

PENGARUH STABILISASI TANAH BEKAS TAMBANG MENGUNAKAN FLY ASH DAN KAPUR TERHADAP PARAMETER KUAT GESER

Fathurrahman Al Mudzakki¹, Syahril Rahmat², Nevy Sandra³, Oktaviani⁴
^{1, 2, 3, 4}Univeristas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Padang, Sumatera Barat, Indonesia
Email: fathuralmudzakki03@gmail.com

Article History

Received: 02-06-2026

Revision: 06-07-2026

Accepted: 14-07-2026

Published: 20-07-2026

Abstract. The ex-mining land in Gunung Sarik, Padang City, has soil conditions with low shear strength due to structural degradation resulting from mining activities. This study aims to analyze the effect of stabilization using fly ash (Class F) and quicklime on the improvement of soil shear strength parameters (cohesion c and internal friction angle ϕ), with a specific focus on the effect of lime content variations (0%, 4%, 8%, 12%) at a constant fly ash content of 5%. The research methods included soil physical properties testing (moisture content, specific gravity, sieve analysis, Atterberg limits) and direct shear testing referring to ASTM/SNI standards. Based on the Unified Soil Classification System (USCS), the soil was classified as high-plasticity gravelly elastic silt (MH) with a water content of 24.91% and a plasticity index of 15.71%. At 5% fly ash content, the addition of lime increased the cohesion value from 0.049 kg/cm² (0% lime) to 0.234 kg/cm² (8% lime) and the internal friction angle from 43.45° to 67.26°. However, at 12% lime addition, the cohesion value decreased to 0.140 kg/cm², while the internal friction angle increased to 76.77°. The increase in shear strength occurred due to the pozzolanic reaction between CaO from lime and SiO₂ and Al₂O₃ from fly ash, which formed cementitious compounds that bind soil particles. The optimum combination was obtained at a mixture of 5% fly ash + 8% lime. This study recommends the use of this combination for subgrade improvement in light to medium construction in ex-mining areas.

Keywords: Soil Stabilization, Fly Ash, Lime, Shear Strenght, Direct Shear, Ex-Mining Soil.

Abstrak. Lahan bekas tambang di Gunung Sarik, Kota Padang memiliki kondisi tanah dengan kuat geser rendah akibat degradasi struktur akibat aktivitas penambangan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh stabilisasi menggunakan *fly ash* (kelas F) dan kapur tohor terhadap peningkatan parameter kuat geser tanah (kohesi c dan sudut geser dalam ϕ), dengan fokus khusus pada pengaruh variasi kadar kapur (0%, 4%, 8%, 12%) pada kadar *fly ash* tetap 5%. Metode penelitian meliputi uji sifat fisik tanah (kadar air, berat jenis, analisis saringan, batas Atterberg) dan uji geser langsung (*Direct Shear Test*) mengacu pada standar ASTM/SNI. Berdasarkan sistem *Unified Soil Classification System* (USCS), tanah diklasifikasikan sebagai lanau elastis kerikilan dengan plastisitas tinggi (MH) dengan kadar air 24,91% dan indeks plastisitas 15,71%. Pada kadar fly ash 5%, penambahan kapur meningkatkan nilai kohesi dari 0,049 kg/cm² (0% kapur) menjadi 0,234 kg/cm² (8% kapur) dan sudut geser dalam dari 43,45° menjadi 67,26°. Namun, pada penambahan kapur 12%, nilai kohesi menurun menjadi 0,140 kg/cm², sedangkan sudut geser dalam meningkat menjadi 76,77°. Peningkatan kuat geser terjadi akibat reaksi *pozzolanik* antara CaO dari kapur dengan SiO₂ dan Al₂O₃ dari *fly ash* yang membentuk senyawa sementasi pengikat partikel tanah. Kombinasi optimum diperoleh pada campuran 5% fly ash + 8% kapur. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan kombinasi tersebut untuk perbaikan tanah dasar pada konstruksi ringan hingga menengah di area bekas tambang.

Kata Kunci: Stabilisasi Tanah, *Fly Ash*, Kapur, Kuat Geser, *Direct Shear*, Tanah Bekas Tambang.

