

STABILISASI CAMPURAN *FLY ASH* PADA TANAH LUNAK DI DAERAH BEKAS LAHAN PERTAMBANGAN KELURAHAN GUNUNG SARIK, KEC. KURANJI, PADANG TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH

Rahmi Yuliza¹, Syahril Rahmat², Ilham Wahyudi³

^{1,2,3}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: amiyz554@gmail.com, ilhamwahyudi@unp.ac.id, syahrilrahmat22@gmail.com

Abstrak: Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang kompleks dan dinamis, terbentuk dari hasil pelapukan batuan induk oleh faktor-faktor fisik, kimia, dan biologis dalam kurun waktu yang sangat lama. Salah satu penyebab penurunan kualitas tanah adalah aktivitas pertambangan *clay*. Pada dasarnya tanah liat (*clay*) dikenal memiliki sifat mengembang dan menyusut. Oleh karena itu, daerah bekas lahan pertambangan *clay* memiliki jenis tanah lunak. Tanah lunak termasuk jenis tanah yang memiliki kadar air tinggi, ukuran partikel yang sangat halus, dan plastisitas yang tinggi. Lahan bekas pertambangan di Gunung Sarik khususnya di daerah bekas lahan pertambangan *clay* Gunung Sarik memiliki jenis tanah yang terdegradasi akibat aktivitas tambang dan alat berat yang tidak terkontrol. Tanah yang digunakan sebagai lahan pembangunan sebaiknya harus diketahui nilai daya dukung tanahnya, ketidak-stabilan pada tanah dapat menimbulkan retakan pada pondasi atau runtuhnya struktur bangunan. Tanah jenis ini dapat diperbaiki dengan metode mekanis menggunakan campuran (*additive*), salah satunya adalah *fly ash*. Pengujian dilakukan pada tanah asli untuk mengetahui sifat fisik tanah dan tanah campuran *fly ash* untuk mengetahui nilai daya dukung tanah menggunakan pengujian CBR tak terendam (*unsoaked*) pada tanah dengan variasi *fly ash* persentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% tanpa waktu pemeraman. Seiring dengan adanya penambahan persentase *fly ash* terjadi peningkatan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) *unsoaked*. Nilai CBR tanah persentase 0% pada penetrasi 0.1" sebesar 10,18% dan penetrasi 0.2" sebesar 8,85%, mengalami kenaikan terbesar pada persentase 20% pada penetrasi 0.1" sebesar 16,83% dan penetrasi 0.2" sebesar 15,79%.

Kata Kunci : Tanah *clay*, *fly ash*, *California Bearing Ratio* (CBR).

Abstract : Soil is a complex and dynamic layer of the earth's surface, formed from the weathering of parent rocks by physical, chemical and biological factors over a very long period of time. One of the causes of soil quality degradation is clay mining activities. Basically, clay is known to expand and shrink. Therefore, the former clay mining area has a soft soil type. Soft soil is a type of soil that has high water content, very fine particle size, and high plasticity. The former mining land in Gunung Sarik, especially in the former clay mining area of Gunung Sarik, has a degraded soil type due to uncontrolled mining activities and heavy equipment. Soil used as development land should be known the value of the bearing capacity of the soil, the instability of the soil can cause cracks in the foundation or collapse of the building structure. This type of soil can be improved by mechanical methods using additives, one of which is fly ash. Tests were conducted on the original soil to determine the physical properties of the soil and fly ash mixed soil to determine the carrying capacity value of the soil using unsoaked CBR testing on soil with fly ash variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% percentages without curing time. Along with the addition of fly ash percentage, there is an increase in unsoaked CBR value. The CBR value of 0% at 0.1" penetration of 10.18% and 0.2" penetration of 8.05%, experiencing the largest increase in the percentage of 20% at 0.1" penetration is 16.83% and 0.2" penetration is 15.80%.

Keyword : Clay Soil, *fly ash*, *California Bearing Ratio* (CBR).

PENDAHULUAN

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang kompleks dan dinamis, terbentuk dari hasil pelapukan batuan induk oleh faktor-faktor fisik, kimia, dan biologis dalam kurun waktu yang sangat lama. Menurut Das (1995), tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain.

