



Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Lempung Organik

Muhammad Muis Fauzi¹, Andi Marini Indriani², Gunaedy Utomo³

^{1,2,3}Universitas Balikpapan

¹muhammadmuisfauzi@gmail.com, ²andi.marini@uniba-bpn.ac.id, ³gunaedy@uniba-bpn.ac.id

Abstract

The role of soil is very crucial and is always closely related to infrastructure development. This is because soil functions as the basis for building construction, serving to receive and support the structural loads placed on it. In high rainfall weather conditions, the surface of the slope is susceptible to landslides. Landslides occur due to excessive water infiltration, causing the soil to become weak and collapse. To prevent landslides, efforts need to be made to reduce soil infiltration or permeability. The purpose of this study was to determine the characteristics of the addition of Fly Ash to the permeability of organic clay soil and to determine the optimum composition of the addition of Fly Ash to reduce the permeability coefficient value. The addition of variations in the percentage of Fly Ash was 8%, 16%, and 24% with a curing period of 3 days, 14 days, and 28 days. The test results obtained with the addition of 24% Fly Ash resulted in a decrease in the permeability coefficient value of 84.08% against untreated soil. It can be concluded that the use of Fly Ash can be used as a soil stabilization material, especially in permeability testing.

Keywords: Soil Stabilization, Fly Ash, Permeability

Abstrak

Peran tanah sangat krusial dan selalu terkait erat dengan pembangunan infrastruktur. Ini dikarenakan tanah berfungsi sebagai dasar konstruksi bangunan, bertugas untuk menerima dan menopang beban struktural yang ditempatkan di atasnya. Pada kondisi cuaca curah hujan tinggi permukaan lereng rentan terhadap kelongsoran. Kelongsoran terjadi karena infiltrasi air yang terlalu besar sehingga menyebabkan tanah menjadi lemah dan longsor. Untuk mencegah terjadinya kelongsoran maka perlu dilakukan upaya untuk memperkecil infiltrasi atau permeabilitas tanah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik penambahan *Fly Ash* terhadap permeabilitas tanah lempung organik dan mengetahui komposisi optimum penambahan *Fly Ash* untuk memperkecil nilai koefisien permeabilitas. Penambahan variasi persentase *Fly Ash* ialah 8%, 16%, dan 24% dengan masa peram 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil pengujian yang didapat dengan penambahan 24 % *Fly Ash* menghasilkan penurunan nilai koefisien permeabilitas sebesar 84,08% terhadap tanah *untreated*. Dapat disimpulkan penggunaan *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah terutama pada pengujian permeabilitas.

Kata kunci: Stabilisasi Tanah, *Fly Ash*, Permeabilitas

Diterima Redaksi : 2024-10-12 | Selesai Revisi : 2024-10-21 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Peran tanah sangat krusial dan selalu terkait erat dengan pembangunan infrastruktur. Ini dikarenakan tanah berfungsi sebagai dasar konstruksi bangunan, bertugas untuk menerima dan menopang beban struktural yang ditempatkan di atasnya. Oleh karena itu, tanah perlu memiliki kemampuan daya dukung yang optimal untuk menanggung beban yang bekerja. Dalam perencanaan

konstruksi geoteknik, diperlukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah, terutama sifat-sifat tanah yang memengaruhi kemampuan daya dukungnya dalam menahan beban konstruksi di atasnya [1]

Pada kondisi cuaca curah hujan tinggi permukaan lereng rentan terhadap kelongsoran. Kelongsoran terjadi karena infiltrasi air yang terlalu besar sehingga menyebabkan tanah menjadi lemah dan longsor [2].



Lisensi
Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Untuk mencegah terjadinya kelongsoran maka perlu dilakukan upaya untuk memperkecil infiltrasi atau permeabilitas tanah, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan uji coba penambahan *Fly Ash* dengan beberapa variasi persentase sehingga bisa didapatkan komposisi penambahan *Fly Ash* yang optimum untuk memperkecil nilai permeabilitas [3].

