

Pengaruh Campuran *Fly ash* dan Variasi Kapur terhadap Daya Dukung Tanah Bekas Tambang di Gunung Sarik

Ereza Apriyani^{1*}, Syahril Rahmat²

^{1,2} Prodi Teknik Sipil, Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka No.1, Kampus Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, 251773

*Penulis Korespondensi: erezaapriyani@gmail.com

Abstract. *The limited availability of land suitable for development has encouraged the utilization of alternative land, one of which is ex-mining land. Soil in ex-mining areas generally has low bearing capacity and therefore does not meet the technical requirements for construction subgrade. This study aimed to analyze the effect of adding fly ash and lime on increasing the bearing capacity of ex-mining soil in Gunung Sarik Village, Kuranji District, Padang City. The soil samples used were disturbed soils collected from the ex-mining area. Fly ash was obtained from the Teluk Sirih Steam Power Plant, West Sumatra, while quicklime was sourced from the Bukit Tui Factory, Padang Panjang City. The research was conducted through laboratory testing including physical properties analysis, Proctor compaction test, and California Bearing Ratio (CBR) laboratory testing based on ASTM D 1883-67 standards. The mixture variations consists of 5% fly ash combined with 0%, 4%, 8%, and 12% lime. The addition of fly ash and lime positively influenced the increase in soil bearing capacity. The CBR value of native soil, which was 10,37%, increased across all mixture variations. The highest increase was achieved with the combination of 5% fly ash and 12% lime, reaching a CBR value of 19,16%, followed by the mixture of 5% fly ash and 8% lime at 14,43%, and 5% fly ash with 4% lime at 14,21%. These results indicate that the addition of fly ash and lime is effective in increasing the bearing capacity of ex-mining soil through the stabilization process, making the soil feasible for consideration as construction subgrade.*

Keywords: *ex-mining soil; fly ash; lime; soil stabilization; CBR*

Abstrak. Keterbatasan lahan yang layak untuk pembangunan mendorong pemanfaatan lahan alternatif, salah satunya lahan bekas tambang. Tanah pada lahan bekas tambang umumnya memiliki daya dukung yang rendah sehingga tidak memenuhi persyaratan teknis sebagai tanah dasar konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan *fly ash* dan kapur terhadap peningkatan daya dukung tanah bekas tambang di Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah terganggu yang diambil dari area bekas tambang. *Fly ash* diperoleh dari PLTU Teluk Sirih, Sumatera Barat, sedangkan kapur tohor berasal dari pabrik Bukit Tui, Kota Padang Panjang. Penelitian dilakukan melalui pengujian laboratorium yang meliputi analisis sifat fisik tanah, uji pemadatan proctor, serta pengujian California Bearing Ratio (CBR) laboratorium berdasarkan standar ASTM D 1883-67. Variasi campuran yang digunakan terdiri dari *fly ash* sebesar 5% dengan kombinasi kapur 0%, 4%, 8%, dan 12%. Penambahan *fly ash* dan kapur memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan daya dukung tanah. Nilai CBR tanah asli sebesar 10,37% mengalami peningkatan pada seluruh variasi campuran. Peningkatan tertinggi diperoleh pada kombinasi *fly ash* 5% dan kapur 12% dengan nilai CBR mencapai 19,16%, diikuti campuran *fly ash* 5% dan kapur 8% sebesar 14,43%, serta *fly ash* 5% dan kapur 4% sebesar 14,21%. Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan *fly ash* dan kapur efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah bekas tambang melalui proses stabilisasi, sehingga tanah tersebut layak dipertimbangkan sebagai tanah dasar konstruksi.

Kata kunci: tanah bekas tambang, *fly ash*; kapur; stabilisasi tanah; CBR

LATAR BELAKANG

Kota Padang menghadapi tantangan serius terkait ketersediaan lahan untuk pembangunan seiring peningkatan jumlah penduduk yang mencapai 965.050 jiwa pada tahun 2025. Kondisi ini mendorong perlunya eksplorasi lahan alternatif, salah satunya lahan bekas tambang di Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji. Aktivitas

pertambangan yang berlangsung bertahun-tahun telah menyebabkan degradasi kualitas tanah, menjadikannya tidak stabil dengan daya dukung rendah. Das (2011) menegaskan bahwa tanah bekas tambang umumnya mengalami gangguan struktur sehingga tidak ideal sebagai dasar konstruksi. Tanah yang tidak stabil berpotensi menimbulkan kerusakan struktural seperti retakan pada perkerasan jalan hingga keruntuhan bangunan, sehingga diperlukan upaya perbaikan sebelum lahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk pembangunan.

