

Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Untuk Meningkatkan Daya Dukung Tanah Dasar Jalan Yang Ekspansif

The Effect of Using Fly ash to Increase the Extensive Carrying Capacity of Road Subgrade Soil

Kuncoro Bakti¹, Arief Alihudien², Taufan Abadi³

¹Mahasiswa Prodi Tekni Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: sidorejoamoh@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: taufanabadi@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Tanah merupakan material penting dalam teknik sipil, terutama sebagai dasar konstruksi yang mendukung kekuatan dasar. Karakteristik tanah bervariasi berdasarkan letak geografis, dengan beberapa tanah memiliki permeabilitas rendah, plastisitas tinggi, dan kekuatan geser rendah. Tanah di Desa Sidorejo Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi rata-rata adalah tanah yang berlempung dan seringkali ditemukan kerusakan, keretakan sampai berlubang yang cukup besar, walaupun beberapa bulan yang lalu belum lama dilangsungkan perbaikan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh *Fly ash* pada daya dukung tanah dasar jalan yang ekspansif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji likuit limit (LL), nilai yang paling optimum untuk daya dukung tanah terdapat pada komposisi campuran 40% dengan nilai 49,56. Hasil uji indeks plastisitas (IP) menunjukkan bahwa nilai yang paling optimum untuk daya dukung tanah terdapat pada komposisi campuran 20% dengan nilai dan uji 7,63%, Hasil penelitian menunjukkan nilai CBR californian bearing ratio paling optimum pada komposisi campuran 40% dengan nilai (11,65% dan 11,15%). Penambahan campuran *Fly ash* yang mampu meningkatkan daya dukung tanah dasar adalah sampel yang mempunyai indeks plastisitas (IP) tanah, 9,97%, batas cair (LL), 49,56%, dan California Bearing Ratio (CBR), nilai optimum (11,65% dan 11,15%).

Kata kunci: California Bearing Ratio; Daya Dukung Tanah; *Fly ash*; Liquid Limit; Plasticity Index

Abstract

Soil is an important material in civil engineering, especially as a construction base that supports basic strength. Soil characteristics vary based on geographic location, with some soils having low permeability, high plasticity, and low shear strength. On average, the land in Sidorejo Village, Purwoharjo District, Banyuwangi Regency is clayey and often finds damage, cracks and even quite large holes, even though road repairs have not been carried out for a long time. This research aims to examine the effect of Fly ash on the carrying capacity of expansive road base soil. The research results show that in the liquid limit (LL) test, the most optimum value for soil bearing capacity is found in a 40% mixture composition with a value of 49.56. The results of the plasticity index (IP) test show that the most optimum value for soil bearing capacity is found in a mixture composition of 20% with a value and test value of 7.63%. 11.65% and 11.15%). The addition of a Fly ash mixture that is able to increase the bearing capacity of the base soil is a sample that has a soil plasticity index (IP), 9.97%, liquid limit (LL), 49.56%, and California Bearing Ratio (CBR), an optimum value (11.65% and 11.15%).

Keywords: California Bearing Ratio; Soil bearing capacity; *Fly ash*; Liquid Limits; Plasticity Index

A. LATAR BELAKANG

Tanah ialah material yang memiliki peranan berarti didalam bidang teknik sipil. Hal tersebut dikarenakan tanah sebagai dasar dalam sebuah konstruksi yang dimana berfungsi sebagai pendukung kekuatan dasar konstruksi tersebut. Tanah dalam konstruksi juga memiliki fungsi menjadi media penahan dan meneruskan beban dari struktur yang ada pada media yang menahan serta meneruskan beban dari strukturnya yang ada di atasnya (Fauziek & Suhendra, 2018). Daya dukung tanah dasar yang baik akan berpengaruh pada intensitas waktu kekokohan suatu konstruksi. Karakter dan sifat tanah tidaklah sama pada setiap letak geografis suatu tempat, bahkan terdapat kondisi dimana tanah memiliki nilai permeabilitas rendah, kembang susut relatif besar, plastisitas yang tinggi, serta kekuatan geser yang rendah.

