E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 3 Tahun 2026

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP SIFAT FISIK DAN DAYA DUKUNG TANAH EKSPANSIF

Afif Candra Prasetiyo [1] , Arik Triarso[2]
[1] Mahasiswa D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.
[2] Dosen D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email : afifcandra.21039@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang memiliki potensi kembang-susut tinggi akibat perubahan kadar air sehingga dapat menurunkan kestabilan dan daya dukung pondasi bangunan. Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang merupakan salah satu wilayah dengan indikasi tanah ekspansif yang berpotensi menimbulkan permasalahan konstruksi pada pembangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah marmer terhadap perubahan sifat fisis dan mekanis tanah ekspansif. Pengujian laboratorium meliputi uji sifat fisis (kadar air, berat jenis, analisa saringan, batas Atterberg, dan pemadatan Proctor) serta uji mekanis menggunakan Direct Shear dan daya dukung tanah dengan metode terzaghi. Variasi campuran limbah marmer yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat kering tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah marmer mampu menurunkan plastisitas tanah, ditandai dengan penurunan Plasticity Index dari 24,88% menjadi 18,33% pada campuran 10%. Selain itu, nilai kuat geser tanah meningkat dengan kenaikan kohesi dari 8,312 kPa menjadi 11,984 kPa serta sudut geser dalam dari 19,37° menjadi 22,34°. Peningkatan parameter kuat geser tersebut menyebabkan kenaikan daya dukung ultimit tanah hingga 312,26 kPa. Campuran limbah marmer sebesar 10% menunjukkan kondisi paling optimum dalam meningkatkan stabilitas tanah.

Kata kunci: tanah ekspansif, stabilisasi tanah, limbah marmer, kuat geser, daya dukung tanah.

Abstract

Expansive soil is a type of soil characterized by high shrink-swell potential due to moisture content changes, which may reduce foundation stability and bearing capacity. Ngoro District, Jombang Regency, is identified as an area containing expansive soil that has the potential to cause construction problems in development activities. This study aims to determine the effect of marble waste addition on the physical and mechanical properties of expansive soil. The research method was conducted through laboratory testing, including physical property tests such as water content, specific gravity, grain size analysis, Atterberg limits, and Proctor compaction test, as well as mechanical testing using the Direct Shear test and bearing capacity analysis based on the Terzaghi method. Marble waste was added at variations of 0%, 5%, 10%, and 15% of the dry soil weight. The results show that the addition of marble waste reduces soil plasticity, indicated by a decrease in the Plasticity Index from 24.88% to 18.33% at the 10% mixture. Furthermore, soil shear strength increased with cohesion rising from 8.312 kPa to 11.984 kPa and the internal friction angle increasing from 19.37° to 22.34°. These improvements led to an increase in

Article History
Received: Agustus 2026
Reviewed: Agustus 2026
Published: Agustus 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

ultimate bearing capacity up to 312.26 kPa. The 10% marble waste mixture showed the most optimum condition in improving soil stability.

***Keywords**: expansive soil, soil stabilization, marble waste, shear strength, bearing capacity.*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan elemen utama yang berfungsi sebagai media pendukung beban konstruksi, sehingga karakteristik tanah sangat menentukan keamanan dan keberhasilan suatu pembangunan. Salah satu permasalahan geoteknik yang sering dijumpai adalah tanah ekspansif, yaitu tanah yang mengalami perubahan volume secara signifikan akibat perubahan kadar air. Tanah ekspansif umumnya memiliki kandungan mineral lempung aktif, plastisitas tinggi, serta potensi kembang-susut yang besar. Kondisi tersebut dapat menimbulkan berbagai permasalahan pada konstruksi, seperti retak pada pondasi, kerusakan perkerasan jalan, serta penurunan diferensial bangunan (Hardiyatmo, 2010).

Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang, merupakan salah satu wilayah yang memiliki karakteristik tanah lempung dengan plastisitas relatif tinggi. Tanah dengan indeks plastisitas tinggi cenderung memiliki stabilitas volume yang rendah dan sangat dipengaruhi oleh perubahan kadar air sehingga memerlukan upaya perbaikan sebelum dimanfaatkan sebagai tanah dasar konstruksi (Das, 2011). Oleh karena itu, diperlukan metode stabilisasi tanah yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk meningkatkan kualitas sifat fisis tanah tersebut.