Stabilisasi tanah menjadi pendekatan teknis yang umumnya dipilih untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanis tanah. Berbagai bahan aditif telah digunakan dalam proses stabilisasi, antara lain abu sekam padi, abu ampas tebu, semen, dan limbah industri. *Fly ash* dan kapur menarik perhatian karena ketersediaannya yang melimpah serta kemampuannya menghasilkan reaksi kimia yang memperkuat struktur tanah. *Fly ash* merupakan sifat pozzolanik karena mengandung silika, alumina, dan oksida besi (Ibrahim, 2014). Namun pada tanah dengan plastisitas tinggi, *fly ash* kurang efektif jika digunakan secara tunggal sehingga perlu dikombinasikan dengan kapur (Iyer Scott, 2001). Kapur sendiri telah lama dikenal mampu memodifikasikan struktur tanah melalui reaksi kimia yang meningkatkan kekuatan dan kestabilan tanah (Diniz et al., 2024).

Berbagai penelitian terdahulu membuktikan efektivitas *fly ash* dan kapur dalam stabilisasi tanah. Nurmaidah (2022) melaporkan peningkatan nilai CBR dari 2,69% menjadi 14,88% pada tanah lempung dengan penambahan kapur. Arrosyid (2024) menunjukkan kombinasi kapur 9% dan *fly ash* 25% menghasilkan nilai CBR 16,79%. Yulianti (2023) memperoleh nilai CBR 13,65% pada kombinasi *fly ash* 10% dan kapur 10%. Hatmoko (2024) mencatat peningkatan nilai CBR dari 1,44% menjadi 15,52% dengan kombinasi kapur 4,2% dan *fly ash* 2,1%. Hangge dkk. (2021) mengkaji pengaruh kapur dan *fly ash* pada lempung ekspansif, sementara Mak'sudah dkk. (2022) meneliti optimalisasi campuran *fly ash*, bottom ash, dan tanah lempung. Namun penelitian-penelitian tersebut umumnya menggunakan tanah lempung biasa, bukan tanah bekas tambang yang memiliki karakteristik berbeda akibat aktivitas pertambangan.

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan, terdapat beberapa celah penelitian yang perlu diisi. Pertama, belum ada penelitian yang secara khusus mengkaji kombinasi *fly ash* 5% dengan variasi kapur 0%, 4%, 8%, dan 12% pada tanah bekas tambang. Kedua, variasi kapur yang dikaji pada penelitian sebelumnya umumnya menggunakan rentang yang lebar antara 10% hingga 25%, sementara efektivitas pada kadar yang lebih rendah antara 0% hingga 12% belum banyak dieksplorasi. Ketiga, penelitian yang memanfaatkan bahan lokal Sumatera Barat seperti *fly ash* dari PLTU Teluk Sirih dan kapur tohor dari Pabrik Bukit Serabi untuk stabilisasi tanah bekas tambang di wilayah ini belum pernah dilakukan. Keempat, karakteristik tanah bekas tambang yang spesifik memerlukan kajian tersendiri karena berbeda dengan tanah lempung alami. Kelima, pemanfaatan lahan bekas tambang untuk pembangunan merupakan solusi strategi mengatasi keterbatasan lahan di Kota Padang, namun terkendala oleh kondisi teknis tanah yang belum memenuhi persyaratan.

Penelitian ini menawarkan pendekatan stabilisasi tanah menggunakan *fly ash* dengan kadar tetap 5% dan variasi kapur 0%, 4%, 8%, serta 12%. Pemilihan kadar *fly ash* 5% didasarkan pada pertimbangan efisiensi ekonomi, sementara variasi kapur 0% hingga 12% dipilih untuk melihat tren peningkatan daya dukung pada rentang yang masih ekonomis. Bahan stabilisasi berasal dari sumber lokal Sumatera Barat, yaitu *fly ash* dari PLTU Teluk Sirih dan kapur tohor dari Pabrik Bukit Tui. Pengujian dilakukan secara sistematis meliputi karakteristik sifat fisik tanah, uji pemadatan Proctor, dan pengujian CBR laboratorium berdasarkan standar ASTM D 1883-67 dalam kondisi tanpa perendaman dan tanpa pemeraman. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang mendalam tentang pengaruh interaksi kedua bahan terhadap peningkatan daya dukung tanah bekas tambang.

Nilai kebaruan penelitian ini terletak pada beberapa aspek penting. Objek kajian berupa tanah bekas tambang di Gunung Sarik belum banyak diteliti oleh penelitian manapun. Kombinasi *fly ash* 5% dengan variasi kapur 0%, 4%, 8%, dan 12% merupakan formula baru dalam studi stabilisasi tanah yang belum banyak dieksplorasi. Penggunaan bahan lokal Sumatera Barat mendukung kemandirian bahan konstruksi dan sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi pengaruh variasi campuran tetapi juga menentukan komposisi optimal untuk aplikasi praktis di lapangan. Lebih jauh lagi, pemanfaatan lahan bekas tambang yang selama ini dianggap tidak produktif membuka peluang rehabilitasi lahan kritis menjadi lahan produktif untuk pembangunan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu geoteknik serta memberikan manfaat praktis bagi masyarakat dan pemerintah daerah dalam upaya optimalisasi lahan bekas tambang untuk pembangunan di masa mendatang.

