

PERBANDINGAN DATA GAYA GESER TANAH PADA LAPANGAN MANDALIKA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER PADA TAHUN 2024 DAN 2025

Irfani Humaidi Septian¹ M. Rifki Alfaries² Amri Gunasti³

¹Mahasiswa fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah jember

email: irfanididit80@gmail.com

²Mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

email: rifkifaries123@gmail.com

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email: amrigunasti@unmuuhember.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the changes in soil shear strength at Mandalika Field, Universitas Muhammadiyah Jember, by comparing the results of Direct Shear Tests conducted in 2024 and 2025. As the primary medium supporting structural loads, soil plays a crucial role in determining the stability and bearing capacity of a structure. Therefore, even small variations in cohesion (c) and internal friction angle (ϕ) may lead to significant changes in soil behavior, particularly in areas with diverse geotechnical conditions such as Mandalika. A total of 12 shear force data points from 2024 and another 12 from 2025 were collected and tested under identical laboratory procedures to maintain consistency. Statistical analysis was carried out using SPSS through the Paired Samples T-Test to determine whether there was a significant difference between the two testing periods. The results show a substantial decrease in soil shear strength. The average shear force in 2024 was 18.7592 kN, while in 2025 it dropped to 6.6258 kN. This difference of 12.13333 kN is supported by the t-test results, which produced $t = 5.059$ and $Sig. = 0.000$, confirming that the decrease is statistically significant. These findings indicate a notable change in the physical properties of the soil, which may affect foundation stability, bearing capacity, and structural safety. Therefore, continuous monitoring and systematic evaluation of geotechnical parameters are essential to ensure safe, adaptive, and sustainable infrastructure planning.

Keywords: *Soil Shear Strength, Direct Shear Test, Cohesion, Internal Friction Angle, Statistical Analysis, SPSS.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan kekuatan geser tanah di Lapangan Mandalika, Universitas Muhammadiyah Jember, dengan membandingkan hasil pengujian *Direct Shear Test* yang dilakukan pada tahun 2024 dan 2025. Tanah sebagai media utama penopang suatu struktur memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan daya dukung dan kestabilan bangunan. Oleh karena itu, perubahan kecil pada parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dapat memberikan dampak besar terhadap perilaku tanah, khususnya pada kawasan dengan variasi kondisi geoteknik seperti Mandalika. Dalam penelitian ini, diperoleh masing-masing 12 data gaya geser dari tahun 2024 dan 2025 yang diuji menggunakan alat *Direct Shear Test* dengan prosedur yang sama untuk menjaga konsistensi. Analisis statistik menggunakan SPSS dilakukan melalui *Paired Samples T-Test* guna mengetahui signifikansi perbedaan nilai gaya geser tanah antar kedua periode. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kekuatan geser tanah yang sangat signifikan. Rata-rata gaya geser tahun 2024 sebesar 18.7592 kN, sedangkan tahun 2025 hanya sebesar 6.6258 kN. Selisih rata-rata 12.13333 kN ini diperkuat dengan hasil uji T yang menunjukkan $t = 5.059$ dan $Sig. = 0.000$, menandakan bahwa perbedaan tersebut nyata secara statistik. Temuan ini mengindikasikan adanya perubahan sifat fisik tanah yang dapat memengaruhi stabilitas pondasi, daya dukung, serta keamanan struktur di atasnya. Oleh karena itu, pemantauan rutin terhadap parameter geoteknik sangat diperlukan untuk perencanaan infrastruktur yang aman, adaptif, dan berkelanjutan.

Kata kunci: Gaya Geser Tanah, *Direct Shear Test*, Kohesi, Sudut Geser Dalam, Analisis Statistik, SPSS.

1. PENDAHULUAN

Sebagai media penopang bangunan, tanah menentukan kestabilan serta daya dukung suatu struktur[1]. Dalam disiplin teknik sipil, tanah berfungsi sebagai elemen utama yang menehan beban bangunan, sehingga karakteristik mekaniknya sangat berpengaruh terhadap keamanan struktur yang dibangun diatasnya. Seiring dengan pesatnya perkembangan infrastruktur, ketersediaan lahan ideal untuk membangun semakin terbatas. Akibatnya, banyak proyek konstruksi dilakukan diatas tanah dengan kondisi yang kurang optimal [2].