Fly Ash mengandung senyawa kimia seperti silika, oksida besi, dan kalsium. Ketika *Fly Ash* berinteraksi dengan air atau mineral di dalam tanah, dapat membentuk produk yang menghambat aliran air, seperti endapan atau gel. Reaksi kimia ini dapat mengubah sifat hidrolik tanah, sehingga mengakibatkan penurunan permeabilitas secara keseluruhan [4].

Penggunaan *Fly Ash* dalam tanah seringkali bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat teknis tanah, termasuk permeabilitas. Namun pengaruh akhirnya sangat tergantung pada kondisi spesifik dan karakteristik material yang digunakan. Penelitian dan pengujian laboratorium yang cermat diperlukan untuk mengevaluasi secara tepat bagaimana *Fly Ash* akan mempengaruhi permeabilitas tanah dalam konteks proyek konstruksi atau rekayasa sipil [5].

Uji permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui jumlah penetrasi dalam tanah dan bahan penstabil yang digunakan sebagai teknik sipil dan rencana konstruksi. Uji permeabilitas dibagi menjadi dua bagian: tinggi jatuh dan tinggi konstan, metode yang digunakan yaitu constant head.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *Fly Ash* terhadap permeabilitas tanah berbutir halus, dan juga untuk mengetahui berapa komposisi optimum penambahan *Fly Ash* untuk memperkecil nilai koefisien permeabilitas.

Pemanfaatan *Fly Ash* dapat digunakan sebagai alternatif yang layak untuk material timbunan berpori karena *Fly Ash* umumnya terdiri dari partikel berukuran lanau dan bersifat sementasi yang dapat membuat butiran tanah menjadi lebih terikat sehingga menyebabkan permeabilitas tanah menurun karena adanya penambahan *Fly Ash* pada tanah [6].

Stabilisasi tanah adalah salah satu metode perbaikan tanah yang melibatkan campuran tanah dengan jenis tanah lain untuk mencapai gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambahan untuk meningkatkan sifat-sifat teknis tanah [7].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai setelah mendapatkan tahapan awal melibatkan studi literatur, termasuk pencarian referensi jurnal, analisis kandungan bahan tambah yang digunakan, dan pemeriksaan metode penelitian yang telah dilakukan. Pengujian yang akan dilakukan pada

tanah yang dicampur dengan *Fly Ash* adalah permeabilitas dengan metode *Constant Head*.

2.1. Bahan Material



Gambar 1. Tanah Lempung Organik



Gambar 2. Fly Ash

2.2. Prosedur Pelaksanaan

Dalam prosedur pelaksanaan yang dilakukan pada saat pengujian sifat fisik tanah agar dapat mengetahui jumlah sampel dan standar rujukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	SNI
1	Kadar Air	3	SNI 1965-2008
2	Analisa Saringan		SNI 3423-2008
3	Berat Jenis		
4	Berat Jenis + <i>Fly Ash</i> 8%	6	SNI 1964-2008
5	Berat Jenis + <i>Fly Ash</i> 16%		
6	Berat Jenis + <i>Fly Ash</i> 24%		
7	Pemadatan Standar Tanah Untreated		
8	Pemadatan Standar + <i>Fly Ash</i> 8%	5	SNI 1742:2008
9	Pemadatan Standar + <i>Fly Ash</i> 16%		
10	Pemadatan Standar + <i>Fly Ash</i> 24%		
11	Permeabilitas Tanah 0%	1	SNI 6870-2002

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	SNI
12	Permeabilitas + <i>Fly Ash</i> 8%	6	
13	Permeabilitas + <i>Fly Ash</i> 16%		
14	Permeabilitas + <i>Fly Ash</i> 24%		