KAJIAN TEORITIS

Karakteristik Tanah Sebagai Material Kontruksi

Tanah merupakan material dasar yang memiliki peran strategis dalam menopang berbagai jenis konstruksi. Secara umum, tanah tersusun atas tiga komponen utama, yaitu partikel padat, air, dan udara yang mengisi rongga antar partikel. Interaksi antara ketiga komponen ini sangat menentukan perilaku tanah terhadap beban yang bekerja di atasnya. Dalam perspektif geoteknik, tanah tidak hanya dipandang sebagai media pendukung, tetapi juga sebagai material yang perlu dipahami karakteristik fisik dan mekanisnya secara mendalam agar dapat dimanfaatkan secara aman dan efisien (Hardiyatmo, 2012).

Pada lahan bekas tambang, kondisi tanah sering mengalami degradasi akibat aktivitas penggunaan alat berat. Tanah menjadi kehilangan struktur alaminya, kepadatannya menurun, dan pori-porinya membesar. Kondisi ini menyebabkan tanah memiliki daya dukung yang rendah dan tidak ideal untuk dijadikan tanah dasar konstruksi. Oleh karena itu, diperlukan intervensi teknis untuk memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut melalui metode stabilisasi.

ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan

memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

Sifat Mekanis Tanah dan Daya Dukung

Sifat mekanis tanah mencerminkan respons tanah terhadap beban eksternal. Parameter yang paling sering digunakan untuk menilai kekuatan tanah adalah nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Nilai CBR diperoleh dari uji penetrasi yang membandingkan beban yang diperlukan untuk menembus tanah dengan beban standar. Uji ini dapat dilakukan pada kondisi tanah asli maupun setelah distabilisasikan, baik dalam keadaan terendam maupun tidak.

Nilai CBR yang tertinggi menunjukkan bahwa tanah mampu menahan beban lebih besar sebelum mengalami deformasi. Dalam praktiknya, nilai CBR digunakan sebagai acuan dalam merancang tebal lapis pondasi untuk perumahan.

a. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah proses peningkatan kualitas tanah dengan cara mencampurkannya dengan bahan tertentu atau melalui metode mekanis untuk mencapai sifat teknis yang diinginkan. Menurut Bowles (1991), pendekatan ini bertujuan untuk memperbaiki parameter tanah seperti kekuatan, durabilitas, dan ketahanan terhadap perubahan volume.

Secara garis besar, teknik stabilisasi dibagi menjadi dua, yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis dilakukan dengan cara memadatkan tanah atau mencampurkan dengan material lainnya yang lebih baik gradasinya. Sementara itu, Stabilisasi kimiawi melibatkan penambahan bahan kimia yang bereaksi dengan partikel tanah membentuk ikatan baru yang lebih kuat dan stabil. Bahan yang umum digunakan antara lain semen, kapur, dan *fly ash*

b. Fly ash

Fly ash merupakan limbah padat hasil pembakaran batubara di pembangkit listrik. *Fly ash* memiliki sifat pozzolanik karena mengandung senyawa silika dan alumina yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida membentuk senyawa pengikat seperti kalsium silikat hidrat (Ibrahim, 2014). Selain itu, ukuran partikel *fly ash* yang sangat halus memungkinkannya mengisi pori-pori antar butiran tanah, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kepadatan. ASTM C618 mengklasifikasikan *fly ash* menjadi kelas F dan kelas C berdasarkan kandungan kalsium oksidanya. Namun, efektivitas *fly ash* sangat bergantung pada jenis tanah yang distabilisasi. Pada tanah dengan plastisitas tinggi, penggunaan *fly ash* secara tunggal kurang optimal sehingga perlu dikombinasikan dengan bahan lain yang dapat memicu reaksi pozzolanik secara lebih sempurna, seperti kapur (Iyer & Scott, 2001).

c. Kapur

Kapur, khususnya kapur tohor dengan kandungan kalsium oksida yang tinggi, telah lama dikenal sebagai bahan stabilisasi yang efektif. Ketika bereaksi dengan air, kapur tohor membentuk kalsium hidroksida yang mampu memodifikasi sifat tanah melalui proses pertukaran ion dan flokulasi (Bell, 1996). Proses ini menyebabkan partikel lempung menggumpal, plastisitas tanah menurun, dan tanah menjadi lebih

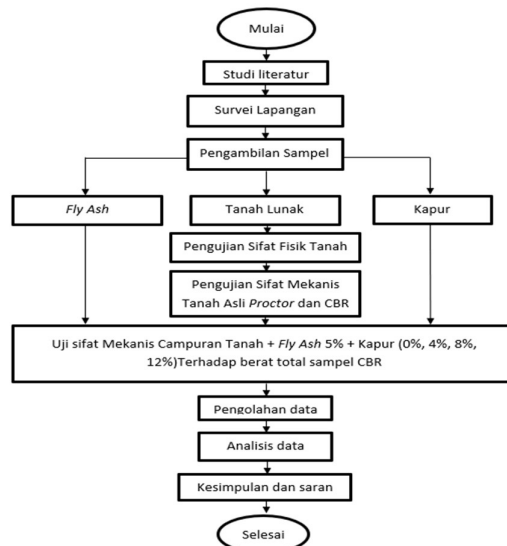
mudah dipadatkan. Dalam jangka panjang, kapur juga bereaksi dengan silika dan alumina yang terdapat dalam tanah membentuk senyawa sementasi yang memperkuat ikatan antar partikel (Sherwood, 1993). Kombinasi antara *fly ash* dan kapur menciptakan efek sinergis, di mana kapur berperan sebagai aktivator yang mempercepat reaksi pozzolanik pada *fly ash*. Interaksi ini menghasilkan matriks tanah yang lebih stabil, padat, dan tahan terhadap perubahan volume, sehingga sangat potensial diterapkan pada tanah bekas tambang.