How to Cite: Mudzakki, Rahmat, S., F. A., Sandra, N & Oktaviani. (2026). Pengaruh Stabilisasi Tanah Bekas Tambang Menggunakan *Fly Ash* dan Kapur Terhadap Parameter Kuat Geser. *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 4 (4), 4251-4260. <http://doi.org/10.54373/hijm.v4i4.6085>

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan pembangunan infrastruktur di Indonesia meningkatkan kebutuhan terhadap lahan, sementara ketersediaan lahan dengan kondisi tanah yang memenuhi persyaratan teknis semakin terbatas. Kota Padang sebagai salah satu wilayah berkembang di Sumatera Barat mengalami peningkatan jumlah penduduk dari 919.145 jiwa pada tahun 2022 menjadi 954.177 jiwa pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik Kota Padang, 2025). Kondisi tersebut mendorong pemanfaatan lahan alternatif, termasuk area bekas tambang yang sudah tidak beroperasi, untuk mendukung kebutuhan pembangunan.

Area bekas tambang umumnya memiliki kondisi tanah yang terdegradasi. Berdasarkan kajian geoteknik di wilayah Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, aktivitas penambangan tanah liat yang terus-menerus serta penggunaan alat berat tanpa pengendalian teknis akan menyebabkan berkurangnya ikatan antarpartikel tanah sehingga nilai kuat geser tanah menjadi rendah. Hal ini dapat memicu ketidakstabilan tanah yang berisiko menimbulkan kerusakan pada struktur seperti retakan pada perkerasan jalan maupun kegagalan fondasi bangunan. Stabilisasi tanah diperlukan untuk memperbaiki karakteristik tanah yang mengalami degradasi. Stabilisasi tanah merupakan proses peningkatan sifat fisik dan mekanik tanah melalui penambahan bahan tertentu atau aditif (Hardiyatmo, 2010). Fly ash dan kapur merupakan dua bahan yang banyak digunakan dalam proses stabilisasi tanah. Fly ash merupakan limbah padat hasil pembakaran batu bara yang memiliki sifat pozzolanik karena mengandung senyawa silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan kalsium oksida (CaO) (ASTM International, 2019; Ibrahim, 2014). Kapur tohor (CaO) juga dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah lunak melalui peningkatan kohesi dan daya dukung tanah (Aryanto et al., 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi fly ash dan kapur efektif meningkatkan sifat mekanik tanah. Ricardo Morrison (2024) melaporkan peningkatan kuat geser tanah pada tanah Gedebage akibat penambahan fly ash. Reki Arbianto (2022) menunjukkan bahwa penambahan fly ash meningkatkan kohesi tanah hingga rata-rata 13%. Penelitian lain oleh Nurdiyanto et al. (2024) melaporkan penurunan indeks plastisitas hingga 8,88% dan peningkatan kohesi sebesar 0,203 kg/cm^2 akibat kombinasi fly ash dan kapur. Sementara itu, Aristianto et al. (2021) menemukan peningkatan kuat geser tanah lempung dari 0,184 menjadi 0,219 kg/cm^2 dengan penambahan kapur. Penelitian lain tentang stabilisasi fly ash pada berbagai jenis tanah juga menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan kuat geser tanah (Zheng et al., 2025; Muhaimin et al., 2020; Siregar et al., 2025).

Penelitian mengenai interaksi fly ash dan kapur pada tanah bekas tambang masih terbatas, khususnya pada kondisi kadar fly ash tetap. Pada penelitian ini digunakan fly ash 5% karena pada kadar tersebut telah terbukti memberikan peningkatan awal yang efektif terhadap sifat kuat geser tanah. Variasi kapur 0%, 4%, 8%, dan 12% digunakan untuk melihat pengaruh penambahan CaO terhadap reaksi pozzolanik dan perubahan parameter kuat geser tanah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi kapur pada campuran fly ash 5% terhadap kuat geser tanah bekas tambang di Gunung Sarik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kuantitatif yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Negeri Padang pada Februari-April 2026. Sampel tanah diambil dari area bekas tambang di Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Sampel tanah yang digunakan berupa tanah terganggu (disturbed sample) yang diambil pada kedalaman 0,5–1,5 m. Material stabilisasi yang digunakan terdiri dari fly ash kelas F yang berasal dari PLTU Teluk Sirih, Sumatera Barat, serta kapur tohor (CaO) yang berasal dari Bukit Tui, Padang Panjang. Komposisi kimia kedua material tersebut disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kimia fly ash kelas F