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini yaitu pengaruh penambahan *Fly Ash* pada stabilisasi tanah organik. Tanah yang dijadikan sampel berasal dari PLTU Teluk Balikpapan KM 13 Balikpapan, Kecamatan Balikpapan Utara. Metode penelitian yang digunakan tugas akhir ini berdasarkan data yang diperoleh dari uji di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Balikpapan. Dari data tersebut dapat diketahui sifat-sifat tanah yang kami jadikan sampel pada penelitian ini beserta pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan *Fly Ash*. Kemudian dari data tersebut digunakan untuk menganalisa penambahan *Fly Ash* terhadap nilai permeabilitas tanah asli yang kami gunakan dan juga stabilisasi tanah asli yang dicampur dengan *Fly Ash*. Adapun persentase campuran *Fly Ash* yang kami gunakan antara lain 8%, 16%, dan 24%. Dengan masa peram 3 hari, 14 hari, dan 28 hari.

3.1. Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

Tabel 2. Jenis Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah *Untreated*

	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
1.	Kadar Air Tanah	5,835	%
2.	Analisa Saringan	65,36	%
3.	Berat Jenis	2,516	gr/cm ³
4.	Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,37	gr/cm ³
5.	Kadar Air Optimum (OMC)	15,4	%
6.	Permeabilitas	2,30E-03	cm/menit

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian kadar air maka di dapati kadar air rata-rata sebesar 5,835%. Berdasarkan Tabel 2 diatas dapat diperoleh rata- rata tanah yang lolos Analisa saringan No. 200 sebanyak 65,36%. Dari hasil yang di dapat, tanah ini masuk dalam kategori tanah berbutir halus karena jumlah tanah yang lolos saringan No. 200 beratnya lebih dari total sampel tanah itu sendiri atau >50% berdasarkan *United Soil Classification System (USCS)*.

Berdasarkan hasil penelitian berat jenis rata – rata yang didapat sebesar 2,516, sehingga tanah ini berada di kategori antara tanah lempung organik dan tanah gambut tetapi lebih dominan ke tanah lempung organik dengan angka 2,58 – 2,65.

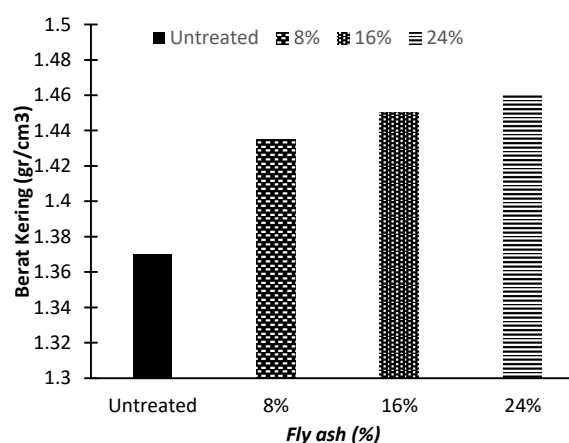
3.2. Sifat Mekanis Tanah + *Fly Ash*

Pada pengujian pemadatan standar ini bertujuan untuk mendapatkan berat volume berat kering maksimum

(MDD) pada tanah dan kadar air optimum (OMC) pada jenis tanah.

Tabel 3. Pengujian Pemadatan Standar Tanah + *Fly Ash*

	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
1.	Pemadatan Standar Tanah <i>Untreated</i>		
a.	Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,37	gr/cm ³
b.	Kadar Air Optimum (OMC)	15,4	%
2.	Pemadatan Standar Tanah + <i>Fly Ash</i> 8%		
a.	Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,435	gr/cm ³
b.	Kadar Air Optimum (OMC)	14,2	%
3.	Pemadatan Standar Tanah + <i>Fly Ash</i> 16%		
a.	Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,45	gr/cm ³
b.	Kadar Air Optimum (OMC)	14,79	%



Gambar 3. Hasil Kombinasi Pemadatan Standar Tanah *Untreated*, Tanah + *Fly Ash* 8%, Tanah + *Fly Ash* 16%, dan Tanah + *Fly Ash* 24%.