Dalam ilmu teknik sipil, tanah memegang peranan penting karena tempat berdirinya berbagai macam jenis konstruksi. Tanah berfungsi untuk mendukung kekuatan struktur dasar bangunan. Di sisi lain, aktivitas pertambangan seringkali menjadi penyebab penurunan kualitas tanah. Walaupun kegiatan pertambangan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian, tetapi dapat menimbulkan degradasi lingkungan, terutama terhadap kondisi tanah. Proses ekstraksi mineral secara intensif mengakibatkan perubahan drastis pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Salah satu kegiatan pertambangan tersebut adalah pertambangan *clay*.

Pada dasarnya tanah liat (*clay*) dikenal memiliki sifat mengembang dan menyusut, sehingga tanah menjadi tidak stabil karena dieksploitasi melalui kegiatan penambangan. Oleh karena itu, daerah bekas lahan pertambangan *clay* memiliki jenis tanah lunak.

Lahan bekas pertambangan memiliki tanah yang tidak stabil sehingga kurang bagus untuk area perumahan. Ditinjau dari segi geoteknik lapisan tanah di Gunung Sarik khususnya di daerah bekas lahan pertambangan *clay* Gunung Sarik memiliki jenis tanah yang terdegradasi akibat aktivitas tambang dan alat berat yang tidak terkontrol. Tanah yang digunakan sebagai lahan pembangunan sebaiknya harus diketahui nilai daya dukung tanahnya, ketidak-stabilan pada tanah dapat menimbulkan retakan pada pondasi atau runtuhnya sebuah bangunan. Hal ini disebabkan perencanaan struktur pondasi yang salah atau pondasi yang dibangun pada kondisi tanah yang tidak stabil atau tanah yang selalu bergerak.

Metode yang digunakan untuk menstabilkan tanah dengan metode mekanis menggunakan campuran (additive). Bahan campuran diharapkan dapat mengurangi sifat tanah yang buruk dari sifat tanah yang digunakan. Salah satu bahan tambahan yang dapat digunakan untuk peningkatan kekuatan pada tanah adalah *fly ash*.

Fly ash tersusun dari partikel-partikel serbuk halus dengan komposisi mineral yang sangat bervariasi. Sifat-sifat fisik dan kimia *fly ash* tergantung pada jenis batu bara yang digunakan dalam proses pembakaran dan teknologi yang digunakan dalam membakar batu bara tersebut. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan timbunan memerlukan pengendalian kualitas yang ketat untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan.

Menurut ASTM C618-96, *fly ash* mengandung senyawa *pozzolanik*, adalah material yang mengandung senyawa silika dan alumina. Meskipun secara alami tidak memiliki sifat semen, dalam bentuk yang sangat halus dan dengan adanya air, *pozzolanik* dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu normal. Reaksi ini menghasilkan senyawa yang memiliki karakteristik pengikatan seperti kalsium silikat dan kalsium aluminat. Dengan adanya reaksi *pozzolanik*, yang memiliki efek pengisian pori, dan peningkatan kohesi, *fly ash* mampu meningkatkan kekuatan tanah lunak secara signifikan. Hasilnya, tanah menjadi lebih stabil, memiliki daya dukung yang lebih baik, dan lebih aman untuk digunakan dalam konstruksi.

Dilihat dari banyaknya limbah *Fly ash* yang dihasilkan dan dampak pencemaran lingkungan menjadi masalah serius. Untuk mengatasi itu maka perlu penanganan yaitu dengan cara *Fly ash* dijadikan bahan stabilisasi kimiawi untuk timbunan tanah lunak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan stabilisasi *Fly ash* terhadap nilai daya dukung tanah. Terdapat beberapa pembahasan dalam penelitian ini dari tanah asli dan tanah yang telah dicampur *fly ash*.

1. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan suatu upaya untuk mengelompokkan berbagai jenis tanah berdasarkan karakteristik fisik dan mekanisnya. Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Beberapa sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas atterberg, sistem tersebut adalah klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportatio Official*) dan klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*). Namun, dalam penelitian ini menggunakan klasifikasi USCS karna kemungkinan lahan tersebut digunakan untuk perumahan atau tempat tinggal. Sedangkan klasifikasi AASHTO sering digunakan untuk dasar perencanaan konstruksi jalan.