Salah satu metode yang banyak dikembangkan adalah stabilisasi tanah menggunakan bahan tambah (stabilizing agent). Penambahan material non-plastik telah dilaporkan mampu menurunkan nilai batas Atterberg, mengurangi plastisitas, serta memperbaiki struktur tanah lempung ekspansif (Amu & Adetuberu, 2010). Di sisi lain, limbah marmer merupakan hasil samping industri pengolahan batu marmer yang mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$) dalam jumlah tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi tanah. Pemanfaatan limbah marmer tidak hanya meningkatkan kualitas tanah, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah industri yang lebih berkelanjutan (Sabat & Nanda, 2011).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan limbah marmer mampu menurunkan plastisitas tanah lempung serta meningkatkan karakteristik geotekniknya. Namun, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada lokasi dan karakteristik tanah yang berbeda sehingga hasilnya belum dapat langsung diterapkan pada tanah ekspansif di Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang. Selain itu, kajian mengenai pengaruh limbah marmer terhadap sifat fisis tanah ekspansif pada wilayah tersebut masih terbatas sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan limbah marmer terhadap sifat fisis tanah ekspansif di Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif pemanfaatan limbah marmer sebagai bahan stabilisasi tanah serta memberikan informasi ilmiah yang dapat digunakan dalam perencanaan konstruksi pada tanah ekspansif.

Pengujian sifat fisis tanah dilakukan melalui uji kadar air, berat jenis tanah, serta batas Atterberg yang meliputi batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas. Pengujian batas Atterberg digunakan untuk menentukan tingkat plastisitas dan potensi kembang-susut tanah (Das, 2011). Seluruh pengujian dilakukan sesuai dengan standar pengujian tanah yang berlaku

di laboratorium mekanika tanah (Hardiyatmo, 2010). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Sampel tanah diambil dari Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang, sedangkan limbah marmer diperoleh dari industri pengolahan marmer di Kabupaten Tulungagung.

Variasi penambahan limbah marmer yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat kering tanah. Seluruh sampel diuji di laboratorium mekanika tanah.

Pengujian sifat fisis tanah yang dilakukan meliputi:

1. **Uji kadar air alami**, untuk mengetahui kondisi awal tanah.
2. **Uji berat jenis tanah,** untuk mengetahui karakteristik butiran tanah.
3. **Uji batas Atterberg**, yang meliputi batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI).

Seluruh pengujian dilakukan sesuai dengan standar SNI yang berlaku.

METODE

1. Jenis Penelitian

Pengujian sifat fisis tanah dilakukan melalui uji kadar air, berat jenis tanah, serta batas Atterberg yang meliputi batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas. Pengujian batas Atterberg digunakan untuk menentukan tingkat plastisitas dan potensi kembang-susut tanah (Das, 2011). Seluruh pengujian dilakukan sesuai dengan standar pengujian tanah yang berlaku di laboratorium mekanika tanah (Hardiyatmo, 2010).

2. Lokasi Penelitian

Sampel tanah diambil dari Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang, sedangkan limbah marmer diperoleh dari industri pengolahan marmer di Kabupaten Tulungagung. Berikut lokasi penelitian pada gambar 3.2:

Perumahan Zamrud Village Ngoro-Jombang, Tegalan, Kauman, Kec. Ngoro, Kabupaten Jombang, Jawa Timur 61473
-7,6961387, 112,2603205

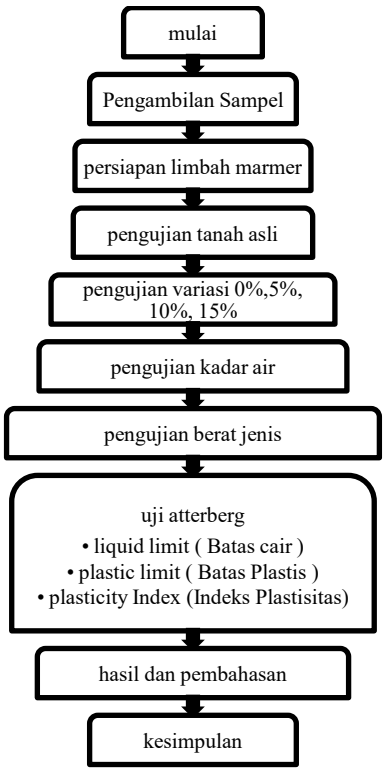
3. Tahapan Penelitian

Variasi penambahan limbah marmer yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat kering tanah. Seluruh sampel diuji di laboratorium mekanika tanah.