d. Hasil Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas kombinasi *fly ash* dan kapur dalam meningkatkan daya dukung tanah. Nurmaidah (2022) melaporkan bahwa penambahan kapur pada tanah lunak mampu meningkatkan nilai CBR dari 2,69 % menjadi 14,88%. Yulianti dkk. (2023) menemukan bahwa campuran 10% *fly ash* dan 10% kapur pada tanah lempung menghasilkan peningkatan nilai CBR dari 7,79% menjadi 13,65%. Sementara itu, Hatmoko (2024) mencatat peningkatan nilai CBR hingga 15,52% pada campuran kapur 4,2% dan *fly ash* 2,1%. Temuan-temuan ini menjadi ladaan epiris bahwa kombinasi kedua bahan tersebut layak untuk dikaji lebih lanjut, terutama pada tanah bekas tambang yang memiliki karakteristik berbeda dari tanah pada umumnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *fly ash* dan kapur dalam meningkatkan daya dukung tanah lunak, khususnya di tanah bekas tambang di Gunung Sarik, Kota Padang. Proses perencanaan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini secara garis besar terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

a. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses mempelajari dan mengevaluasi berbagai sumber informasi, seperti buku, jurnal, artikel, laporan penelitian, dan publikasi akademik yang relevan dengan topik penelitian. Tujuannya adalah untuk memahami perkembangan teori dan temuan penelitian sebelumnya, mengidentifikasi keterbatasan atau celah pada penelitian terkini, serta menyempurnakan kerangka teori dan metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini.

b. Pengambilan Sampel

Sampel tanah dalam penelitian ini diambil dari lahan bekas pertambangan yang berlokasi di Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Tanah tersebut kemudian distabilisasikan dengan penambahan material adiktif berupa *Fly ash* yang berasal dari PLTU Teluk Sirih, Sumatera Barat dan kapur berasal dari Bukit Tui, Kota Padang Panjang. Pengambilan sampel dilakukan dengan dua jenis metode yaitu sampel tanah tak terganggu (*undisturbed soil*) dan sampel tanah terganggu (*disturbed soil*). Sampel tak terganggu digunakan untuk menguji berat volume tanah, sedangkan sampel tanah terganggu digunakan untuk berbagai pengujian lainnya, seperti kadar air, berat jenis tanah, analisis saringan, hidrometer, batas-batas Atterbag, uji pemadatan (*proctor*) dan uji daya dukung tanah (*CBR laboratorium*). Lokasi pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

c. Pengujian Sifat fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan jenis tanah asli yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun jenis-jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah adalah sebagai berikut:

1) *Kadar Air (Moisture content)*

Kadar air tanah dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

W_w = Berat air atau $W_1 - W_2$ (gram)

W_s = Berat tanah kering ($W_2 - W_3$) (gram)

2) *Berat Volume (Unit Weight)*

Berat volume atau berat isis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) berikut.

$$\gamma = \frac{W_s}{V} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

W_s = Berat tanah kering (gram)

V = Volume massa tanah (cm³)

3) *Berat jenis tanah (Specific Gravity)*

Nilai berat jenis tanah dapat dihitung menggunakan persamaan (3) dan (4).

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1) + (W_4 - W_3)} \dots\dots\dots (3)$$

$$G_s \text{ 27,5 } T = G_s \times \frac{BJ \text{ air pada suhu } T}{BJ \text{ air pada suhu 27,5}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

G_s = Berat jenis tanah (gram/cm³)

W_1 = Berat piknometer (gram)

W_2 = Piknometer + berat tanah (gram)

W_3 = Piknometer + berat tanah + air (gram)

W_4 = Piknometer + air (gram)

4) *Batas Cair (Liquid Limit)*

Nilai batas Cair dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

$$LL = W_n \times \frac{n^{0,121}}{25} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

W_n = Kadar air (%)

n = Banyak pukulan

5) *Batas plastis (Plastic Limit)*

Batas plastis tanah, yaitu kadar air saat tanah mulai berubah dari kondisi plastis menjadi semi-padat, dapat ditentukan menggunakan rumus kadar air pada Persamaan (1).