2. Indeks Propertis Tanah
Indeks propertis tanah adalah serangkaian sifat fisik tanah yang akan digunakan untuk klasifikasi tanah serta memberikan data untuk kelanjutan analisis sifat mekanisnya. Beberapa pengujian yang dilakukan untuk menentukan indeks propertis yaitu, analisis saringan dan hidrometer, batas-batas *atterberg*, dan berat jenis tanah.
3. Sifat Mekanis Tanah
 - a. Pematatan Tanah
Kepadatan tanah bisa didapatkan dari uji laboratorium standartd proctor. Pada pengujian pematatan tanah ini, pengujian diulang minimal 5 kali setiap kali dengan kadar air yang berbeda. Data yang telah di analisis dimasukkan ke dalam grafik hubungan antara kadar air dan berat jenis kering.
 - b. CBR
Nilai CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap lahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama dinyatakan dalam persen. CBR pada penelitian ini merupakan CBR laboratorium dengan sampel tanah *disturbed*. Pengujian CBR laboratorium dilakukan dengan mencampur tanah dengan air pada kadar air optimum dari pengujian hipotesis dari pengujian pematatan tanah.
4. Stabilisasi Tanah menggunakan *fly ash*
Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar agar daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik sehingga tanah menjadi stabil dan mampu memikul beban yang bekerja terhadap konstruksi di atas tanah. Keuntungan penggunaan *fly ash* dalam aplikasi *Geotechnical Engineering*, sebagai bahan stabilisasi tanah. Salah satu langkah lingkungan yang dapat diterapkan adalah meminimalisir limbah *fly ash* dengan menjadikan sebagai bahan konstruksi untuk pekerjaan sipil. Dalam penelitian ini, kualitas pencampuran tanah dan *Fly ash* akan sangat mempengaruhi hasil penelitian.

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian
Tugas akhir ini adalah penelitian dengan melakukan pengujian terhadap tanah lunak bekas lahan pertambangan *clay* yang di stabilisasi dengan zat aditif yakni *fly ash* yang dicampur dengan tanah untuk mengetahui pengaruh daya dukungnya. Metode penelitian

ini menggunakan metode eksperimental yaitu melakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan metode perkuatan pasangan bata merah yang dapat mengurangi risiko kerusakan dinding bata, dengan menggunakan cat yang diperkuat oleh serat. Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai pedoman pelaksanaan penelitian.

2. Tempat Penelitian
Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Tanah yang akan diteliti berasal dari lahan bekas pertambangan Kelurahan Gunung Sarik, Kec. Kuranji, Padang.
3. Bahan Penelitian
Sampel tanah penelitian diambil dari tanah terganggu (*disturbed*) di daerah bekas lahan pertambangan Kelurahan Gunung Sarik, Kec. Kuranji, Padang. Selanjutnya sampel *fly ash* diambil dari PLTU Teluk Sirih, Sumatera Barat. *Fly ash* yang digunakan telah diuji komposisinya terlebih dahulu, dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kandungan Fly Ash

Senyawa Kimia	Kandungan
SiO ₂	52,12%
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%

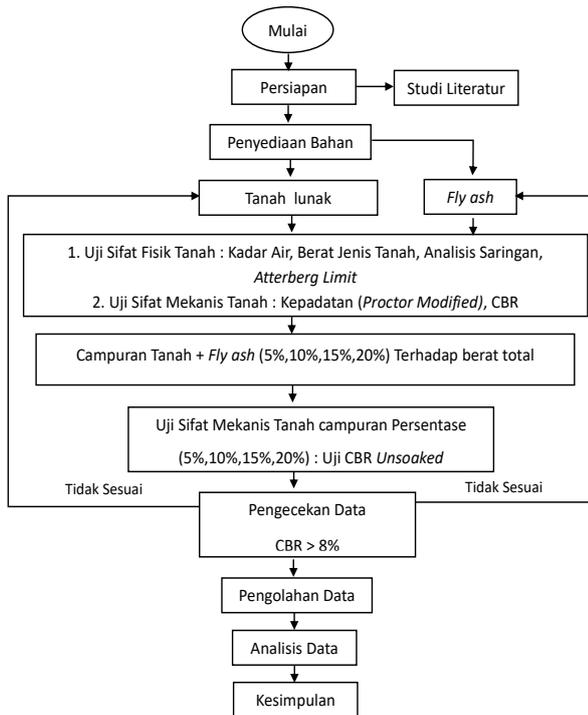
Sumber: PLTU Teluk Sirih, 2025.