Tanah ekspansif, atau sering dinamakan tanah ekspansif (ataupun tanah berlempung), ialah jenis tanah yang cenderung memuai ketika terkena air dan menyusut ketika kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan lempung yang tinggi dalam tanah tersebut. Ketika tanah ekspansif menyerap air, partikel-partikel lempung di dalamnya menyerap air dan mengembang, yang dapat menyebabkan perubahan volume yang signifikan. Ketika tanah kering, partikel-partikel lempung ini kemudian menyusut kembali, yang juga dapat menyebabkan perubahan volume. Tanah ekspansif dapat menyebabkan masalah struktural pada bangunan dan infrastruktur karena perubahan volume yang dapat merusak pondasi, jalan, atau saluran air. Oleh karena itu, penting untuk memperhitungkan sifat ekspansif tanah saat merencanakan dan membangun struktur di atasnya, misalnya dengan menggunakan teknik peredaman atau penguatan tertentu (Alihudien et al., 2018a).

Tanah di daerah Kabupaten Banyuwangi tepatnya di Desa Sidorejo Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi rata-rata ialah tanah yang berlempung serta seringkali ditemukan kerusakan pada jalan retak sehingga berlubang yang cukup besar sekalipun belum lama dilangsungkan perbaikan jalan. Tanah lempung berdaya dukung tanah yang rendah, demikian diperlukan perlakuan khusus supaya

meningkatkan kapasitas daya dukung tanah tersebut (Alihudien et al., 2018b). Maka demikian memberikan dorongan kami supaya melaksanakan penelitian dan melakukan analisis seberapakah berpengaruh yang disebabkan oleh *Fly ash* sesudah dicampur bersama tanah di Desa Sidorejo Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi.

Fly ash merupakan butiran halus residu bubuk batubara ataupun pembakaran batubara (ASTM C.618 (ASTM, 1995:304)). *Fly ash* biasa digunakan untuk bahan tambah (additive) dalam campuran beton yang mana menggantikan sebagian semen dan juga sebagai stabilisator dalam perbaikan tanah lunak. Hal ini dikarenakan kandungan bahan-bahan pozzolan dalam *Fly ash* di antaranya Silika (SiO_2), Besi Oksida (Fe_2O_3), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Magnesium Oksida (MgO), Kalsium Oksida (CaO), serta Sulfat (SO_4). Kandungan kalsium pada *Fly ash* yang dicampur dengan tanah nanti bereaksi dengan alumunium dan silikat yang terkandung pada tanah saat dicampurkan. Agar memperbanyak kandungan alumunium serta silikat yang ada dalam tanah tersebut dan juga memperoleh gradasi tanah yang lebih baik (Alihudien & Priyono, 2023).

Berdasarkan penjelasan tersebut, kami akan melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *fly ash* supaya meningkatkan daya dukung tanah dasar jalan yang ekspansif dengan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan akibat pencampuran *fly ash* pada sifat fisik dan mekanis tanah dan mendapatkan hasil dari uji CBR pada tanah yang sudah dicampur dengan *fly ash* beserta nilai maksimumnya.

1. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah merupakan komponen yang mencakup agregat (butiran mineral padat) yang tak disemen (terikatnya dengan kimiawi) satu dengan yang lainnya dari bahan organik yang terurai (mempunyai partikel padat) dibersamai gas serta cairan yang memenuhi ruang kosong pada bagian padat tersebut (Das,1993).

Tanah dan material konstruksi dengan harga ekonomis serta kuantitas yang didapati di

lingkungan amat melimpah. Menurut Punimia (1981), tanah diartikan semacam bahan semen atau non agregat yang mengamankan komponen organik ataupun mineral serta susunan khas yang menaungi mayoritas susunan kerak bumi.

B. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS

Semasa perang dunia II sistem pengelompokan inilah dioptimalkan oleh Casagrande sebagai integritas Engineering Angkatan Darat Amerika. Penggunaan metoda standar klasifikasi tanah (ASTM D 2487) di tahun 1969 yang mana sistem tersebut diambil oleh American Society for Testing and Materials (ASTM). Berdasarkan struktur USCS ini, tanah dikelompokkan jadi dua kategori yakni tanah berbutir halus serta tanah berbutir kasar. Tanah dengan butir kasar dikelompokkan pada kelompok kerikil, dilambangkan dengan G (asal kata gravel), serta pasir (S = Sands).