Senyawa Kimia	Kandungan	Satuan
SiO ₂	57,12	%
Al ₂ O ₃	14,56	%
CaO	11,25	%
MgO	2,58	%
SO ₃	1,89	%
Na ₂ O	0,61	%
K ₂ O	0,33	%
Hilang Pijar (Unburnt Carbon)	1,72	%
Fe ₂ O ₃	10,16	%
Moisture (Kadar Air)	0,14	%

Sumber: Badan Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang, 2024

Tabel 2. Komposisi Kimia Kapur Tohor

Senyawa Kimia	Kandungan	Satuan
Al ₂ O ₃ (Alumunium Oksida)	12,79	%
SiO ₂ (Silikon Dioksida)	52	%
CaO (Kalsium Oksida)	31	%
Mgo (Magnesium Oksida)	22	%

Sumber: Kapur Tohor Bukit Serambi, 2023

Variasi Campuran

Fokus utama penelitian ini adalah variasi kadar kapur pada kadar *fly ash* tetap 5% dengan rincian pada Tabel 3.

Tabel 3. Variasi campuran tanah, fly ash, dan kapur

Kode Sampah	Tanah (%)	Fly Ash (%)	Kapur (%)
TA (Tanah Asli)	100	0	0
TA + FA 5% + K 0%	95	5	0
TA + FA 5% + K 4%	91	5	4
TA + FA 5% + K 8%	87	5	8
TA + FA 5% + K 12%	83	5	12

Prosedur Pengujian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan pengujian laboratorium untuk mengetahui pengaruh penambahan fly ash dan kapur terhadap kuat geser tanah. Pengujian diawali dengan pengujian sifat fisik tanah yang meliputi kadar air (SNI 1965:2019), berat volume (ASTM D7263-21), berat jenis (SNI 1964:2008), analisis saringan (SNI 3423:2008), analisis hidrometer (ASTM D422-63), serta batas Atterberg berdasarkan SNI 1967:2008 dan SNI 1966:2008. Selanjutnya dilakukan pengujian pemadatan menggunakan Standard Proctor Test mengacu pada SNI 1742:2008 untuk memperoleh kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum (MDD).

Benda uji kemudian dibuat dengan mencampurkan tanah, fly ash, dan kapur sesuai variasi yang telah ditentukan, lalu dipadatkan pada kondisi optimum. Pengujian kuat geser dilakukan menggunakan Direct Shear Test berdasarkan ASTM D3080 dengan variasi beban normal sebesar 3,32 kg, 6,64 kg, dan 9,96 kg. Nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) ditentukan berdasarkan kriteria Mohr-Coulomb, yaitu $\tau = c + \sigma \tan \phi$. Selanjutnya, hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui perubahan kuat geser tanah akibat variasi campuran.

HASIL DAN DISKUSI

Karakteristik Tanah Asli

Tabel 4. Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik tanah asli

Parameter	Nilai	Satuan
Kadar air (w)	24,91	%
Berat volume (γ)	1,840	gram/cm ³
Berat jenis (G_s)	2,55	gram/cm ³
Lolos saringan No.200	54,51	%
Batas cair (LL)	52,33	%
Batas plastis (PL)	36,62	%
Indeks plastisitas (PI)	15,71	%

Hasil pengujian sifat fisik tanah menunjukkan bahwa kadar air tanah sebesar 24,91%, dengan berat volume $1,840 \text{ gram/cm}^3$ dan berat jenis (Gs) sebesar 2,55. Hasil analisis saringan menunjukkan bahwa persentase lolos saringan No.200 mencapai 54,51% ($>50\%$), sehingga tanah termasuk kategori tanah berbutir halus. Hasil pengujian batas Atterberg menunjukkan nilai batas cair (*Liquid Limit*) sebesar 52,33%, batas plastis (*Plastic Limit*) sebesar 36,62%, dan indeks plastisitas (*Plasticity Index*) sebesar 15,71%. Berdasarkan diagram plastisitas Casagrande, tanah berada pada zona MH sehingga diklasifikasikan sebagai lanau elastis kerikilan dengan plastisitas tinggi (MH). Hasil *Proctor Test* menunjukkan kadar air optimum (OMC) sebesar 28,38% dan berat isi kering maksimum (MDD) sebesar $1,37 \text{ gram/cm}^3$. Nilai OMC digunakan sebagai acuan kadar air dalam proses pencampuran tanah, fly ash, dan kapur pada pembuatan benda uji agar diperoleh kepadatan maksimum dan campuran yang lebih homogen.