Gambar 1. Sampel Tanah dan fly ash

4. Prosedur Penelitian
Penelitian diawali dengan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan pengujian sifat fisik tanah asli dan uji kepadatan tanah asli untuk mendapatkan kepadatan tanah kering maksimum dan kadar air optimum (OMC) yang akan digunakan untuk pengujian sifat

mekanis (CBR *unsoaked*) tanah campuran *fly ash* persentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Kemudian, dilanjutkan dengan analisis data untuk memperoleh kesimpulan dari penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Indeks Propertis Tanah Asli

Hasil penelitian laboratorium mengenai indeks propertis tanah dan sifat fisik tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

1. Hasil Uji Berat Jenis

Tabel 2. Hasil Uji Berat Jenis

No Piknometer	1	2	Satuan
W1	153,9	155,2	gram
W2	362,5	403,3	gram
W3	778,04	801,7	gram
W4	650,19	652,2	gram
W2-W1	208,6	248,1	gram
W4-W1-W3-W2	80,75	98,53	gram
W2-W1	127,85	149,6	gram
Suhu (T)	31°C		
Gs	2,58	2,52	
Gs rata-rata	2,55		

Keterangan :

- Berat Piknometer (W1)
- Berat Piknometer+Tanah (W2)
- Berat Piknometer+Air+Tanah (W3)
- Berat Piknometer+Air (W4)
- Berat Tanah (W2-W1)
- Berat Air (W4-W1)-(W3-W2)
- Berat Tanah (W2-W1)
- Suhu (T)
- Berat Jenis (GS)

2. Hasil Uji Analisis Saringan dan Hidrometer
Nilai pengujian analisis saringan dan hidrometer digunakan untuk menentukan jenis tanah pada penelitian ini.

Tabel 3. Hasil Uji Analisis Saringan

No Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Tertahan (gram)	N' (%)
4	0	0	100
10	19,79	19,79	98,02
20	109,51	129,3	87,07
40	53,28	182,58	81,74
60	84,04	266,62	73,33
100	111,67	378,29	62,17
200	76,62	454,91	54,51
Pan	545,09	1000	0

3. Hasil Uji Batas Plastis

Tabel 4. Hasil Uji Batas Plastis

No cawan	Satuan	1	2	3
W1	gram	11,39	11,44	11,34
W2	gram	13,26	13,68	12,95
W3	gram	12,76	13,09	12,51
w	%	36,49	35,75	37,60
wn	%	36,62		

Keterangan :

- Berat cawan kosong (W1)
- Berat cawan+Tanah basah (W2)
- Berat cawan+Tanah kering (W3)
- Kadar air (w)
- Kadar air rata-rata (wn)

4. Hasil Uji Batas Cair

Tabel 5. Hasil Uji Batas Cair

Pukulan	Satuan	31	26	19
No cawan		1	2	3
W1	gram	11,35	11,42	11,53
W2	gram	16,51	18,31	17,64
W3	gram	14,84	16,06	15,32
w	%	47,85	48,49	61,21
w (Pukulan 25)	%	52,32		

Keterangan :

- Berat cawan kosong (W1)
- Berat cawan+Tanah basah (W2)
- Berat cawan+Tanah kering (W3)
- Kadar air (w)

Nilai indeks propertis dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 6. Hasil Uji Indeks Propertis Tanah Asli

Tanah Asli	Pemeriksaan	Nilai	Satuan
	Berat Jenis	2,55	%
	Lolos Saringan No. 200	54,51	%
	Batas Cair	52,51	%
	Batas Plastis	36,62	%
	Indeks Platisitas	15,71	%
Berat isi kering maksimum	1,37	gram/cm ³	

	Kadar air optimum	28,38	%
--	-------------------	-------	---

Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah Asli

Dalam pengujian kepadatan tanah, diperoleh nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Berdasarkan analisis pengujian proctor diperoleh: Kadar air optimum (OMC) = 28,38% Berat Isi Kering Maksimum (MDD) = 1,37 gr/cm³

Hasil Pengujian CBR Tanah Campuran Fly Ash

Pada pengujian CBR *unsoaked* tanpa pemeraman terdapat lima variasi persentase campuran *fly ash*. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini berat sampel tanah yang digunakan.