6) *Indeks Plastis (Plastic index)*

Nilai indeks plastisitas dapat dihitung menggunakan persamaan (6)

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (6)$$

7) *Analisa saringan (Sieve Analysis) dan Uji Hidrometer (Hydrometer Test)*

Untuk menentukan persentase berat tanah yang tertahan di saringan, yang lolos, serta ukuran butiran yang lebih kecil dari diameter tertentu yaitu persamaan (8) sampai (9).

$$\text{Tertahan: } \left(\frac{\text{Komulatif tertahan}}{W_{\text{total}}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

$$\% \text{ Lolos} = 100\% - \% \text{ Tertahan} \dots\dots\dots (8)$$

$$N = \frac{a.(Rh+tm)}{Ws} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

% Tertahan = Berat tanah yang tertahan di atas saringan (%)

% Lolos = Berat tanah yang lolos dari saringan (%)

a = Faktor koreksi Meniskus

Rh = Rekasi hidrometer

Tm = Koreksi suhu

Ws = Berat contoh tanah

d. Pengujian Sifat Mekanis Tanah Asli (*Proctor Test*)

Hubungan antara berat isi basah (γ_{basah}), berat isi kering (γ_{dry}) dan kadar air (ω), dijelaskan melalui persamaan berikut:

$$\gamma_{basah} = \frac{(B2-B1)}{V} \dots\dots\dots (10)$$

$$\gamma_{dry} = \frac{(\gamma_{basah} \times 100)}{(100 + \omega)} \dots\dots\dots (11)$$

$$\gamma_{ZAVL} = \frac{Gs \times \gamma_w}{100 + (\omega \times Gs)} \times 100 \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

B1 = Berat mould (gram)

B2 = Berat tanah + mold (gram)

V = Volume mold (gram)

ω = Kadar air (%)

Gs = Spesific gravity (gram/cm³)

γ_w = Berat volume air (gram/cm³)

γ_{ZAVL} = Berat volume kering ZAVL (gram/cm³)

e. Campuran Tanah

Proses pembuatan campuran dimulai dengan menentukan konsentrasi *fly ash* dan kapur yang akan digunakan. Setelah itu, dilakukan pencampuran antara tanah, *fly ash* dan kapur menggunakan metode pencampuran di laboratorium. Jenis *fly ash* dan kapur yang digunakan dapat dilihat pada gambar (3).



Gambar 3. Pencampuran Tanah, *Fly ash*, dan kapur

- f. Pengujian Sifat Mekanis tanah asli dengan campuran *fly ash* dan kapur (CBR Laboratorium)

Untuk mengetahui nilai daya dukung tanah berdasarkan uji CBR di laboratorium, perhitungan dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Koreksi } 0,1" = \frac{g \times c \times 3000}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{Koreksi } 0,2" = \frac{g \times c \times 4500}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

- g. Analisis Data

Pemilihan setelah seluruh pengujian selesai dilakukan langkah selanjutnya adalah menganalisis data untuk memperoleh parameter-parameter yang diperlukan guna menilai sejauh mana pengaruh *fly ash* dan kapur terhadap stabilisasi tanah. Analisis ini mencakup perbandingan antara variasi *fly ash* dan kapur dengan daya dukung tanah asli.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisik Mekanis Tanah Asli

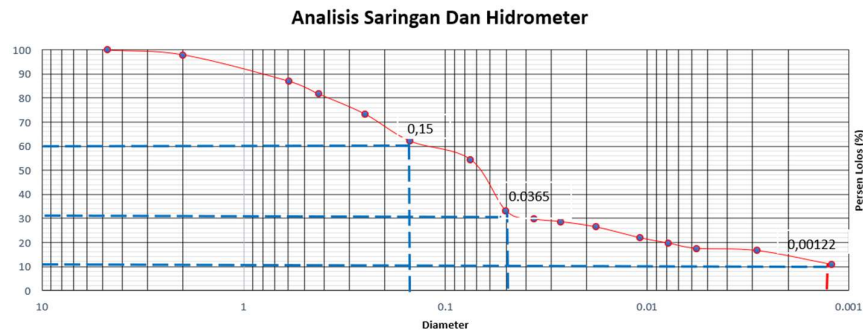
Pengujian sifat fisik tanah mencakup beberapa parameter penting, yaitu penentuan kadar air pada sampel tanah terganggu, berat jenis partikel tanah, distribusi ukuran tanah melalui analisis saringan dan hidrometer, serta pengujian batas-batas Iatterberg yang meliputi batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas. Hasil dari rangkaian pengujian sifat fisik tanah tersebut disusun dan disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Asli

	Parameter Tanah	Hasil Pengujian
1	Kadar Air	24,914 %
2	Berat Volume	1,781 C
3	Berat Jenis	2,55 gram/cm ³
4	Lolos saringan No.200	54,51 %
	- Kerikil	0%
	- Pasir	45,491%
	- Fine (<i>Clay & Silt</i>)	54,51%
5	Batas Cair	52,51%
6	Batas Plastis	36,62%
7	Indeks Plastisitas	15,706%
8	Klasifikasi tanah USCS	MH
9	Pemadatan Tanah	

- Densitas kering Maksimum (MDD)	1,37 gram/cm ³
- Kadar Air Maksimum (OMC)	28,38%

