%	—	29,91	64,10
Tanah + WG 15% + SSK 1%	—	43,16	57,26
Tanah + WG 15% + SSK 1,5%	—	55,13	64,53



Gambar 2. Persentase Kenaikan Kuat Tekan Bebas Terhadap Tanah Asli

Secara mekanistik, hasil dapat dijelaskan secara hati-hati sebagai kombinasi penguatan fisikdan pengikatan matriks. Serat sabut kelapa berpotensi memobilisasi tahanan tarik serta menahan penyebaran deformasi, sedangkan waterglass

berpotensi meningkatkan kontak antarpartikel melalui produk berbasis silikat. Kamaruddin et al. (2020a) menunjukkan bahwa kinerja tanah-coir yang distabilisasi berubah bersama pemeraman dan kondisi kelembapan,sedangkan Ji et al. (2022) menunjukkan sinergi antara komponen serat lignin dan pengikat silikat pada tanah lanauan.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh maka dapat diketahui bahwa penggunmaan material, campuran 0,5%serat setelah 7 hari menghasilkan nilai kuat tekan bebas 0,384 kg/cm2, hampir sama dengan1,5% serat sebesar 0,385 kg/cm2dengan persentase kenaikan nilai kuat tekan bebas sebesar 64,53% dari tanah tanpa bahan stabilisasi. Hal ini membuka kemungkinan bahwa kadar serat lebih rendah dapat memberikan efisiensi material yang lebih baik. Temuan serupa bahwa kadar optimum bergantung pada kombinasi matriks-penguat terlihat pada penelitian coir dan stabilisator lain (Tamassoki et al., 2022b). Pada konteks stabilisasiberkelanjutan, manfaat penggunaan serat alami juga perlu dinilai bersama ketahanan terhadap pembasahan-pengeringan dan biodegradasi jangka panjang (Fatehi et al., 2021; Kamaruddin et al., 2020a).

Keterbatasan desain eksperimen perlu menjadi bagian dari interpretasi.Pertama, tidak tersedia kontrol waterglass tanpa serat maupun kontrol serat tanpa waterglass, sehingga kontribusi masing-masing komponen dan interaksinya tidak dapat dipisahkan. Kedua, tanah asli hanya direkap sebagai kondisi acuan, bukan sebagai kontrol pemeraman 3 dan 7 hari;akibatnya efek curing alami tiddak dapat diisolasi. Ketiga, rentang pemeraman berhenti pada 7 hari dan belum menguji wetting-drying, perendaman, atau durabilitas. Keempat, tidak tersedia statistik variasi replikasi yang memadai untuk menguji signifikansi perbedaan kecil. Penelitian lanjutan sebaiknya menggunakan desain faktorial, replikasi terukur, kontrol tunggal, pemeraman lebih panjang, serta karakterisasi mikrostruktur untuk menguji mekanisme yang diusulkan.

SIMPULAN

Kombinasi waterglass 15% dan serat sabut kelapa 0,5-1,5% meningkatkan kuat tekan bebas tanah yang diuji dibandingkan tanah asli 0,234 kg/cm2. Pada 3 hari, q u berturut-turut mencapai 0,304; 0,335; dan 0,363 kg/cm² dengan kenaikan 29,91-55,13%. Pada 7 hari, q u menjadi 0,384;0,368; dan 0,385 kg/cm2 dengan kenaikan 57,26-64,53%. Nilai tertinggi dalam rentang eksperimen adalah 0,385 kg/cm²2pada 1,5% serat dan 7 hari, tetapi respons 7 hari tidak monoton dan nilai 0,5% serat hanya berbeda 0,001 kg/cm2. Oleh sebab itu, hasil mendukung efektivitas sistem kombinasi pada tanah yang diteliti, tetapi belum cukup untuk menetapkan kadar optimum universal atau memisahkan kontribusi waterglass dan serat. Verifikasi lanjutan memerlukan kontrol tunggal,replikasi statistik, pemeraman lebih panjang, uji durabilitas, dan analisis mikrostruktur.

DAFTAR PUSTAKA

Almajed, A., Srirama, D., & Moghal, A. A. B. (2021). Response surface method analysis of chemically stabilized fiber-reinforced soil.Materials, 14(6), 1535.https://doi.org/10.3390/ma14061535

Bakhshizadeh, A., Khayat, N., & Horpibulsuk,S. (2022). Surface stabilization of clay using sodium alginate. Case Studies in Construction Materials, 16, e01006.https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01006

Elmannaey, A. S., Fouad, H. E. E., & Youssef,Y. G. (2021). Improvement of swelling chlorite soil using sodium silicate alkali activator. Ain Shams Engineering Journal,12(2), 1535-1544.https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.10.019

Fatehi, H., Ong, D. E. L., Yu, J., & Chang, I.(2021). Biopolymers as green binders for soil improvement in geotechnical applications: A review. Geosciences, 11(7), 291.https://doi.org/10.3390/geosciences11070291

Ji, Y., Ma, Q., Li, X., Tian, Y., & Cao,P.(2022).Study on composite improvement of silt sites by lignin and sodium methylsilicate and its micro mechanism. Coatings, 12(11), 1647.https://doi.org/10.3390/coatings12111647

Kamaruddin, F.A., Anggraini, V., Kim Huat, B.,& Nahazanan, H. (2020a). Wetting/drying behavior of lime and alkaline activation stabilized marine clay reinforced with modified coir fiber. Materials, 13(12), 2753.https://doi.org/10.3390/ma13122753

Kamaruddin, F. A., Nahazanan, H., Huat, B. K.,& Anggraini, V. (2020b). Improvement of marine clay soil using lime and alkaline activation stabilized with inclusion of treated coir fibre. Applied Sciences, 10(6), 2129.https://doi.org/10.3390/app10062129

Odeh, N. A., & Al-Rkaby, A. H. J. (2022).Strength, durability, and microstructures characterization of sustainable geopolymer improved clayey soil. Case Studies in Construction Materials, 16,e00988.https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00988

Ojuri, O. O., Ramdas, V., Aderibigbe, E. A.,Williams, C. G., Ramchuran, S., & Al-Nageim, H. (2022). Improving strength and hydraulic characteristics of regional clayey soils using biopolymers. Case Studies in Construction Materials, 17, e01319.https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01319

Sujatha, E. R., & Kannan, G. (2022). An investigation on thepotential of cellulose for soil stabilization. Sustainability, 14(23), 16277.https://doi.org/10.3390/su142316277

Tamassoki, S., Daud, N. N. N., Jakarni, F. M.,Kusin, F. M., Rashid, A. S. A., & Roshan, M.J. (2022a). Compressive and shear strengths of coir fibre reinforced activated carbon stabilised lateritic soil. Sustainability,14(15),9100. https://doi.org/10.3390/su14159100

Tamassoki, S., Daud, N. N. N., Jakarni, F. M.,Kusin, F.M., Rashid, A. S. A., & Roshan, M.J.(2022b). Performance evaluation of lateritic subgrade soil treated with lime and coir fibre-activated carbon. Applied Sciences, 12(16),8279. https://doi.org/10.3390/app12168279

Turan, C., Javadi, A. A., Vinai, R., & Russo, G.(2022). Effects of fly ash inclusion and alkali activation on physical, mechanical, and chemical properties of clay. Materials, 15(13), 4628.https://doi.org/10.3390/ma15134628

Yang,H.,Li,P., Yang, E., Jiang, X., & Chen, J.(2023). The strength law of coir fiber-reinforced soil based on modified Duncan-Chang model. Frontiers in Earth Science, 10,1078624. https://doi.org/10.3389/feart.2022.1078624