C. Tanah Ekspansif

Tanah ataupun batuan yang memuat lempungan dengan mempunyai kemampuan kembang susut sebab peralihan kadar air biasanya disebut dengan tanah ekspansif (Taher et al., 2020). Tanah ini, atau sering dinamai dengan tanah ekspansif (atau tanah berlempung), adalah jenis tanah yang cenderung memuai ketika terkena air dan menyusut ketika kering atau tanah dengan tanda-tanda kembang susut yang besar imbas kejadian kapiler ataupun peralihan nilai kadar air (Munthohar, 2014). Hal ini disebabkan oleh kandungan lempung yang tinggi dalam tanah tersebut (Abadi et al., 2019). Ketika tanah ekspansif menyerap air, bagian - bagian lempung di dalamnya menyerap air dan mengembang, yang dapat menyebabkan perubahan volume yang signifikan. Ketika tanah kering, partikel-partikel lempung ini kemudian menyusut kembali, yang juga dapat menyebabkan perubahan volume.

D. Material Penyusun Tanah

Karakter heterogen dan heterogen dimiliki oleh material penyusun tanah. Tiga bahan pokok penyusun tanah yakni :

1. Bahan organik dan mineral termasuk dalam golongan padat.
2. Berbentuk air tanah termasuk dalam golongan cair.
3. Berbentuk udara tanah termasuk dalam golongan gas.

Daerah yang beriklim sedang atau setengah kering biasanya terdapat tanah resual. Pada daerah ini tanah umumnya berkarakter kaku, stabil dan tidak melebar kearea tanah yang lebih dalam (Alihudien et al., 2021). Demikian, tanah residual bisa melebar hingga intensitas beberapa meter jika terdapat iklim panas dan lembab dengan memperoleh penyinaran matahari berdurasi panjang. Hal ini bisa membentuk tanah yang kuat dan stabil, sepertinya bisa juga menyimpan bahan yang begitu kompresibel yang termuat diarea gumpalan-gumpalan batuan yang belum terlampaui lapuk (Abadi et al., 2015). Maka dalam keadaan seperti ini tanah bisa mengakibatkan sulitnya dalam melaksanakan kegiatan pondasi ataupun struktur - struktur lainnya.

E. Sifat Fisik Tanah

Suatu keadaan tanah dalam keadaan akurat yang dapat dipakai untuk menetapkan macam-macam tanah merupakan definisi sifat fisik tanahnya. Tekstur tanah ditentukan oleh ukuran partikel tanah seperti pasir, debu, dan lempung, yang mempengaruhi kapasitas tanah untuk menahan air dan nutrisi. Struktur tanah merujuk pada pengaturan partikel-partikel tanah menjadi agregat atau gumpalan. Konsistensi tanah menggambarkan kekuatan dan ketahanan tanah terhadap deformasi, yang dipengaruhi oleh kelembaban. Kerapatan tanah mengukur massa tanah per unit volume, yang penting dalam menentukan daya dukung tanah. Porositas mengacu pada ruang antar partikel tanah yang memungkinkan pergerakan air dan udara. Warna tanah seringkali memberikan indikasi kandungan bahan organik dan mineral dalam tanah.

Penggunaan *fly ash*, atau abu terbang, untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar jalan yang ekspansif merupakan salah satu aplikasi praktis dari pemahaman sifat fisik tanah. *Fly ash* adalah sisa pembakaran batu bara yang sering digunakan sebagai bahan tambah

dalam konstruksi. Ketika dicampur dengan tanah yang memiliki sifat ekspansif, *fly ash* dapat membantu mengurangi sifat mengembang dan menyusut tanah akibat perubahan kelembaban. Hal ini terjadi karena *fly ash* memperbaiki struktur tanah dengan mengisi ruang pori, meningkatkan kerapatan, dan mengurangi porositas tanah. Selain itu, *fly ash* meningkatkan konsistensi tanah dengan meningkatkan kekuatan ikatan antar partikel tanah, yang pada akhirnya meningkatkan daya dukung tanah. Penggunaan *fly ash* juga dapat mengurangi kebutuhan akan material pengganti yang lebih mahal dan memberikan solusi berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah industri.

F. Kuat Geser Tanah

Percobaan secara langsung dalam menemukan besarnya kekuatan geser tanah merupakan percobaan kuat geser tanah. Contoh tanah yang bisa dipakai dalam percobaan ini yakni memakai tanah yang tak begitu padat, maka bentuk contoh tanah yang lembek serta terdapat muatan lempung. Dibutuhkan ke hati-hatian dan pengamatan yang besar pada prosedur pemungutan sampel, pengarsipan sampel, dan pemeliharaan sampel sebelum percobaan, yang utama untuk sampel tidak terusik (undisturbed), yang mana lapisan tanahnya di lapangan tetap terjaga kadar air tersebut (Craig, 1991).