Tabel 7. Persentase Sampel Campuran fly ash

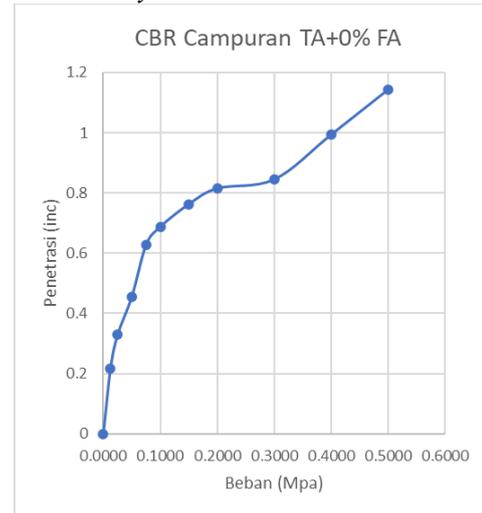
No	Fly ash/FA (%)	Tanah/TA (%)	FA+TA (gram)
1.	0	100	0+5000
2.	5	95	250+4750
3.	10	90	500+4500
4.	15	85	750+4250
5.	20	80	1000+4000



Gambar 3. Uji Penetrasi CBR laboratorium

Nilai CBR diperoleh dari nilai penetrasi 0.1” dan 0.2”. Dapat dilihat nilai CBR setiap persentase campuran *fly ash*, sebagai berikut:

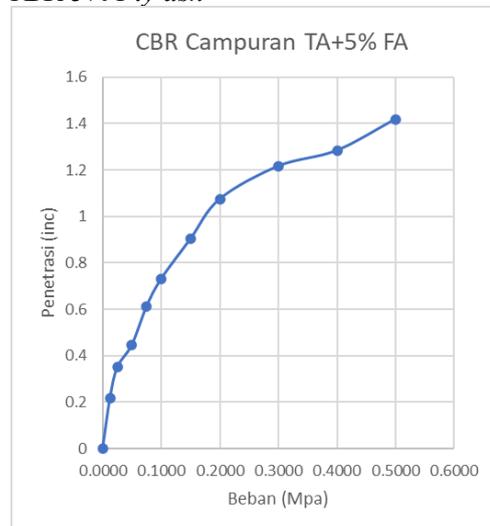
1. CBR 0% Fly ash



Gambar 4. Grafik Penetrasi CBR 0% fly ash

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata hasil uji CBR Tanah asli campuran 0% *fly ash*, diperoleh nilai CBR pada campuran 0% *fly ash* sebesar 10,18% untuk penetrasi 0.1” dan 8,85% untuk penetrasi 0.2”.

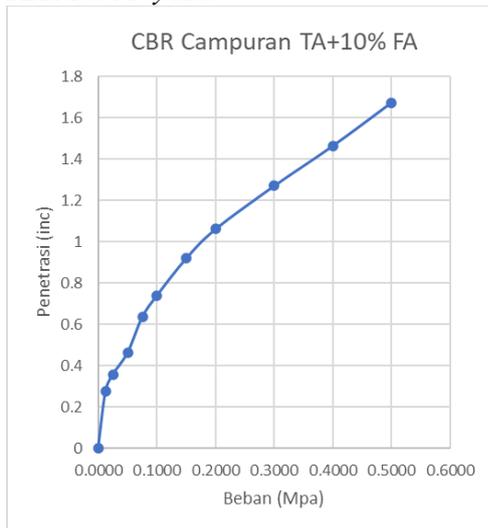
2. CBR 5% Fly ash



Gambar 5. Grafik Penetrasi CBR 5% fly ash

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata hasil uji CBR Tanah asli campuran 0% *fly ash*, diperoleh nilai CBR pada campuran 5% *fly ash* sebesar 10,85% untuk penetrasi 0.1” dan 10,63% untuk penetrasi 0.2”.