Pengujian sifat fisis tanah yang dilakukan meliputi:

A. **Uji kadar air alami**, untuk mengetahui kondisi awal tanah.
B. **Uji berat jenis tanah,** untuk mengetahui karakteristik butiran tanah.
C. **Uji batas Atterberg**, yang meliputi batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI).

Seluruh pengujian dilakukan sesuai dengan standar SNI yang berlaku.



gambar 1. diagram alir penelilitian sifat fisis tanah ekspansif

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar Air Tanah asli

Kadar air alami tanah yang relatif tinggi menunjukkan dominasi fraksi lempung dan kemampuan tanah dalam menyerap air. Tanah dengan kadar air tinggi umumnya memiliki plastisitas besar dan berpotensi mengalami perubahan volume yang signifikan (Das, 2011). Kondisi ini memperkuat indikasi bahwa tanah penelitian tergolong tanah ekspansif dan memerlukan perbaikan sifat fisis.

tabel. 1 hasil uji Kadar Air

Kadar Air Tanah				
Test No		1	2	3
No Cawan		6	12	23
Berat cawan kosong, (W1)	gr	11.06	11.09	11.12
Berat cawan + tanah basah, (W2)	gr	37.85	37.92	37.64
Berat cawan + tanah kering, (W3)	gr	29.97	30.23	29.82
Berat air, (W2 - W3)	gr	7.88	7.69	7.82
Berat tanah kering, (W3 - W1)	gr	18.91	19.14	18.70
Kadar air, w (W2-W3)/(W3-W1) x 100	%	41.67	40.18	41.82
Kadar air rata-rata, w	%	41.22		

2. Pengujian Berat Jenis

Nilai berat jenis tanah berada pada kisaran tanah lempung dan tidak mengalami perubahan signifikan setelah penambahan limbah marmer. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah marmer tidak mengubah komposisi mineral utama tanah, melainkan berperan sebagai bahan pengisi yang memengaruhi struktur tanah (Hardiyatmo, 2010).

tabel. 2 hasil uji Berat Jenis tanah asli

Berat Jenis Tanah Asli 100%				
Test No		1	2	3
No Piknometer		A1	A2	A3
Berat piknometer kosong, (W1)	gr	80.04	73.13	78.44
Berat piknometer + tanah kering, (W2)	gr	90.32	83.46	89.07
Berat piknometer + tanah kering + air, (W3)	gr	185.07	177.97	184.53
Temperatur campuran tanah + air, (T1)	^oC	33	33	33
Berat piknometer + air, (W4)	gr	178.66	171.67	177.81
Berat tanah kering, (W2-W1)	gr	10.28	10.33	10.63
Volume butiran tanah, (W4)+(W2-W1)-(W3)	cc	3.87	4.03	3.91
Gs (pada T1 ^oC)=(W2-W1)/(W4)+(W2-W1)-(W3)	gr/cc	2.656	2.563	2.719
Koreksi, K		0.9965	0.9965	0.9965
Gs (pada 20 ^oC)=Gs (pada T1 ^oC) x K =	gr/cc	2.647	2.554	2.709
Gs (pada 20 ^oC) rata-rata =	gr/cc	2.637		