Parameter Kuat Geser Tanah Asli dan Variasi Kapur dengan Fly Ash 5%

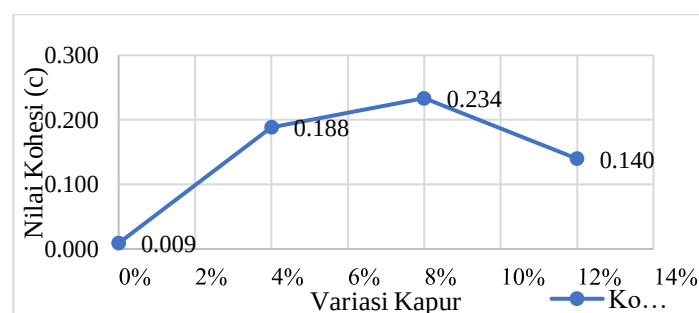
Hasil pengujian *Direct Shear Test* menunjukkan adanya perubahan parameter kuat geser pada tanah asli dan variasi kapur dengan fly ash 5%.

Tabel 5. Parameter kuat geser pada tanah asli dan variasi kapur dengan *fly ash* 5%

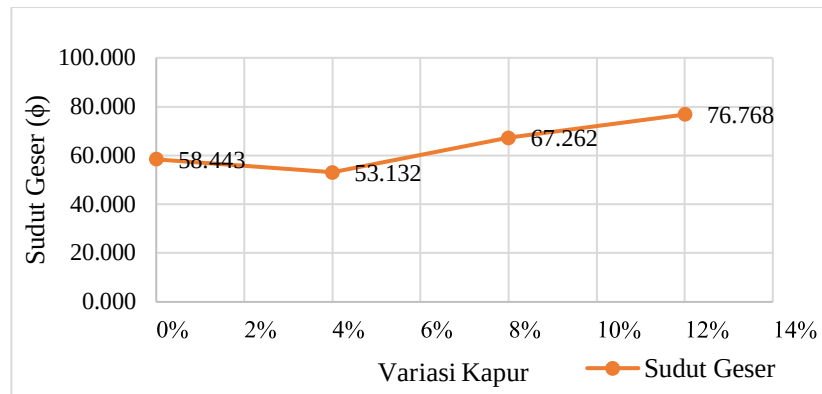
Sampel	Kohesi, c (kg/cm^2)	Sudut Geser Dalam, ϕ ($^\circ$)
TA (tanah asli)	0,009	58,44
TA + FA 5% + K 0%	0,049	43,45
TA + FA 5% + K 4%	0,188	53,13
TA + FA 5% + K 8%	0,234	67,26
TA + FA 5% + K 12%	0,140	76,77

Hasil uji geser langsung pada tanah asli menunjukkan nilai kohesi (c) = $0,009 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam (ϕ) = $58,44^\circ$. Nilai kohesi yang sangat rendah mengindikasikan lemahnya ikatan antarpartikel tanah, sementara sudut geser yang tinggi menunjukkan bahwa kekuatan geser tanah lebih didominasi oleh interaksi gesekan antarbutiran.

Pengaruh Variasi Kapur pada Kadar Fly Ash 5%



Gambar 1. Grafik Kohesi pada Variasi Kapur dengan Fly Ash 5%



Gambar 2. Grafik sudut geser pada variasi kapur dengan *fly ash* 5%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dan kapur memberikan perubahan terhadap parameter kuat geser tanah bekas tambang, baik pada nilai kohesi maupun sudut geser dalam. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas stabilisasi tidak hanya ditentukan oleh keberadaan bahan stabilisasi, tetapi juga oleh komposisi campuran yang digunakan. Mekanisme perbaikan tanah dalam penelitian ini dapat dijelaskan melalui kombinasi efek pengisian rongga, flokulasi-aglomerasi, serta reaksi pozzolanik yang menghasilkan ikatan sementasi antarpartikel.

Pada campuran 5% *fly ash* tanpa penambahan kapur (K0%), nilai kohesi meningkat dari 0,009 kg/cm² menjadi 0,049 kg/cm². Peningkatan ini menunjukkan bahwa *fly ash* dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan daya ikat antarpartikel tanah. Partikel *fly ash* yang berukuran halus dapat mengisi sebagian rongga di antara butiran tanah sehingga struktur campuran menjadi lebih rapat. Kandungan silika dan alumina pada *fly ash* juga berpotensi membentuk ikatan sekunder melalui reaksi pozzolanik, meskipun proses tersebut belum berlangsung secara optimal tanpa tambahan sumber kalsium yang memadai. Temuan ini selaras dengan penelitian Morrison et al. (2024) yang menunjukkan bahwa *fly ash* dapat meningkatkan kohesi tanah melalui kombinasi efek filler dan pembentukan ikatan sementasi. Hasil penelitian ini juga mendukung temuan Arbianto dan Gunarso (2022) mengenai peran *fly ash* dalam meningkatkan kohesi tanah.