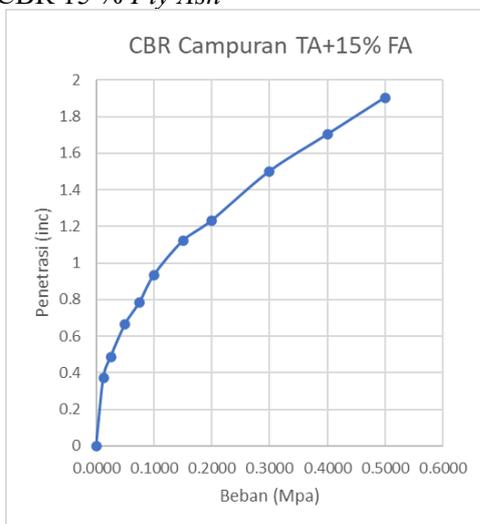
3. CBR 10% *Fly Ash*



Gambar 6. Grafik Penetrasi CBR 10% *fly ash*

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata hasil uji CBR Tanah asli campuran 10% *fly ash*, diperoleh nilai CBR pada campuran 10% *fly ash* sebesar 10,96% untuk penetrasi 0.1” dan 10,48% untuk penetrasi 0.2”.

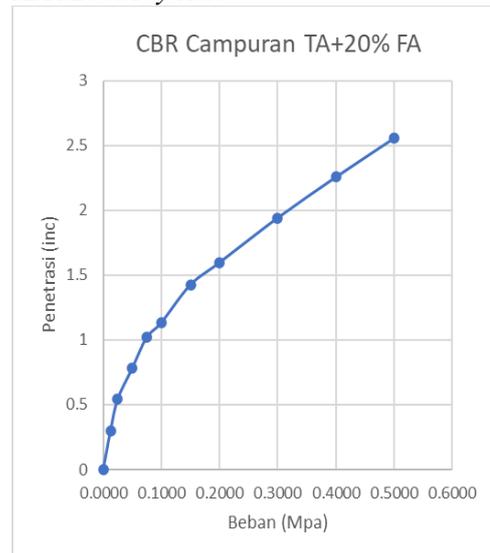
4. CBR 15 % *Fly Ash*



Gambar 7. Grafik Penetrasi CBR 15% *fly ash*

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata hasil uji CBR Tanah asli campuran 15% *fly ash*, diperoleh nilai CBR pada campuran 15% *fly ash* sebesar 13,84% untuk penetrasi 0.1” dan 12,18% untuk penetrasi 0.2”.

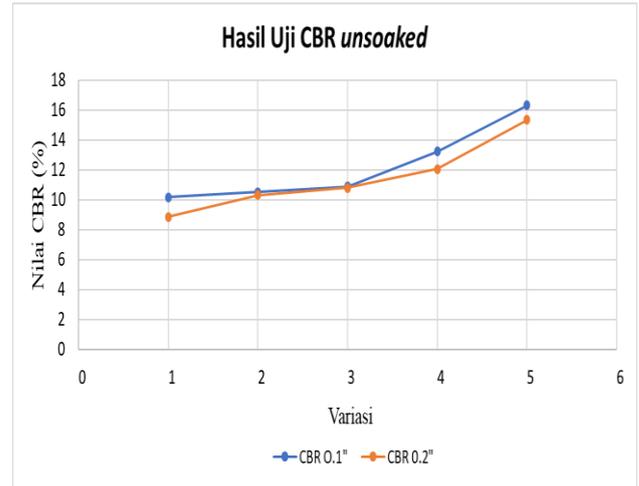
5. CBR 20% *Fly Ash*



Gambar 8. Grafik Penetrasi CBR 20% *fly ash*

Berdasarkan grafik diatas, diperoleh nilai rata-rata hasil uji CBR Tanah asli campuran 20% *fly ash*, diperoleh nilai CBR pada campuran 20% *fly ash* sebesar 16,83% untuk penetrasi 0.1” dan 15,79% untuk penetrasi 0.2”.

Untuk Grafik nilai CBR rata-rata campuran *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 9. Nilai CBR *unsoaked*

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa tanah campuran *fly ash* dapat meningkatkan nilai CBR *unsoaked*. Seiring dengan penambahan *fly ash* maka nilai CBR juga meningkat. Dengan ini, semakin tinggi nilai CBR maka semakin tinggi juga nilai daya dukungnya.