3. Uji Atterberg

- **Batas cair (*Liquid Limit*)**

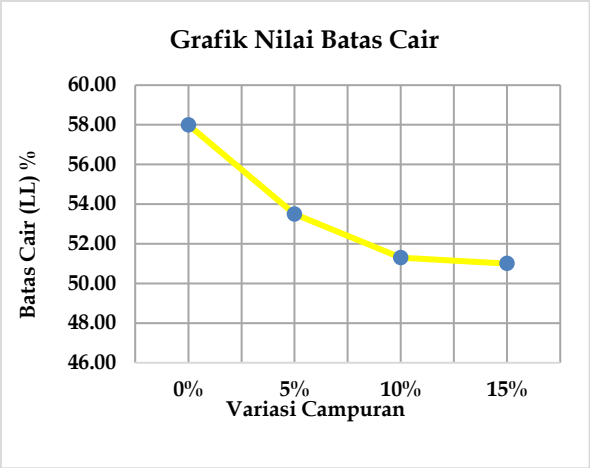
tabel. 3 hasil uji Batas cair tanah asli

Batas Cair Tanah Asli 100%					
No.Test		1	2	3	4
No.Cawan		1	2	3	4
Berat Cawan kosong (w1)	gr	11.2	11.28	11.1	11.02
berat cawan + tanah basah (w2)	gr	23.98	23.67	23.58	23.86
barat cawan + tanah kering (w3)	gr	19.52	19.18	18.73	19.06
Berat air (w2-w3)	gr	4.46	4.49	4.85	4.8
berat tanah kering (w3-w1)	gr	8.32	7.9	7.63	8.04
kadar air w (w2-w3)/(w3-w1)x100	%	53.61	56.84	63.56	59.70
Jumlah Pukulan		36	30	14	19
Batas Cair (Liquid Limit)	%	58.00			

tabel. 4 hasil uji Batas Cair penambahan campuran limbah marmer

Campuran limbah marmer	Batas Cair
0%	58.00
5%	53.50
10%	51.30
15%	51.00

Penurunan nilai batas cair akibat penambahan limbah marmer mengindikasikan berkurangnya kemampuan tanah dalam mengikat air. Fenomena ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan material non-plastik dapat menurunkan nilai batas cair tanah lempung ekspansif (Amu & Adetuberu, 2010).



grafik 1. Hasil uji Batas Cair dengan penambahan campuran limbah marmer (%)

- **Batas plastis(*Plastic Limit)***

tabel. 5 hasil uji Batas Plastis

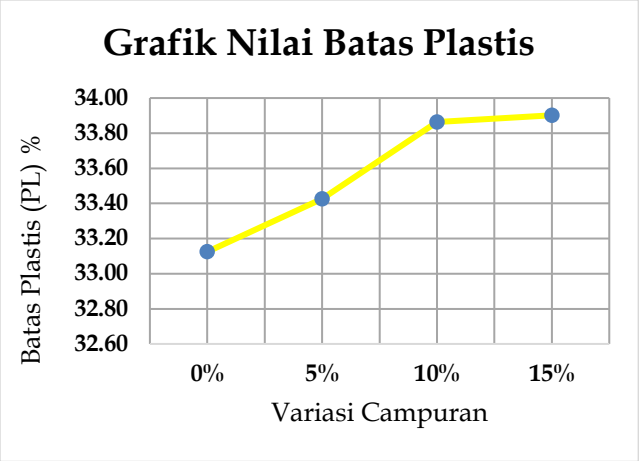
Batas Plastis Tanah Asli 100%				
No. Test		1	2	3
No. Cawan		30	31	32
Berat Cawan kosong (w1)	gr	12.73	12.8	11.2
berat cawan + tanah basah (w2)	gr	19.91	20.7	20.22
barat cawan + tanah kering (w3)	gr	18.21	18.69	17.92
Berat air (w2-w3)	gr	1.7	2.01	2.3
berat tanah kering (w3-w1)	gr	5.48	5.89	6.72
kadar air w (w2-w3)/(w3-w1)x100	%	31.02	34.13	34.23
Batas Plastis , PL	%	33.12		

tabel. 6 hasil uji Batas Plastis penambahan campuran limbah marmer

Campuran limbah marmer	Batas Plastis
0%	33.12
5%	33.43
10%	33.86
15%	33.90

Perubahan nilai batas plastis menunjukkan bahwa rentang kadar air plastis tanah menjadi lebih sempit. Kondisi ini menandakan bahwa tanah menjadi lebih stabil terhadap perubahan kadar air, sehingga lebih aman digunakan sebagai tanah dasar

konstruksi.