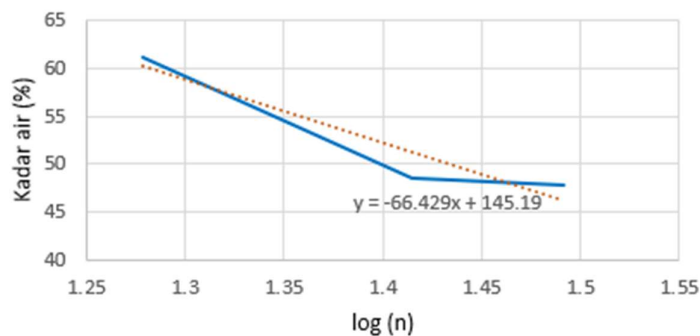
Berdasarkan data tabel diatas, diperoleh nilai rata- rata kadar air tanah sebesar 24,914%, berat volume sebesar 1,781 gram/ cm³, dan berat jenis sebesar 2,451 gram/ cm³. Pengujian distribusi ukuran butiran tanah dilakukan melalui analisis saringan dan hydrometer. Hasil pengujian menunjukan bahwa sampel tanah tidak mengandung kerikil (%). Memiliki kandungan pasir sebesar 45,491%, dan partikel halus (lempung dan lanau) sebesar 54,51%. Grafik hasil analisis saringan dan hydrometer yang menggambarkan distribusi ukuran butiran tanah dapat dilihat pada Gambar 5.



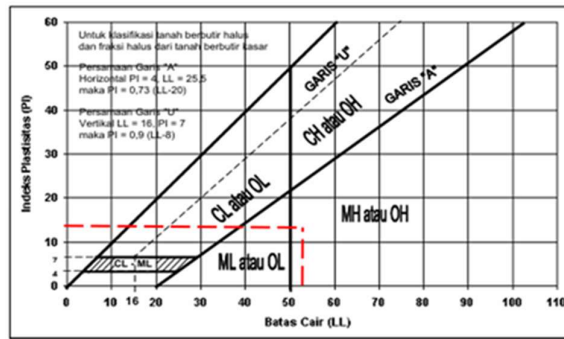
Gambar 4. Grafik Analisis Saringan dan Hidrometer

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian menunjukan bahwa tanah memiliki nilai batas cair sebesar 52,51%, bats plastis sebesar 36,62%. Nilai- nilai ini menunjukan tingkat konsistensi tanah pada kondisi kadar air tinggi serta kemampuan tanah untuk mengalami deformasi tanpa menimbulkan retakan maupun kerusakan struktural. Grafik ini menunjukan hasil pengujian batas cair dan batas plastis dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Liquid limit



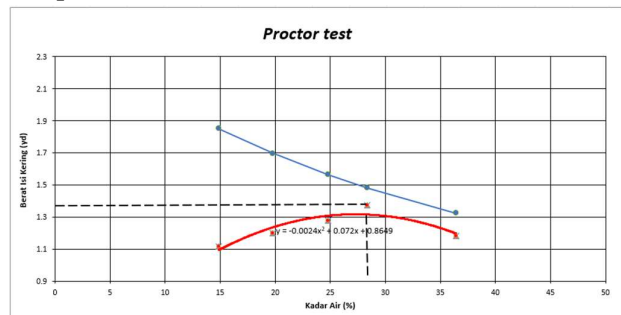
Gambar 5. Batas Cair



Gambar 6. Batas Plastis USCS

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik yang telah dilakukan, tahap berikutnya adalah penentuan klasifikasi tanah. Mengacu pada sistem klasifikasi tanah Unified Soil Classification System (USCS), tanah pada lokasi penelitian termasuk dalam kelompok MH (lanau elastis kerikil).

Pengujian sifat mekanis tanah asli dilakukan melalui uji pemadatan standar (Standar Proctor Test) untuk mengetahui hubungan antar kadar air dan kepadatan maksimum tanah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai densitas kering maksimum (Maximum Dry Densit/MDD) adalah sebesar 1,37 gram/cm³ dan kadar air optimum (Optimum Moisture Content /OMC) sebesar 28,38 %. Grafik hubungan antara kadar dna berat isi kering dari hasil uji pemadatan tersebut diimpikan pada Gambar 8.



Gambar 7. Grafik Proctor Test

Pengujian Sifat Mekanis Tanah Asli Dengan Campuran

Komposisi penggunaan *fly ash* dan kapur untuk pengujian CBR Laboratorium Informasi mengenai konsentrasi *fly ash* dan kapur yang akan digunakan, berat ampel tanah, nilai kadar air optimum (OMC), serta volume air yang dibutuhkan untuk pengujian CBR laboratorium pada tanah. Persentase tanah yang dicampur dengan *fly ash* dan kapur dilihat pada Tabel 2.