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya variasi persentase *Fly ash* pada tanah dapat meningkatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) pada tanah. Nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) tanah asli sebesar 1,37 gr/cm³, nilai ini dijadikan nilai awal sehingga dapat menghitung persentase kenaikan setiap bertambahnya *Fly ash* yang ditentukan.

Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 8% mendapatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebesar 1,435 gr/cm³, nilai pada Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 8% ini mengalami peningkatan pada nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebanyak 4,74% dari nilai awal. Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 16% mendapatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebesar 1,45 gr/cm³, nilai pada Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 16% ini mengalami

peningkatan pada nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebanyak 5,84% dari nilai awal. Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 24% mendapatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebesar 1,46 gr/cm³, nilai pada Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 16% ini mengalami peningkatan pada nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebanyak 6,56% dari nilai awal.

Berdasarkan penjelasan tadi dapat disimpulkan bahwa persentase peningkatan yang paling tinggi yaitu antara pemadatan standar tanah asli dan pemadatan standar tanah + *Fly ash* 24%. Hal ini sejalan dengan hasil pengujian yang dilakukan oleh [8], bahwa penambahan *Fly ash* yang mengakibatkan rongga atau pori-pori pada tanah yang berisi air dan udara semakin mengecil. Semakin berkurangnya rongga pada tanah maka dapat menghasilkan tanah yang lebih padat dan terjadi peningkatan kekuatan daya dukung pada tanah yang diuji. Sebaliknya tanah yang memiliki kepadatan kering maksimumnya yang semakin kecil maka mengakibatkan tanah tersebut rapuh atau tidak kuat.

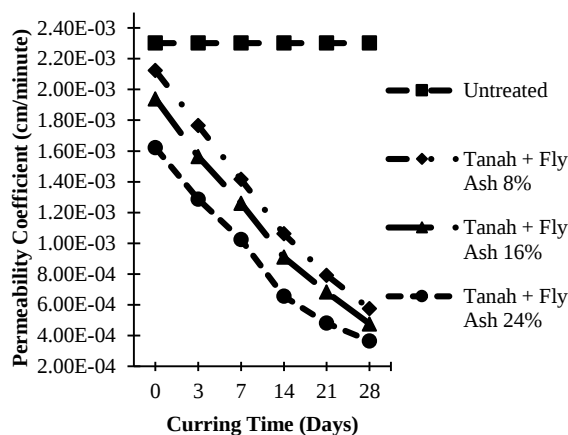
Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [9] menjelaskan bahwa dengan ditambahkan *Fly ash* pada tanah menghasilkan ikatan antar partikel tanah menjadi lebih kuat, meningkatkan kepadatan dan kekuatan tanah secara keseluruhan. *Fly ash* umumnya memiliki ukuran butiran yang sangat halus, sering kali lebih halus daripada tanah asli. Hal ini memungkinkan *Fly ash* untuk mengisi rongga-rongga di antara partikel-partikel tanah dengan lebih efektif. Pada saat pemadatan, butiran-butiran halus *Fly ash* ini dapat menyebar dan mengisi ruang pori-pori tanah, sehingga menghasilkan tekstur tanah yang lebih padat dan homogen.

Hal ini sejalan juga dengan penelitian yang dilakukan [10], menjelaskan bahwa *fly ash* memiliki sifat pozzolan dan kemampuan selfcementing yang mempengaruhi sifat-sifat tanah ketika digunakan sebagai bahan tambah pada tanah yang dapat membantu meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah secara keseluruhan.