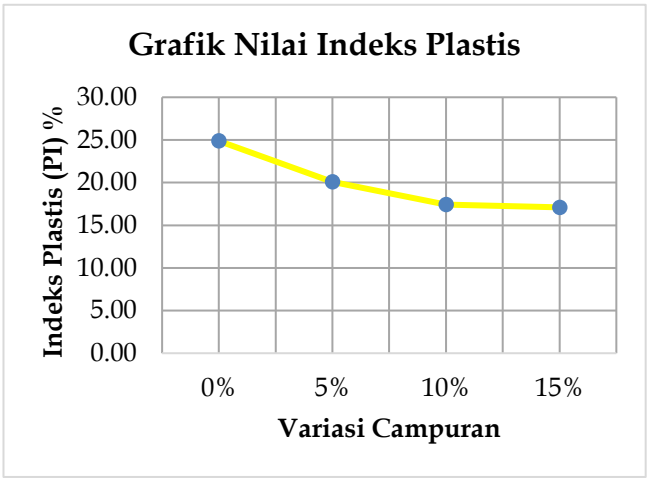
grafik 2. Hasil uji Batas Plastis dengan penambahan campuran limbah marmer (%)

- **Indeks plastisitas (*Plastisity Index*)**

tabel. 7. tabel Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas						
Variasi		LL	-	PL		IP
Tanah Asli 100%	=	58.00	-	33.12	=	24.88
Campuran Limbah Marmer 5%	=	53.50	-	33.43	=	20.07
Campuran Limbah Marmer 10%	=	51.30	-	33.86	=	17.44
Campuran Limbah Marmer 15%	=	51.00	-	33.90	=	17.10

Nilai Liquid Limit (LL) menurun dari 58,00% pada tanah asli menjadi 53,50% (5%), 51,30% (10%), dan 51,00% (15%), sedangkan Plastic Limit (PL) relatif stabil pada kisaran 32,12%-33,90%. Penurunan terjadi pada Plasticity Index (PI) dari 24,88% menjadi 20,07% (5%), 17,44% (10%), dan 17,10% (15%), yang menunjukkan berkurangnya potensi kembang-susut dan meningkatnya kestabilan tanah.



grafik 3. Hasil Indeks Plastis dengan penambahan campuran limbah marmer (%)

PEMBAHASAN SIFAT FISIS

Penurunan nilai batas cair dan indeks plastisitas yang disertai dengan nilai berat jenis yang relatif konstan menunjukkan bahwa perbaikan sifat fisis tanah lebih disebabkan oleh perubahan struktur dan distribusi partikel tanah. Limbah marmer berperan sebagai material non-plastik yang mengurangi dominasi fraksi lempung aktif, sehingga meningkatkan stabilitas tanah secara fisis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

- Tanah penelitian memiliki karakteristik tanah ekspansif dengan plastisitas tinggi.
- Penambahan limbah marmer menurunkan nilai batas cair dan indeks plastisitas tanah.
- Penurunan indeks plastisitas menunjukkan berkurangnya potensi kembang-susut tanah.
- Limbah marmer berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi tanah alternatif yang ramah lingkungan.
- Berdasarkan Uji Laboratorium penambahan campuran Limbah marmer 0%-15%,didapatkan hasil yang kurang memuaskan dari uji fisik dan mekanis , untuk nilai Indek Plastisitas (PI) penambahan limbah marmer masih belum signifikan dan masih dalam kondisi plastisitas tinggi, untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi kadar limbah marmer yang lebih luas untuk mengetahui batas maksimum campuran yang masih memberikan peningkatan sifat tanah secara signifikan.

REFERENSI

Referensi yang digunakan sebagian besar merupakan pustaka primer (hasil penelitian) diurutkan secara Alfabetis. Format penulisan referensi adalah sebagai berikut :

Amu, O. O., & Adetuberu, A. A. (2010). Characteristics of marble dust stabilization of lateritic soil. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 1(4), 65–69.

Das, B. M. (2011). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage Learning.

Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika tanah II*. Gadjah Mada University Press.

Sabat, A. K., & Nanda, R. P. (2011). Effect of marble dust on strength and durability of clay soil. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 4(6), 827–830.