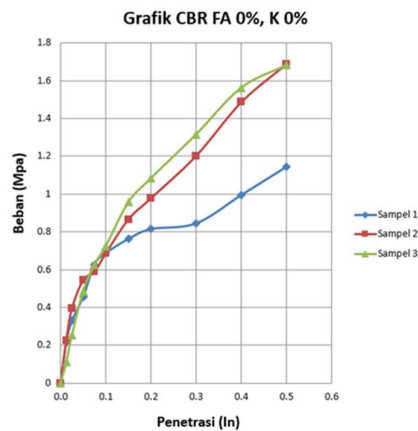
Tabel 2. Persentase sampel campuran *fly ash* dan kapur

No	Tanah (TA)	Fly ash (FA)	Kapur (K)
	%	%	%
1	100	0	0

2	95	5	0
3	96	5	4
4	92	5	8
5	88	5	12

a. CBR tanah asli 0%FA,0%K

Nilai CBR dari pengujian laboratorium diperoleh melalui perhotungan menggunakan persamaan (13) sampai persamaan (15). Grafik hasil pengujian CBR pada sampel tanah asli tanpa penambahan *fly ash* dan kapur ditampilkan pada Gambar 8.

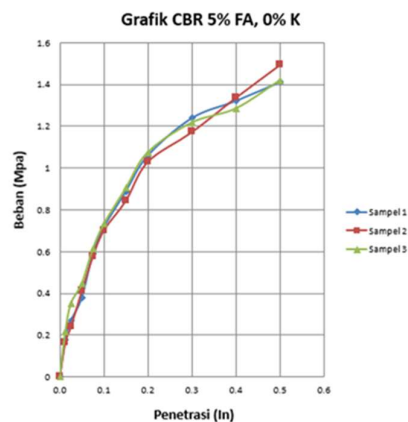


Gambar 8. CBR tanah asli 0%FA,0%K

Berdasarkan grafik pada gambar 8. Diperoleh nilai CBR rata-rata pada campuran 0% *fly ash* dan 0% kapur sebesar 10,37% pada penetrasi 0.1” dan 9,47% pada penetrasi 0.2”.

b. CBR tanah asli 5%FA,0%K

Grafik hasil pengujian CBR pada sampel tanah yang dicampur dengan 5% FA, 0% K dapat dilihat pada Gambar 9.

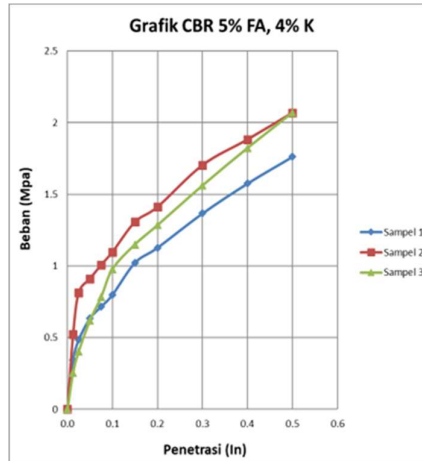


Gambar 9. CBR 5%FA,0%K

Berdasarkan Gambar 9, diperoleh nilai CBR rata-rata pada campuran 5% *fly ash* dan 0% kapur sebesar 10,63% untuk penetrasi 0.1” dan 10,43% untuk penetrasi 0.2”.

c. CBR tanah asli 5%FA,4%K

Grafik hasil pengujian CBR pada sampel tanah yang dicampur dengan 5% FA, 4% K dapat dilihat pada Gambar 10.

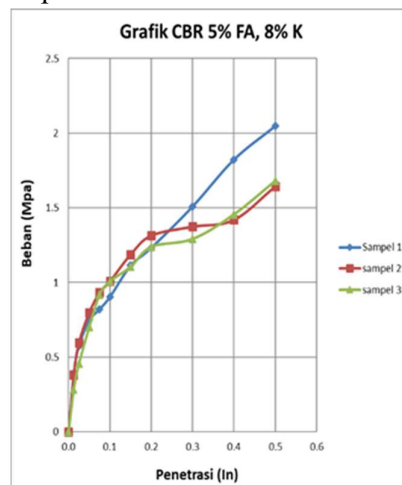


Gambar 10. CBR 5%FA,4%K

Berdasarkan Gambar 10, diperoleh nilai CBR rata-rata pada campuran 5% *fly ash* dan 4% kapur sebesar 14,21% untuk penetrasi 0,1” dan 12,60% untuk penetrasi 0,2”.

d. CBR tanah asli 5%FA,8%K

Grafik hasil pengujian CBR pada sampel tanah yang dicampur dengan 5% FA, 8% K dapat dilihat pada Gambar 11.

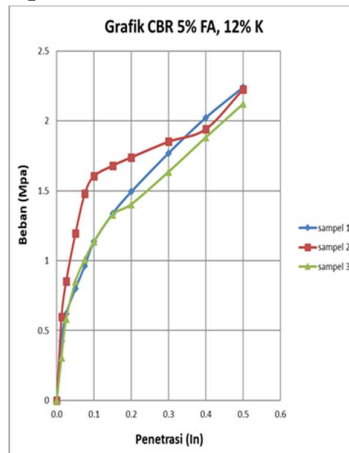


Gambar 11. CBR 5%FA,8%K

Berdasarkan Gambar 11, diperoleh nilai CBR rata-rata pada campuran 5% *fly ash* dan 8% kapur sebesar 14,43% untuk penetrasi 0,1” dan 12,48% untuk penetrasi 0,2”.