Percobaan geser langsung (direct shear) ialah salah satu diantara percobaan kuat geser tanah yang biasanya dilaksanakan (Kuryanto et al., 2018). Uji direct shear dilaksanakan melalui meletakkan contoh tanah dalam suatu kotak yang asalnya bahan logam dengan penampang lingkaran maupun persegi. Kemudian kotak dibagi dalam dua bagian pas ditengahnya tinggi kotak. Selanjutnya, dibagikan muatan menggunakan (N) yaitu gaya vertical menempuh pelat muatan dengan berkala. Dengan demikian, tegangan geser sebagai akibat dengan menciptakan pergesekan antara dua bagian kotak. (T) sebagai gaya geser ditakar bebarengan dengan peralihan geser (ΔI).

G. Tanah *Fly ash*

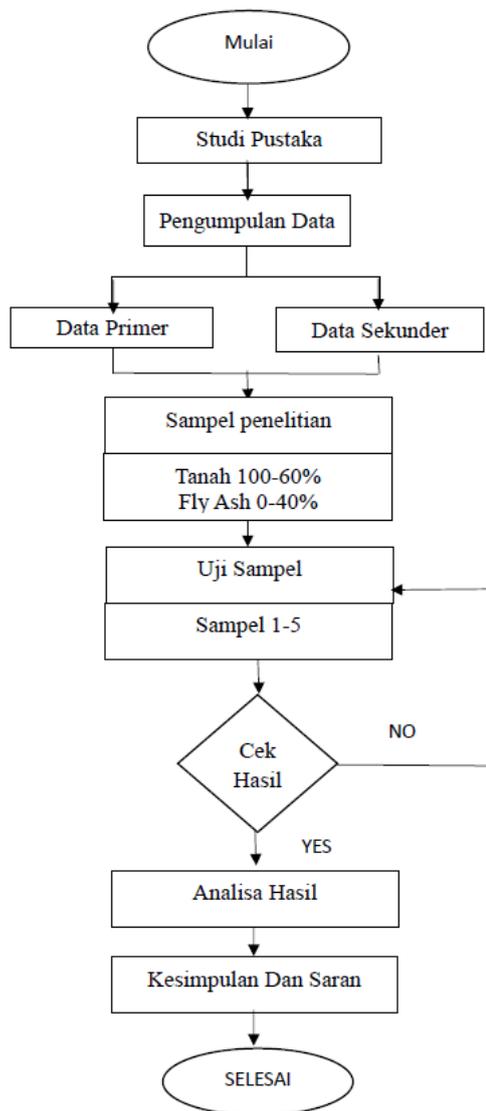
Sampah berjenis sampah cair dan sampah padat merupakan dampak dari adanya pembakaran batu bara yang dilakukan oleh PLTU. *Fly ash* serta Bottom ash adalah sampah padat lebihan pembakaran tersebut. Oily drain, boiler cleaning, aux drain, coal pile storage area, ash disposal area, boiler blowdown, FGD blow down termasuk dalam sampah kategori cair. *Fly ash* terbagi pada dua golongan yakni *fly ash* golongan F serta *fly ash* golongan C menurut ASTM C618. Faktor kebanyakan silika, kalsium, aluminium, serta kadar besi pada ash merupakan perbedaan pokok dari dua *fly ash*. a. Pembakaran batu bara antrachite ataupun bituminous merupakan pembuatan dari *fly ash* golongan F, memiliki pozzolanic sebagai karakternya, dan penambahan hydrated lime, quick lime, maupun semen untuk memperoleh karakter cementitious. kadar kapur yang minim ($\text{CaO} < 10\%$) dimiliki oleh *Fly ash* golongan F . b (Abadi, 2007).

Pembakaran batu bara subbituminous ataupun lignite yang memiliki karakter pozzolanic juga self cementing (keahlian dalam memadat serta bertambah kekuatan jika merespon pada air tidak melalui menambahkan kapur) merupakan *Fly ash* golongan C. Umumnya mempunyai kadar kapur ($\text{CaO} > 10\%$). Pada aplikasi Geotechnical Engineering profit memakai *fly ash*, diantara lain soil improvement bagi konstruksi jalan merupakan bagian aspek lingkungan, ekonomi, serta meminimalisir shrinkage-cracking problem dalam pemakaian semen untuk bahan stabilisasi. Satu diantara pengerjaan lingkungan yang dilakukan merupakan menggunakan sampah *fly ash* sebagai kebutuhan bahan bangunan teknik sipil. Akan tetapi, penggunaan sampah *fly ash* masih minim untuk dilaksanakan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Flowchart penelitian untuk mengkaji pengaruh penggunaan *fly ash* dalam meningkatkan daya dukung tanah dasar jalan yang ekspansif dapat dimulai dengan identifikasi masalah dan studi pustaka. Masalah yang ditemukan yaitu sifat ekspansif tanah yang mengakibatkan kerusakan pada struktur jalan.