Peningkatan kohesi tersebut, bagaimanapun, diikuti oleh penurunan sudut geser dalam dari 58,44° menjadi 43,45°. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kuat ikat antarpartikel tidak selalu diikuti oleh peningkatan tahanan gesek internal. Partikel *fly ash* yang halus dapat melapisi permukaan butiran tanah dan mengurangi kontak langsung antarpartikel, sehingga mekanisme gesekan menjadi kurang dominan. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* secara tunggal dapat memberikan respons yang berbeda terhadap parameter kuat geser. Dengan kata lain, *fly ash* lebih berkontribusi terhadap peningkatan kohesi pada komposisi

tertentu, sedangkan peningkatan sudut geser dalam memerlukan interaksi yang lebih optimal antara bahan stabilisasi dan partikel tanah.

Penambahan kapur sebesar 4% menghasilkan peningkatan yang lebih besar terhadap kedua parameter kuat geser. Nilai kohesi meningkat menjadi 0,188 kg/cm², sedangkan sudut geser dalam meningkat menjadi 53,13°. Perubahan ini menunjukkan bahwa penambahan kapur berperan penting dalam mengoptimalkan reaksi antara komponen aktif *fly ash* dan tanah. Kalsium dari kapur dapat bereaksi dengan silika dan alumina yang tersedia dalam *fly ash* melalui proses pozzolanik dan menghasilkan senyawa pengikat seperti *Calcium Silicate Hydrate* (C-S-H) dan *Calcium Aluminate Hydrate* (C-A-H). Selain itu, kapur dapat memicu proses flokulasi-aglomerasi yang mengubah susunan partikel tanah menjadi lebih besar dan stabil. Mekanisme tersebut dapat meningkatkan interlocking antarpartikel dan memperbaiki kemampuan tanah dalam menahan gaya geser. Hasil ini sejalan dengan Aryanto et al. (2021) yang melaporkan bahwa kapur dapat meningkatkan karakteristik mekanik tanah melalui proses flokulasi dan sementasi. Temuan ini juga mendukung penelitian Nurdyanto et al. (2024) yang menunjukkan bahwa kombinasi *fly ash* dan kapur dapat memperbaiki sifat indeks plastisitas serta meningkatkan kohesi tanah.

Peningkatan paling optimal terjadi pada campuran 5% *fly ash* dan 8% kapur. Pada variasi ini, nilai kohesi mencapai 0,234 kg/cm² dan sudut geser dalam mencapai 67,26°. Peningkatan kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa komposisi ini menghasilkan keseimbangan yang lebih baik antara daya ikat dan tahanan gesek internal tanah. Secara mekanistik, kondisi tersebut diduga terjadi karena jumlah kapur yang tersedia cukup untuk mengaktifkan komponen silika dan alumina pada *fly ash* tanpa menimbulkan kelebihan bahan yang tidak bereaksi. Reaksi sementasi yang terbentuk dapat memperkuat ikatan antarpartikel, sedangkan proses flokulasi dan aglomerasi dapat meningkatkan struktur serta *interlocking* campuran. Hasil ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa stabilisasi dengan kombinasi bahan pozzolanik dan kapur dapat memberikan peningkatan kuat geser yang lebih baik dibandingkan penggunaan salah satu bahan secara tunggal (Nurdyanto et al., 2024; Aryanto et al., 2021).

Kondisi berbeda terlihat pada penambahan kapur sebesar 12%. Nilai kohesi menurun menjadi 0,140 kg/cm², sedangkan sudut geser dalam justru meningkat hingga 76,76°. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar kapur tidak selalu menghasilkan peningkatan seluruh parameter kuat geser secara bersamaan. Penurunan kohesi dapat dikaitkan dengan kemungkinan terjadinya kelebihan kapur dalam campuran yang menyebabkan distribusi bahan menjadi kurang homogen atau menyisakan partikel kapur yang tidak sepenuhnya bereaksi.

