



PENGARUH PENGGUNAAN ZEOLITE UNTUK STABILISASI KUAT GESER TANAH LUMPUR LAPINDO DI WILAYAH PORONG

Prayoga Abdullah Azzam¹

¹Mahasiswa D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.
Email: prayogaabdullah.21040@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Tanah lumpur Lapindo di wilayah Porong memiliki karakteristik plastisitas tinggi, kadar air besar, serta nilai kuat geser yang rendah, sehingga tidak memenuhi syarat sebagai material dasar konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit sebagai bahan stabilisasi terhadap peningkatan kuat geser tanah tersebut. Pengujian dilakukan melalui uji sifat fisik (berat jenis, kadar air, batas Atterberg, dan analisis butiran) serta uji mekanik berupa uji geser langsung (direct shear test) pada campuran tanah dengan variasi zeolit sebesar 15%, 25%, dan 35%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan zeolit mampu meningkatkan kohesi dan sudut geser dalam tanah. Nilai kohesi tertinggi sebesar 0,471 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 27,69° diperoleh pada campuran zeolit 35%. Dengan demikian, penambahan zeolit efektif dalam memperbaiki sifat mekanik tanah lumpur Lapindo dan dapat menjadi alternatif material stabilisasi tanah yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata kunci: stabilisasi tanah, zeolit, lumpur Lapindo, kuat geser, uji geser langsung.

Abstract

The Lapindo mud in the Porong area exhibits high plasticity, high water content, and low shear strength, making it unsuitable as a foundation material for construction. This study aims to evaluate the effect of zeolite as a stabilizing agent to improve the shear strength of the soil. Laboratory tests were conducted, including physical tests (specific gravity, water content, Atterberg limits, and grain size analysis) and mechanical tests using the direct shear method on soil mixed with 15%, 25%, and 35% zeolite. The results show that zeolite addition significantly improves the cohesion and internal friction angle of the soil. The highest values were obtained at 35% zeolite content, with cohesion reaching 0.471 kg/cm² and an internal friction angle of 27.69°. Therefore, zeolite addition is effective in enhancing the mechanical properties of Lapindo mud and offers a cost-effective and environmentally friendly soil stabilization solution.

Keywords: soil stabilization, zeolite, Lapindo mud, shear strength, direct shear test.

Article History

Received: Juli 2025

Reviewed: Juli 2025

Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan kondisi geologis yang kompleks dan beragam jenis tanah, termasuk jenis tanah lunak seperti tanah lumpur Lapindo di wilayah Porong, Sidoarjo. Tanah ini terbentuk akibat semburan lumpur sejak tahun 2006 dan memiliki sifat geoteknik yang sangat buruk, seperti kadar air tinggi, plastisitas tinggi, serta nilai kuat geser yang rendah. Kondisi tersebut menyebabkan tanah tidak memenuhi persyaratan sebagai material dasar konstruksi, baik untuk jalan, bangunan, maupun infrastruktur lainnya.

Karakteristik tanah lumpur Lapindo, yang diklasifikasikan sebagai lempung anorganik plastis tinggi (CH) berdasarkan sistem klasifikasi USCS, menunjukkan bahwa tanah ini sangat rentan terhadap penurunan dan deformasi apabila tidak dilakukan perbaikan. Salah satu metode perbaikan yang cukup efektif dan ekonomis adalah stabilisasi tanah, yaitu teknik perbaikan dengan mencampurkan tanah dengan bahan tertentu yang mampu meningkatkan sifat teknisnya.

Zeolit merupakan salah satu material alami yang berpotensi digunakan sebagai bahan stabilisasi. Zeolit memiliki struktur berpori dan kemampuan tukar ion yang baik, serta mampu menyerap air dan ion-ion dalam tanah. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa zeolit mampu memperbaiki sifat mekanik tanah, termasuk meningkatkan nilai kuat tekan bebas dan mengurangi pengaruh ekspansif pada tanah lempung. Namun, penggunaan zeolit untuk meningkatkan kuat geser tanah lumpur Lapindo secara spesifik masih belum banyak diteliti.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan zeolit terhadap peningkatan kuat geser tanah lumpur Lapindo. Fokus utama penelitian ini adalah menganalisis perubahan nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah akibat variasi kadar campuran zeolit sebesar 15%, 25%, dan 35%.