Tabel 8. Nilai CBR *unsoaked* campuran *fly ash*

	Nilai CBR (%)		Selisih (%)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Penetrasi	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
TA	10,18	8,85	Acuan	Acuan
TA+FA 5%	10,85	10,63	0,065	0,200
TA+FA 10%	10,96	10,48	0,076	0,183
TA+FA 15%	13,84	12,07	0,358	0,362
TA+FA 20%	16,83	15,79	0,652	0,783



Gambar 10. Sampel Tanah Campuran *Fly Ash* setelah uji CBR

Pembahasan

1. Klasifikasi Tanah

Berdasarkan pengujian analisis saringan dan batas-batas *atterberg* dengan nilai $LL = 52,51\% > 50\%$ dan nilai $IP = 15,71\%$. Sesuai dengan SNI 6371-2015 tanah pada penelitian ini termasuk kelompok tanah MH (lanau elastis kerikilan).

2. Nilai CBR

Nilai CBR *unsoaked* tanah asli (tumbukan 56) adalah 10,18% (penetrasi 0.1") dan 8,85% (penetrasi 0.2"), sedangkan untuk CBR *unsoaked* tanah campuran dengan nilai paling tinggi terdapat pada variasi 20% (tumbukan 56) dengan nilai sebesar 16,83% (penetrasi 0.1") dan 15,79% (penetrasi 0.2"). Sehingga, nilai CBR pada tanah lunak bekas lahan pertambangan *clay* mengalami rata-rata peningkatan sebesar 6,79% dari tanah asli. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa stabilisasi tanah lunak bekas lahan pertambangan dengan menggunakan *fly ash*

memiliki dampak yang baik terhadap daya dukung tanah.

KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian laboratorium dan analisis yang dilakukan pada sampel tanah dalam Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian sifat fisik tanah, tanah di daerah bekas lahan pertambangan Gunung Sarik menurut klasifikasi tanah USCS termasuk dalam kelompok MH dengan nilai indeks plastisitasnya 15,71%.
2. Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan tentang pengaruh campuran *fly ash* pada tanah dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dengan nilai CBR *unsoaked* mengalami peningkatan seiring bertambahnya bahan stabilisator.
3. Dari hasil penelitian diketahui bahwa pengaruh penambahan persentase *fly ash* pada persentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% pada tanah lunak bekas lahan pertambangan di Kelurahan Gunung Sarik, Kecamatan Kuranji, Padang mengalami kenaikan nilai CBR.

DAFTAR PUSTAKA

Amania, A., Sarie, F., & Okrobianus, O. (2021). Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah.

Auli, S., Putra, A. D., & Syah, A. Pengaruh Suhu Pemeraman terhadap Kinerja Fly ash untuk Tanah Lempung Lunak Pengaruh Suhu Pemeraman terhadap Kinerja Fly ash untuk Tanah Lempung Lunak. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD).

Fitriyana, Lisa, 2019, Pengaruh Feldspar Dan Ampas Tebu Terhadap Propertis Tanah Ekspansif, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Gustin, Kwani Eka, Machfud Ridwan, 2017, Pengaruh Penambahan Limbah Bata Ringan Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR), Program Studi Teknik Sipil.

Hardiyatmo, H.C., 2002. Mekanika Tanah II. Edisi Kedua, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.

Karim, H. H., Al-Soudany, K. Y., & Al-Recaby, M. K. (2020, February). *Effect of Fly ash on bearing capacity of clayey soil. In IOP Conference.*

Kurniawan, A., Alwi, A., & Bachtiar, V. (2019). Stabilisasi Tanah Lunak Dengan Abu ampas Tebu,

Fly ash, Kapur Dan Semen Terhadap sifat Mekanis Tanah.

Taffarel, J. Y., & Herdianto, Y. (2022). Pengaruh Penambahan *Fly ash* Terhadap Stabilitas Tanah Lunak (Studi Kasus: Desa Klambu, Kecamatan Klambu, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).

Triadi, D., & Rustamaji, R. M. (2020). Pengaruh Penambahan Limbah Batu Bara (Fly ash) Terhadap Uji Kuat Tekan Bebas (UCS) Pada Tanah Timbunan Biasa.

Walewangko, B. Y., Sompie, O. B., & Sumampouw, J. E. (2020). Pengaruh penambahan Fly ash dan tras pada tanah lempung terhadap NILAI CBR.