Sebaliknya, peningkatan sudut geser dalam menunjukkan bahwa keberadaan partikel atau aglomerat yang lebih kasar dan perubahan struktur campuran tetap dapat meningkatkan interlocking serta tahanan gesek antarbutiran. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pengaruh kadar kapur terhadap kuat geser bersifat tidak linear. Temuan tersebut mendukung pendapat Indrayani et al. (2020) bahwa penggunaan bahan stabilisasi secara berlebihan tidak selalu meningkatkan kualitas tanah dan pada kondisi tertentu dapat menurunkan efektivitas ikatan antarpartikel.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini secara umum menunjukkan pola yang selaras, khususnya dalam hal peningkatan parameter kuat geser melalui kombinasi fly ash dan kapur. Penelitian Morrison et al. (2024) dan Arbianto dan Gunarso (2022) menegaskan bahwa fly ash dapat meningkatkan kohesi, tetapi respons terhadap sudut geser dalam dapat berbeda bergantung pada karakteristik tanah dan proporsi campuran. Penelitian Aryanto et al. (2021) serta Nurdianto et al. (2024) juga memperlihatkan bahwa penambahan kapur dapat memperkuat efek stabilisasi melalui proses kimia dan perubahan struktur tanah. Perbedaan hasil pada setiap variasi kadar kapur dalam penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi optimum sangat bergantung pada karakteristik tanah bekas tambang dan proporsi bahan stabilisasi yang digunakan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dapat digeneralisasi secara langsung untuk seluruh jenis tanah, tetapi memberikan bukti empiris bahwa kombinasi 5% fly ash dan 8% kapur merupakan komposisi yang paling optimal di antara variasi yang diuji pada tanah bekas tambang Gunung Sarik.

Temuan penelitian ini memiliki implikasi praktis bagi upaya pemanfaatan kembali lahan bekas tambang. Campuran 5% fly ash dan 8% kapur dapat dipertimbangkan sebagai alternatif stabilisasi untuk meningkatkan karakteristik kuat geser tanah sebelum digunakan dalam kegiatan pembangunan, dengan tetap mempertimbangkan hasil pengujian lanjutan terhadap parameter geoteknik lainnya. Pemanfaatan fly ash juga berpotensi mendukung pengurangan limbah industri, sedangkan penggunaan kapur dapat meningkatkan efektivitas reaksi stabilisasi. Bagi perencana dan pelaksana konstruksi, hasil ini menunjukkan pentingnya menentukan komposisi bahan stabilisasi melalui pengujian laboratorium terlebih dahulu, karena peningkatan kadar bahan secara berlebihan tidak selalu menghasilkan peningkatan seluruh parameter mekanik tanah.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi *fly ash* dan kapur mampu memodifikasi karakteristik kuat geser tanah bekas tambang melalui mekanisme filler, flokulasi-aglomerasi, dan reaksi pozzolanik. Variasi 5% fly ash dan 8% kapur merupakan komposisi paling optimal dalam penelitian ini karena menghasilkan nilai kohesi tertinggi

sebesar 0,234 kg/cm² dengan sudut geser dalam sebesar 67,26°. Hasil tersebut memperkuat penelitian terdahulu mengenai efektivitas kombinasi bahan pozzolanik dan kapur, sekaligus memberikan kontribusi empiris mengenai komposisi stabilisasi yang sesuai untuk karakteristik tanah bekas tambang di Gunung Sarik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa tanah bekas tambang di Gunung Sarik diklasifikasikan sebagai Lanau Elastis Kerikilan (MH) berdasarkan sistem USCS, dengan kadar air sebesar 24,91%, berat jenis 2,55 g/cm³, dan indeks plastisitas 15,71%. Tanah asli memiliki nilai kohesi yang sangat rendah, yaitu 0,009 kg/cm², dengan sudut geser dalam sebesar 58,44°, yang menunjukkan dominasi gaya friksi antarpartikel. Penambahan 5% fly ash dan variasi kadar kapur memberikan perubahan terhadap parameter kuat geser tanah. Nilai kohesi dan sudut geser dalam mencapai kondisi paling optimal pada campuran 5% fly ash dan 8% kapur, dengan nilai kohesi sebesar 0,234 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 67,26%. Peningkatan kadar kapur hingga 12% menyebabkan penurunan nilai kohesi menjadi 0,140 kg/cm², meskipun sudut geser dalam meningkat hingga 76,76%. Dengan demikian, kombinasi 5% fly ash dan 8% kapur merupakan variasi optimum dalam meningkatkan parameter kuat geser tanah bekas tambang Gunung Sarik.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena pengujian dilakukan pada satu jenis tanah bekas tambang dan menggunakan variasi kadar fly ash yang tetap sebesar 5%, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan pada karakteristik tanah dan kondisi lokasi yang berbeda. Selain itu, penelitian ini berfokus pada parameter kuat geser melalui nilai kohesi dan sudut geser dalam, sehingga belum mengkaji perubahan sifat geoteknik lainnya, seperti daya dukung, permeabilitas, durabilitas, serta perilaku campuran dalam jangka panjang. Pengujian lanjutan dengan variasi kadar fly ash dan kapur yang lebih luas, waktu pemeraman yang berbeda, serta pengujian skala lapangan diperlukan untuk mengonfirmasi efektivitas dan keberlanjutan penggunaan campuran optimum tersebut pada kondisi konstruksi yang sebenarnya.