2. Tinjauan Pustaka

Tanah Lumpur Lapindo

Lumpur Lapindo merupakan jenis tanah lempung dengan kadar air tinggi dan karakteristik plastisitas yang sangat besar. Menurut Juniawan et al. (2013), tanah lumpur Lapindo memiliki kadar

air berkisar 50–80%, indeks plastisitas tinggi, dan berat jenis rendah, menjadikannya tidak stabil dan tidak layak sebagai media konstruksi tanpa perbaikan.

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan upaya rekayasa untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah, terutama untuk meningkatkan daya dukung dan menurunkan tingkat plastisitas. Bahan-bahan stabilisasi dapat berupa semen, kapur, maupun bahan alternatif seperti zeolit (Widodo, 2020). Metode stabilisasi mekanik atau kimia sangat diperlukan untuk memperkuat struktur tanah lunak seperti lumpur Lapindo.

Zeolit sebagai Bahan Stabilisasi

Zeolit adalah mineral aluminosilikat yang memiliki struktur pori-pori mikroskopis dan kemampuan ion exchange tinggi. Zeolit berperan sebagai agen pozzolan yang dapat bereaksi dengan Ca(OH)_2 membentuk senyawa pengikat (CSH dan CAH) sehingga meningkatkan kekuatan tanah (Mola-Abasi & Shooshpasha, 2016). Penambahan zeolit terbukti dapat meningkatkan kohesi dan sudut geser tanah hingga titik optimum sebelum efeknya menurun kembali (Norouznejad et al., 2021).

Parameter Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah dinyatakan melalui parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Pengujian Direct Shear Test adalah metode standar untuk memperoleh nilai-nilai ini. Menurut Das (2010), nilai kohesi berkaitan dengan gaya tarik antarpadatan butiran tanah, sementara sudut geser dalam mencerminkan kemampuan gesek butiran saat menerima pembebanan.

3. Metode Penelitian

Lokasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah. Sampel tanah diperoleh dari wilayah lumpur Lapindo di Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Tanah yang digunakan adalah tanah asli tanpa perlakuan awal, kemudian dicampur dengan zeolit sebagai bahan stabilisasi.

Bahan yang Digunakan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah tanah lumpur Lapindo dan zeolit alam yang telah dihaluskan dan disaring hingga lolos ayakan No.

200. Komposisi campuran zeolit terhadap berat kering tanah adalah 0% (kontrol), 15%, 25%, dan 35%. Setelah dicampur, sampel didiamkan selama 7 hari dalam kondisi lembab tertutup (curing) untuk memaksimalkan interaksi antarpartikel.

Jenis dan Tahapan Pengujian

Pengujian dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

a. Uji Fisis

Meliputi pengujian berat jenis tanah (Gs), kadar air (w), batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI). Analisis saringan dan hidrometer dilakukan untuk mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan sistem klasifikasi USCS dan AASHTO.

b. Uji Mekanis (Direct Shear Test)

Uji geser langsung dilakukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Pengujian dilakukan dengan tiga variasi tegangan normal: 0,1; 0,2; dan 0,3 kg/cm². Setiap variasi campuran diuji untuk mengetahui respon geser maksimum.

Analisis Data

Data hasil uji dianalisis dengan menggunakan kriteria Mohr-Coulomb:

$$\tau=c+\sigma\cdot\tan(\phi)$$

Keterangan:

- τ\taur : tegangan geser (kg/cm²)
- ccc : kohesi tanah (kg/cm²)
- σ\sigma : tegangan normal (kg/cm²)
- φ\phiφ : sudut geser dalam (derajat)

Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser maksimum diplot dalam grafik untuk mendapatkan garis kuat geser, yang menghasilkan nilai c dan φ\phiφ dari garis regresi linier.

4. Hasil Penelitian

Penelitian ini menganalisis pengaruh penambahan zeolit terhadap peningkatan sifat fisik dan mekanik tanah lumpur Lapindo melalui pengujian laboratorium. Parameter yang diuji meliputi kadar air, berat jenis, batas Atterberg, kepadatan maksimum (MDD), kadar air optimum

(OMC), serta parameter kuat geser seperti kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ).