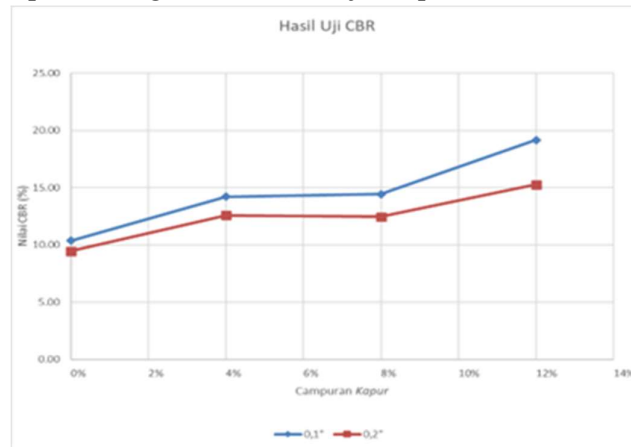
e. CBR tanah asli 5%FA,12%K

Grafik hasil pengujian CBR pada sampel tanah yang dicampur dengan 5% FA, 12% K dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. CBR 5%FA,12%K

Berdasarkan Gambar 13, diperoleh nilai CBR rata-rata pada campuran 5% *fly ash* dan 12% kapur sebesar 19,16% untuk penetrasi 0,1” dan 15,28% untuk penetrasi 0,2”. Untuk melihat perbandingan nilai CBR dari keempat variasi Kapur dan satu variasi *fly ash* yang digunakan dalam campuran tanah, grafik perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 12.



Gambar 13. Grafik Rekapitulasi *fly ash* dan Variasi Kapur

Rekapitulasi hasil pengujian untuk setiap variasi konsentrasi 5% *fly ash* konstan dan 0%, 4%, 8%, dan 12% kapur yang digunakan dalam campuran tanah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai CBR Variasi Campuran *Fly ash* dan Kapur

Sampel	Penetrasi	
	0.1"	0.2"
5%FA, 0%K	10,37	9,47
5%FA, 4%K	14,21	12,60

5%FA, 8%K	14,43	12,48
5%FA, 12%K	19,16	15,28

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian sifat fisik tanah bekas tambang di Gunung Sarik menurut klasifikasi USCS termasuk kelompok MH (Lanau elastis Berkerikil)
2. Dari hasil penelitian diketahui bahwa nilai CBR laboratorium tanah asli (tumbukan 56) adalah 10,37% > 10%. Berdasarkan nilai CBR, tanah tersebut sudah termasuk nilai minimum untuk pembangunan perumahan, namun masih tergolong kelompok kelayakan bangunan yang dapat digunakan dengan hati-hati.
3. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan 5% *fly ash* dengan variasi kapur 0%, 4%, 8%, dan 12% menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai CBR dibandingkan tanah asli. Kenaikan daya dukung terjadi secara bertahap seiring bertambahnya kadar kapur, dengan nilai tertinggi diperoleh pada variasi 12% kapur. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi 5% *fly ash* dan peningkatan kadar kapur berkontribusi positif terhadap proses stabilisasi serta perbaikan daya dukung tanah.

DAFTAR REFERENSI

- Arrosyid. 2024. Pengaruh Penambahan *Fly ash* dan Kapur terhadap Peningkatan Nilai CBR Tanah Lempung. Jurnal Teknik Sipil.
- Bell, F. G. 1996. Lime Stabilization of Clay Minerals and Soils. Engineering Geology, 42(4), 223–237.
- Das, B. M. 2011. Principles of Foundation Engineering. Boston: Cengage Learning.
- Diniz, J., et al. 2024. Lime Stabilization for Improving Soil Strength. Journal of Geotechnical Engineering.
- Hangge, P., dkk. 2021. Pengaruh Kapur dan *Fly ash* terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif. Jurnal Teknik Sipil.
- Hatmoko. 2024. Stabilisasi Tanah Menggunakan Kombinasi Kapur dan *Fly ash* untuk Meningkatkan Nilai CBR. Jurnal Rekayasa Sipil.
- Ibrahim, M. 2014. Karakteristik *Fly ash* sebagai Bahan Stabilisasi Tanah. Jurnal Teknik Sipil.
- Iyer, K., & Scott, J. 2001. Power Plant *Fly ash* Utilization in Stabilized Soil. Journal of Materials in Civil Engineering.
- Mak'sudah, R., dkk. 2022. Optimalisasi Campuran *Fly ash*, Bottom Ash, dan Tanah Lempung untuk Peningkatan Daya Dukung Tanah. Jurnal Infrastruktur.
- Nurmaidah. 2022. Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Peningkatan Nilai CBR Tanah Lempung. Jurnal Teknik Sipil.
- Sherwood, P. T. 1993. Soil Stabilization with Lime and Cement. London: Transport Research Laboratory.
- Yulianti, R., dkk. 2023. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kombinasi *Fly ash* dan Kapur. Jurnal Teknik Sipil.