REKOMENDASI

Campuran 5% fly ash dan 8% kapur direkomendasikan untuk stabilisasi tanah dasar pada konstruksi ringan hingga menengah di area bekas tambang. Penelitian lanjutan dengan variabel waktu pemeraman (curing time) dan uji mekanik tambahan (UCS, Triaxial) diperlukan untuk evaluasi yang lebih komprehensif.

REFERENSI

- Arbianto, R., & Gunarso. (2022). Pengaruh stabilisasi tanah menggunakan *fly ash* terhadap parameter kuat geser. *Jurnal Cakrawala Ilmiah (JCI)*, 2(2). <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i2.3758>
- Aristianto, E., Gandi, S., & Hendri, O. (2021). Pengaruh penambahan batu kapur terhadap kuat geser dan daya dukung tanah lempung. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 9(2), 84–91. <https://doi.org/10.33084/mits.v9i2.2044>
- Aryanto, M., Suhendra, S., & Amalia, K. R. (2021). Stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan kapur tohor. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(1), 38. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v4i1.55>
- ASTM International. (2019). *ASTM C618-19: Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Badan Pusat Statistik Kota Padang. (2025). *Kota Padang dalam angka 2025*. Padang: BPS Kota Padang. <https://padangkota.bps.go.id>
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Stabilisasi tanah untuk perkerasan jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ibrahim, A. (2014). Pemanfaatan fly ash sebagai bahan stabilisasi tanah. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 45-52.
- Indrayani, I., Herius, A., Zeri, P. N., & Fernando, N. (2020). Analisis Kuat Geser Tanah Lempung menggunakan Kapur dan Petrasoil. *Jurnal Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Balikpapan*, 8(1), 64-68.
- Kapur Tohor Bukit Serambi. (2023). *Komposisi kimia kapur tohor*. Diakses pada 12 Maret 2026 dari <https://kapurtohorbukitserambi.web.id>
- Morrison, R., & Desiani, A. (2024). Stabilisasi *fly ash* pada tanah Gedebage Bandung. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekkanika Sipil (JRKMS)*, 7(1). p-ISSN 2614-5707; e-ISSN 2715-1581. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v7i2.4049>
- Muhaimin, L. O., & Simatupang, M. (2020). Sifat-sifat mekanik material komposit berbahan dasar fly ash dan pasir halus. *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 12(1), 1-8. <https://doi.org/10.33772/djitm.v12i1.14916>
- Nurdiyanto, T. D., Fatah, I. A. N., & Rochim, A. (2024). Pengaruh penambahan fly ash dan kapur pada tanah lempung ekspansif terhadap uji CBR. *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*, 208, 1-10. <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/JIMU/article/view/40256>
- Siregar, M., Syaifuddin, S., & Mulizar, M. (2025). Stabilisasi tanah lempung menggunakan abu vulkanik dan fly ash untuk peningkatan daya dukung dan parameter geser. *BISSOTEK: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1). <https://e-jurnal.pnl.ac.id/bissotek/article/view/8363>
- Zheng, Y., Guan, W., Li, J., Hu, Z., Li, G., Xie, M., & Zhang, X. (2024). Innovative fly-ash-based soil crust rehabilitation: enhancing wind erosion resistance in gravel-layered desert mining areas. *Land*, 14(1), 36. <https://doi.org/10.3390/land14010036>