Karakteristik Tanah Asli

Tanah asli memiliki kadar air rata-rata sebesar 37,07% dan berat jenis 2,747 gr/cm³. Nilai batas cair (LL) mencapai 82,5% dan batas plastis (PL) sebesar 48,91%, menghasilkan indeks plastisitas (PI) sebesar 33,59%, yang menunjukkan potensi pengembangan sedang. Hasil uji Proctor menunjukkan MDD sebesar 1,32 gr/cm³ dan OMC sekitar 30%.

Pengaruh Penambahan Zeolit

Pengujian Direct Shear menunjukkan tren peningkatan kuat geser seiring penambahan zeolit hingga 25%, dengan penurunan setelahnya. Nilai kohesi dan sudut geser dalam masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Zeolit terhadap Parameter Kuat Geser Tanah

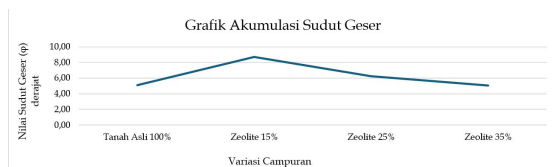
Variasi Zeolit	Kohesi (c) [kPa]	Sudut Geser (φ) [°]
0% (Tanah Asli)	19,75	5,09
15%	22,76	8,70
25%	28,46	6,22
35%	24,10	5,05

Interpretasi dan Diskusi

Penambahan zeolit sebesar 25% memberikan peningkatan kohesi dan kekuatan geser paling optimal. Hal ini menunjukkan bahwa pada kadar ini, zeolit berfungsi efektif dalam mengisi pori-pori tanah dan meningkatkan interaksi antar partikel. Namun, penurunan kekuatan geser pada kadar 35% mengindikasikan bahwa kelebihan zeolit dapat mengganggu struktur tanah karena reaksi geokimia tidak lagi efisien.



Gambar 1 Grafik Akumulasi Kohesi



Gambar 2 Grafik Akumulasi Sudut Geser

Penurunan ini sesuai dengan penelitian Norouznejad et al. (2021) yang menyatakan bahwa efektivitas zeolit menurun setelah proporsi optimal (~30%) karena kelebihan kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 menghambat pembentukan senyawa pengikat (CSH dan CAH). Temuan ini juga diperkuat oleh Mola-Abasi & Shooshpasha (2016) yang menunjukkan bahwa kinerja zeolit pada campuran tanah-cement mengalami penurunan setelah batas optimum.

Tanah lumpur Lapindo di wilayah Porong memiliki kadar air tinggi (37,07%), berat jenis 2,747 gr/cm^3 , nilai batas cair 82,5%, dan indeks plastisitas 33,59% yang menunjukkan karakteristik sangat plastis dan lunak, serta potensi pengembangan sedang.

Hasil pengujian kuat geser menunjukkan bahwa penambahan zeolit meningkatkan parameter mekanis tanah. Kohesi meningkat dari 19,75 kPa (tanpa zeolit) menjadi maksimum 28,46 kPa pada campuran zeolit 25%. Demikian pula, sudut geser dalam meningkat dari 5,09° menjadi 6,22° pada komposisi yang sama.

Komposisi zeolit sebesar 25% merupakan persentase optimum untuk meningkatkan kuat geser tanah. Pada kadar 35%, nilai kohesi dan sudut geser menurun kembali, menunjukkan bahwa penambahan zeolit secara berlebihan tidak memberikan efek stabilisasi tambahan dan bahkan dapat mengganggu struktur tanah.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-1745-2000: Cara Uji Kadar Air Tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-6371-2000: Cara Uji Berat Jenis Tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1967:2008: Cara Uji Penentuan Batas Atterberg Tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 03-1742-2008: Cara Uji Pemadatan Tanah – Uji Proctor. Jakarta: BSN.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* (7th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Juniawan, A., Riyadi, A., & Basuki, A. (2013). Karakteristik Fisik dan Mekanik Lumpur Lapindo untuk Aplikasi Teknik Sipil. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), A234–A239. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v2i2.2989>
- Mola-Abasi, H., & Shooshpasha, I. (2016). Effect of zeolite on improvement of strength parameters of clayey soils. *Environmental Earth Sciences*, 75(16), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5964-2>
- Norouznejad, F., Ahmad, F., & Mohammadi, M. (2021). Strength behavior of zeolite-treated soil under various curing conditions. *Construction and Building Materials*, 270, 121455. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121455>
- Widodo, H. (2020). Stabilisasi Tanah Menggunakan Bahan Alam Lokal. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 22(3), 211–219.