Langkah berikutnya adalah pengumpulan sampel tanah dari lokasi penelitian dan *fly ash*. Kemudian, tahap persiapan dan pengkondisian sampel dilakukan dengan mencampur *fly ash* ke dalam tanah dalam berbagai proporsi. Uji laboratorium dilaksanakan untuk mengukur perubahan sifat fisik tanah, seperti kerapatan, konsistensi, dan daya dukung. Analisis data dilakukan untuk menilai efektivitas *fly ash* dalam memperbaiki sifat tanah. Gambar 1 merupakan *flowchart* dalam penelitian ini.

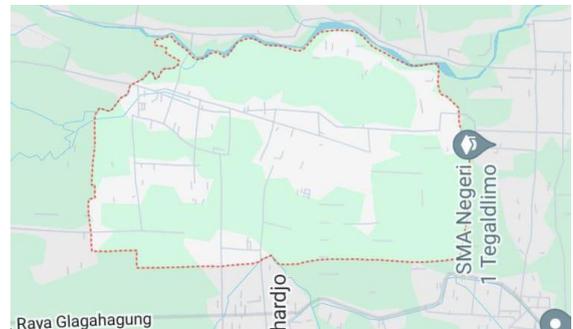


Gambar 1. Bagan Penelitian

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas

Muhammadiyah Jember. Di mana Lokasi pengambilan sampel tanah dan pengumpulan data dilakukan Di Desa Sidorejo Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah
 Sumber: Data penelitian, 2024

Waktu penelitian ini akan dilangsungkan selama 1 bulan dan libur pada hari minggu. Untuk pengambilan data kuisioner dilakukan setelah dilakukan penelitian. Semua hasil data kuisioner akan dianalisis secara menyeluruh untuk mendapatkan kesimpulan yang akurat.

B. Tahap Penelitian

Tugas akhir ini akan melaksanakan penelitian tentang pengaruh yang ditimbulkan dari penambahan *fly ash* pada tanah Expansif di Desa Sidorejo Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui stabilisasi tanah Expansif dengan pencampuran *fly ash* yang berfungsi sebagai stabilisator. Komposisi *fly ash* yang akan dicampurkan pada tanah lunak yang ada di Tabel 1 yaitu:

Tabel 1. Komposisi Campuran *Fly ash*

No	Sampel	Presentase Tanah Asli (%)	Presentase <i>Fly ash</i>
1.	Tanah Asli	100%	0%
2.	Campuran 10%	90%	10%
3.	Campuran 20%	80%	20%
4.	Campuran 30%	70%	30%
5.	Campuran 40%	60%	40%

Sumber: Hasil penelitian, 2024

Komposisi campuran *fly ash* yang ada dalam Tabel 1 berpacu terhadap penelitian sebelumnya melalui merubah persentase campuran supaya diperoleh nilai CBR maksimal yang lebih detail.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan terbagi dalam 2 macam, yakni data primer serta sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan, pengujian di laboratorium, serta wawancara bersama berbagai pihak yang berhubungan. Data primer yang dipergunakan yaitu kadar air, berat jenis, analisa saringan, *atrerbag limits*, *proctor modified* dan CBR. Sementara data sekunder yaitu data yang didapat dengan melalui banyak literature dengan mencari informasi ilmiah mengenai stabilisasi tanah lempung dengan campuran *fly ash*.

D. Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan dengan teliti agar bisa menyelesaikan permasalahan yang ada dengan benar dan tepat. Analisis akan menjadi semakin kompleks apabila permasalahan yang ada semakin sulit. Maka dari itu data-data dan teori konsep dasar akan diperlukan untuk dapat melakukan analisis dengan baik dan benar. Selain itu, pemilihan metode yang tepat akan mempengaruhi kualitas hasil analisis. Implementasi teknik analisis yang sesuai dapat mempercepat proses pemecahan masalah dan meningkatkan akurasi temuan.