Tabel 4. Hasil Kombinasi Permeabilitas Tanah + *Fly Ash* 8%, Tanah + *Fly Ash* 16%, Tanah + *Fly Ash* 24%

No.	Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	Koefisien Permeabilitas (cm/menit)	Masa Peram (Hari)	Persentase Penurunan (%)
1.	Untreated	2,30E-03		0%
	8%	2,12E-03	0	7,73%
	8%	1,77E-03	3	23,26%
2.	8%	1,42E-03	7	38,49%
	8%	1,06E-03	14	53,86%
	8%	7,93E-04	21	65,55%
	8%	5,75E-04	28	75%
	16%	1,94E-03	0	15,76%
	16%	1,56E-03	3	32,01%
3.	16%	1,26E-03	7	45,22%
	16%	9,10E-04	14	60,45%
	16%	6,83E-04	21	70,30%
	16%	4,76E-04	28	79,33%
4.	24%	1,62E-03	0	29,54%

No.	Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	Koefisien Permeabilitas (cm/menit)	Masa Peram (Hari)	Persentase Penurunan (%)
	24%	1,29E-03	3	44,04%
	24%	1,02E-03	7	55,45%
	24%	6,56E-04	14	71,50%
	24%	4,81E-04	21	79,08%
	24%	3,66E-04	28	84,08%



Gambar 4. Grafik Kombinasi Permeabilitas Tanah Untreated, Tanah + *Fly Ash* 8%, Tanah + *Fly Ash* 16%, dan Tanah + *Fly Ash* 24%

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 4, dapat dilihat nilai Koefisien Permeabilitas dengan variasi persentase *Fly Ash* 8%, 16%, dan 24% dengan durasi tanpa masa peram 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dapat dilihat dari nilai Koefisien Permeabilitas Tanah asli 2,30E-03 atau 0,0023 cm/menit mengalami penurunan terhadap masing – masing nilai Koefisien Permeabilitas di setiap durasi masa peram. Pada hal ini nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Asli 2,30E atau 0,0023 cm/menit ini menjadi nilai awal untuk perbandingan terhadap nilai Koefisien Permeabilitas tanah + *Fly Ash*.

Persentase penurunan tertinggi berada pada nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Asli terhadap nilai Koefisien Permeabilitas + *Fly Ash* 24% masa peram 28 hari dengan jumlah 84,08%. Hal ini dikarenakan *Fly Ash* pada tanah mempunyai sifat penyerapan air yang lebih sedikit. Oleh karena itu apabila semakin banyak penambahan variasi persentase *Fly Ash* dan semakin lama masa pemeraman maka semakin lama nilai Koefisien Permeabilitas yang didapat. Hasil pengujian yang telah dilakukan sesuai dengan penelitian [11], bahwa seiring dengan meningkatnya persentase penggantian geopolimer, sampel menjadi kurang permeabel. Analisis SEM mengkonfirmasi hasil tersebut, menunjukkan bahwa geopolimer cenderung menutupi ruang pori-pori tanah, menyebabkan air memiliki saluran yang lebih sedikit dan nilai permeabilitas menjadi rendah.

Hal ini juga sejalan dengan penelitian [12], dimana penambahan *Fly Ash* meningkatkan berat volume tanah kering atau kepadatan tanah meningkat sehingga pori – pori pada tanah menjadi lebih kecil dan berefek pada penurunan nilai koefisien permeabilitas. Permeabilitas menurun seiring dengan meningkatnya persentase penggantian geopolimer dengan campuran abu terbang ke dalam sampel. Ketika geopolimerisasi meningkat dengan masuknya abu terbang ke dalam campuran, ruang kosong antar partikel tanah terlapisi dan diikat oleh geopolimer sehingga menghambat aliran air. *Fly Ash* juga memiliki sifat hidrolik yang berbeda dengan tanah alami. Ketika dicampurkan dengan tanah, *Fly Ash* dapat mengubah karakteristik hidrolik tanah tersebut. Perubahan ini dapat menghasilkan peningkatan retensi air atau pembentukan struktur fisik yang menghambat aliran air.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian yang didapat dengan penambahan 24 % *Fly Ash* menghasilkan penurunan nilai koefisien permeabilitas sebesar 84,08% terhadap tanah *untreated*. Dapat disimpulkan penggunaan *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah terutama pada pengujian permeabilitas. Apabila semakin banyak penambahan *Fly Ash* maka akan semakin kecil nilai koefisien permeabilitasnya. Dalam penelitian lanjutan dapat menambahkan material lainnya yang dikombinasi *Fly Ash*.

Daftar Rujukan

- [1] N. A. Arinda Leliana, “Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Magetan Jawa Timur,” *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 1, pp. 1–8, 2015, Accessed: Aug. 02, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/10064>
- [2] A.S. Budiharso, C. Kasenda, “Analisis Tingkat Kerawanan Pergerakan Tanah Di Kelurahan Taas Kecamatan Tikala Kota Manado, Sulawesi Utara,” *Journal Geological Processes, Risks and Integrated Spatial Modeling*, vol. 02, 2024, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.jurnal.prisma.ac.id/index.php/jgprism/article/view/147/42>
- [3] J. Dungca, J. Galupino, E. Joenel, G. Galupino, and J. R. Dungca, “Permeability characteristics of soil-fly ash mix,” *Article in ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 10, no. 15, 2015, [Online]. Available: www.arpnjournals.com
- [4] J. R. Dungca, W. D. T. Lao, M. Lim, W. D. Lu, and J. C. P. Redelicia, “Vertical permeability of dredged soil stabilized with fly-ash based geopolymer for road embankment,” *International Journal of GEOMATE*, vol. 17, no. 59, pp. 8–14, 2019, doi: 10.21660/2019.59.4525.
- [5] E. E. Hangge, R. A. Bella, and M. C. Ullu, “Pemanfaatan *Fly Ash* Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif,” 2021. Accessed: Aug. 02, 2024. [Online]. Available: <https://sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/view/397>
- [6] Hardiyatmo, “Analisis Kuat Tekan Bebas Pada Pelembaan Matos Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Semen,” *MEDIA ILMIAH TEKNIK SIPIL*, vol. 5, pp. 30–39, 2016, [Online]. Available: <https://journal.umpr.ac.id/index.php/mts/article/view/328>
- [7] M. Li, H. Li, Y. U. He-Miao, B.-H. Zhao, and Z.-X. Qi, “Discussion on permeability characteristics of lime and fly ash solidified petroleum-contaminated soil and its engineering reuse,” *Rock and Soil Mechanics* 2023, vol. 45, no. 1, pp. 108–116, doi: 10.16285/j.rsm.2023.5059.
- [8] V. Nadia Lonarissa Harditya Putri and B. Karsono, “The Effect Of Limestone and Fly on Clay Stabilization of CBR and Soil Compressive Strength,” *International Journal of Engineering, Science & Information Technology (IJESTY)*, vol. 2, 2022, doi: 10.52088/ijesty.v1i1.251.
- [9] S. Shil, S. Kumar Pal, and A. Prof, “Permeability and Volume Change Behaviour of Soil Stabilized with Fly ash.” [Online]. Available: www.ijert.org
- [10] R. Tarigan, Parman, and M. A. S. Harahap, “Study of Residual Soil Permeability Coefficient Post Addition of Coal Fly Ash,” *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, vol. 3, no. 4, pp. 159–164, Jan. 2024, doi: 10.53893/ijrvocas.v3i4.103.
- [11] Muh. Ariawan Suriyadi, “Pengaruh Kadar Bitumen Asbuton Terhadap Kuat Tekan Bebas Dan Permeabilitas Tanah Lempung Dengan Variasi Pemeraman,” 2019, Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unibos.ac.id/xmlui/handle/123456789/4013>
- [12] G. Y. S. R. Ali Zakariya1, “Potensi Pemanfaatan *Fly Ash* Dalam Pembangunan Konstruksi Jalan dan Jembatan Untuk Mewujudkan Infrastruktur Berkelanjutan Di Indonesia,” *Jurnal Infrastruktur*, vol. 08, 2022, Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/362708602_Potensi_Pemanfaatan_Fly_Ash_Dalam_Pembangunan_Konstruksi_Jalan_dan_Jembatan_untuk_Mewujudkan_Infrastruktur_Berkelanjutan_di_Indonesia