Analisis tanah lempung dengan campuran *fly ash* sebagai stabilisatornya dilakukan berdasar dari data hasil praktikum yang terlaksana di laboratorium. Data tersebut berguna untuk melengkapi data parameter tanah yang sudah ada. Analisis tanah lempung dengan campuran *fly ash* sebagai stabilisatornya dilakukan berdasar dari data hasil praktikum yang terlaksana di laboratorium. Data tersebut berguna untuk melengkapi data parameter tanah yang sudah ada. Penelitian ini juga mempertimbangkan berbagai faktor eksternal yang dapat mempengaruhi hasil analisis, seperti kondisi cuaca dan kelembapan udara. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat meningkatkan stabilitas dan kekuatan

tanah lempung secara signifikan. Selain itu, penggunaan *fly ash* sebagai stabilisator juga merupakan solusi ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah industri.

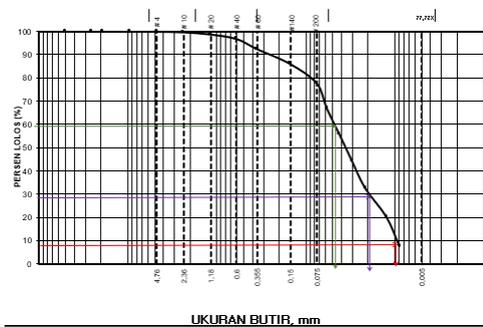
3. HASIL PENELITIAN

A. Hasil Pengujian Tanah Asli

Tabel 2. Analisis Ayakan Tanah Asli

Hasil Pengujian Tanah Asli							
Analisis Ayakan							
Gra	Sa	Sl	Cl	LL	PL	SL	IP
vel	nd	it	ay				
8,4	13,	27	50,	51,	5,9	2,4	45,
2	86	,6	12	780	10	80	880

Sumber: Hasil Peneliti, 2024



Gambar 3. Hasil Pengujian Tanah Asli

Sumber: Hasil Peneliti, 2024

Hasil analisis tanah yang ditunjukkan dalam tabel 2 dan grafik pada gambar 3, dapat disimpulkan bahwa tanah di Desa Sidorejo Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi di curigai sebagai tanah Exfansif, yang dimana diperoleh nilai batas cair (LL) sebesar 51,78% dan nilai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 45,88% pada klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) termasuk dalam OH (lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi). Sedangkan klasifikasi tanah menurut AASTHO (American Association of States Highway and Transpotation Official) termasuk kelompok A-7-6 (tanah berlempung) dalam kelas subgrade yang sangat buruk karena mempunyai nilai grup Indeks (GI) sebesar 19%.

Hasil pengujian laboratorium diperoleh data-data yang digunakan dalam menentukan klasifikasi tanah menurut AASTHO sebagai berikut:

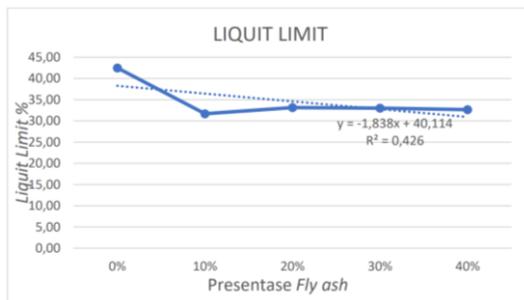
1. F = 84,36% Termasuk kedalam tanah lanau atau tanah lempung karena nilai yang lolos saringan 200 lebih dari 35%.
2. LL = 51,78% termasuk kedalam klasifikasi kelompok A-7 yang mempunyai batas minimum LL sebesar 41%.
3. IP = 45,88 termasuk kedalam klasifikasi kelompok A-7 dengan batas minimum IP sebesar 11%.

B. Hasil Pengujian Tanah Yang Telah Dicampur Fly ash

Tabel 3. Hasil Pengujian Tanah Yang Telah Dicampur

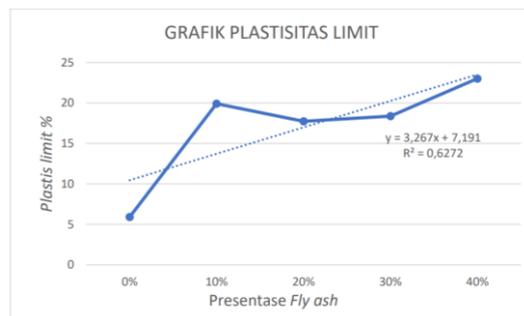
Sampel	LL%	PL%	IP%
0%	51,78	5,91	45,88
10%	63,41	31,69	31,72
20%	53,87	46,25	7,63
30%	60,80	50,00	10,89
40%	49,56	39,58	9,97

Sumber: Hasil Peneliti, 2024



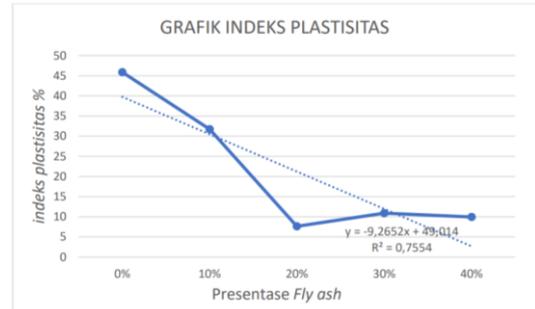
Gambar 4. Grafik Liquid Limit
 Sumber: Hasil Peneliti, 2024

Grafik pada Gambar 4, menunjukkan nilai LL tertinggi di 0% dan nilai LL terendah pada 10%



Gambar 5. Grafik Plastisitas Limit
 Sumber: Hasil Peneliti, 2024

Grafik pada Gambar 5, menunjukkan nilai PL tertinggi pada campuran 40% dan nilai PL terendah pada campuran 0%



Gambar 6. Grafik Indeks Limit
 Sumber: Hasil Peneliti, 2024

Grafik pada Gambar 6, menunjukkan nilai IP tertinggi pada campuran 0% dan nilai PL terendah pada campuran 20%.

Berdasarkan tabel 3 dan grafik pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6, dapat di simpulkan bahwa penambahan *fly ash* memberikan tren yang positif terhadap daya dukung tanah. Dan nilai yang paling optimum berada pada campuran *fly ash* 10%.

Tabel 4. Hasil CBR Tanah Asli

CBR	Penurunan	
	0.1 Inch	0.2 Inch
Nilai CBR	$\left(\frac{0,04}{0,71}\right) \times 100$ = 5,60%	$\left(\frac{0,05}{1,06}\right) \times 100$ = 4,69%

Sumber: Hasil Peneliti, 2024

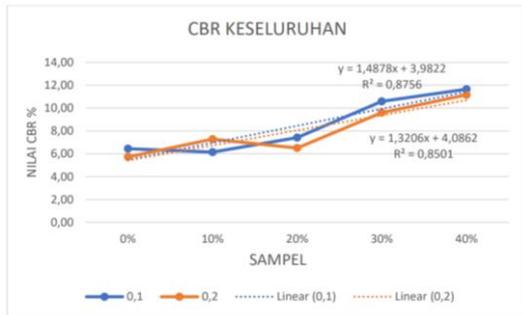
Tabel 5. Data Pengujian CBR

Sampel	CBR	
	0,1	0,2
0%	6,43	5,72
10%	614	7,27
20%	7,41	6,50
30%	10,59	9,60
40%	11,65	11,15

Sumber: Hasil Peneliti, 2024

Berdasarkan Tabel 5 dapat di simpulkan bahwa penambahan *fly ash* memberikan tren yang positif terhadap kepadatan tanah, persentase yang semakin tinggi menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap

kepadatan tanah. Hal ini disebabkan oleh semakin padatnya partikel-partikel tanah yang menempati ruang-ruang kosong, sehingga mengurangi rongga udara di antara butir-butir tanah.



Gambar 7. Grafik CBR Keseluruhan
Sumber: Hasil Peneliti, 2024

Berdasarkan grafik pada gambar 7 tersebut dapat diketahui bahwa campuran *fly ash* dapat meningkatkan nilai CBR optimum di campuran 40%. Hal tersebut berarti meningkatkan daya dukung kekuatan tanah sehingga daya dukung tanahnya semakin membaik.

4. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanah memiliki nilai batas cair (LL) sebesar 51,78% dan nilai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 45,88%, diklasifikasikan sebagai OH (lempung organik) menurut USCS, dan termasuk kelompok A-7-6 dengan nilai grup Indeks (GI) sebesar 19% menurut AASTHO.
2. Analisa saringan tanah asli menunjukkan komposisi clay 50,12%, sand 13,86%, silt 27,60%, dan gravel 8,42%. Penambahan Fly ash dengan persentase 10%, 20%, 30%, dan 40% menunjukkan batas cair (LL) masing-masing sebesar 63,41%, 53,87%, 60,80%, dan 49,56%, dengan nilai optimum pada campuran 20%.
3. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked pada tanah dengan tambahan fly ash 10%, 20%, 30%, dan 40% menghasilkan nilai CBR (0,1 dan 0,2) sebesar (6,43% dan 5,72%), (6,14% dan 7,27%), (7,41% dan 6,50%), (10,59% dan

9,60%), (11,65% dan 11,15%), dengan nilai optimum pada campuran fly ash 40% yaitu (11,65% dan 11,15%).

B. Saran

1. Perbanyak jumlah sampel penelitian dengan persentase campuran *fly ash* yang selisih setiap sampelnya sedikit untuk mengetahui perbandingan perubahan hasil yang terjadi dan titik yang lebih optimum.
2. Perlu ketelitian dan berhati-hati pada saat melakukan proses pengujian di Laboratorium terutama penggunaan alatnya yang harus sesuai prosedur dan SOP agar hasil yang diperoleh lebih valid dan maksimal.

5. REFERENSI

- Abadi, T. (2007). Perbandingan hasil stabilisasi dengan *fly ash* dan semen pada tanah ekspansif Cikampek. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 131–143.
- Abadi, T., Pen, L. Le, Zervos, A., & Powrie, W. (2015). Measuring the area and number of ballast particle contacts at sleeper/ballast and ballast/subgrade interfaces. *The International Journal of Railway Technology*, 4(2), 45–72.
- Abadi, T., Pen, L. Le, Zervos, A., & Powrie, W. (2019). Effect of sleeper interventions on railway track performance. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 145(4), 04019009.
- Alihudien, A., Hamduwibawa, R. B., & Totok Dwi Kuryanto. (2021). Identifikasi Potensi Tanah Ekspansi Pada Lokasi Pembangunan Rumah Sakit Unmuh Jember. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 6(2), 68–73.
- Alihudien, A., & Priyono, P. (2023). Identifikasi Jenis Tanah Wilayah Dekat Pantai Puger Menggunakan Bagan Klasifikasi Tanah Robertson 1990.: Identifikasi Jenis Tanah Wilayah Dekat Pantai Puger Menggunakan Bagan Klasifikasi Tanah Robertson 1990. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 8(2), 133–143.
- Alihudien, A., Suhartinah, & Warnana, D. D. (2018b). Analysis of Soil Liquefaction Potential in Puger Coastal Area, Jember

- Regency, East Java Using CPT Data. AIP Conference Proceedings, 0400041–0400049.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1063/1.5042974>
- Alihudien, A., Suhartinah, & Warnana, D. D. (2018a). *Analisa Potensi Likuifasi Tanah dan Teknik Perencanaan Pondasi*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Jember.
- Auliah, Armi, 2009, Lempung Aktif Sebagai Adsorben Ion Fosfat Dalam Air, Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia.
- Arifin, B., 2019, Penggunaan Abu Batu Bara PLTU Mpanau Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.
- Bowles J., 1984, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, E. J. & Henlim, J. K., 1991, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Chen, F. H., 1975, 1988, *Foundation of Expansive Soils*, American Elsevier Science Publication, New York.
- Craig, B. M., 1991, *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1995, *The Principle of Geotechnical Engineering (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlanga, Jakarta.
- Fauziek, M., & Suhendra, A. (2018). Efek Dari Dynamic Compaction (DC) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1(2), 205–214.
- 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). Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Hapsari, Nurul Aini Dwi dan Mitha Hadi Amelyna, 2019, Pengaruh Penambahan Kapur dan Abu Sekam Padi untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Hardiyatmo, G. C., 2002, *Mekanika Tanah Jilid 1*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hizkia, Gultom, 2019, Kajian Stabilisasi Tanah lempung Akibat Penambahan Semen Portland 3% dan *Fly ash* dengan Pengujian CBR Test dan Kuat Tekan Bebas. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Husnah, Novreta Ersy Darfia, Septian Eka Prayino, 2019, Stabilisasi Tanah Lempung dengan campuran Semen dan *Fly ash*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Abdurrah.
- Kuryanto, T. D., Irawati, & Rizal, N. S. (2018). The Use of Vibra Engine to Enhance Batako Industrial Quality at Urban Area. *Kontribusi Research Dissemination for Community Development*, 1(1), 1. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30587/kontribusi.v1i1.250>
- Taher, Z. J., Scalia, J., & Bareither, C. (2020). Comparative assessment of expansive soil stabilization by commercially available polymers. *Transportation Geotechnics*, 24.