Setiap struktur teknik sipil selalu berhubungan langsung dengan tanah karena menjadi dasar tempat berdirinya bangunan [3]. Oleh karena itu, kekuatan tanah dibawah struktur sangat mempengaruhi stabilitas, keamanan, serta kenyamanan bangunan tersebut. Tanah harus mampu menerima dan menyalurkan beban konstruksi ke lapisan bawah yang lebih stabil. Untuk mencapai hal tersebut, dibutuhkan perencanaan geoteknik yang tepat dan terukur [4]

Salah satu faktor utama yang menentukan kestabilan tanah adalah gaya geser tanah (shear strength). Faktor ini berperan besar dalam analisis geoteknik pada berbagai proyek, seperti perancangan pondasi, stabilitas lereng, serta dinding penahan tanah. Kemampuan tanah dalam menahan gaya geser menentukan kekuatannya dalam menopang beban. Apabila gaya geser yang bekerja melebihi kapasitas kekuatan tanah, maka tanah dapat mengalami kegagalan yang berakibat pada penurunan atau pergeseran struktur diatasnya [5].

Kekuatan geser tanah ditentukan oleh dua parameter penting, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Kohesi menggambarkan daya tarik antar partikel tanah, sedangkan sudut geser dalam menunjukkan tingkat gesekan antar butiran. Nilai kedua parameter ini umumnya diperoleh melalui pengujian laboratorium, seperti Direct Shear Test, yang digunakan untuk mengukur kekuatan geser tanah secara akurat [6];[7].

Tanah dengan kekuatan geser yang baik sangat dibutuhkan untuk menjaga kestabilan struktur, terutama pada daerah dengan variasi kondisi geoteknik yang cukup

besar, seperti di kawasan Lapangan Mandalika, Universitas Muhammadiyah Jember. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kekuatan geser tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kepadatan, kadar air, ukuran butiran, serta gaya ikatan antarpartikel [8]. Oleh karena itu, analisis kekuatan geser menjadi langkah penting untuk mendeteksi potensi kegagalan tanah, terutama di wilayah rawan longsor.

Pengujian gaya geser, seperti Direct Shear Test, memberikan data penting bagi proses perencanaan struktur yang aman dan efisien [9];[10]. Perkembangan teknologi pengujian tanah yang semakin canggih juga membantu para insinyur memperoleh hasil yang lebih akurat. Dengan demikian, uji gaya geser tanah sangat dibutuhkan untuk memastikan stabilitas pondasi, lereng, serta dinding penahan, terutama menghadapi perubahan iklim yang dapat memengaruhi kondisi geoteknik [11].

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk membandingkan kekuatan gaya geser tanah di Lapangan Mandalika antara tahun 2024 dan 2025 menggunakan metode *Direct shear Test*. Perbandingan tersebut dilakukan untuk mengetahui sejauh mana karakteristik gaya geser tanah mengalami perubahan selama periode tersebut. Meskipun perubahan pada parameter tanah tampak kecil, hal itu dapat memberikan indikasi penting terhadap perilaku geser yang berpengaruh pada desain struktur yang lebih aman dan berkelanjutan [12]

Dalam kajian geoteknik, pemahaman terhadap kekuatan geser tanah menjadi hal yang sangat penting untuk kegagalan struktur, terutama di kawasan dengan potensi pergeseran tanah tinggi [13]. Perubahan nilai kekuatan geser tidak hanya dipengaruhi oleh sifat mekanis tanah, tetapi juga oleh faktor eksternal seperti tekanan beban diatasnya, aktivitas seismik, serta variasi iklim [14]. Kelebihan gaya geser yang melebihi kapasitas tanah dapat menimbulkan deformasi permanen, yang berdampak serius terhadap ketahanan jangka panjang struktur seperti jembatan, gedung bertingkat, dan bendungan [15].

Pemantau terhadap perubahan kekuatan geser tanah secara berkala sangat diperlukan

dalam proyek konstruksi jangka panjang [16]. Faktor-faktor seperti perubahan kadar air dan pemanjatan alami tanah dapat meningkatkan atau menurunkan kekuatan geser, sehingga perlu adanya evaluasi dan penyesuaian desain struktur seiring waktu [17].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai perubahan karakteristik kekuatan geser tanah di Mandalika dalam kurun waktu 2024-2025. Dengan memanfaatkan analisis statistik menggunakan perangkat lunak SPSS, hasil penelitian ini dapat menunjukkan hubungan dan tren perubahan kekuatan tanah secara lebih akurat. Selain memberikan wawasan mengenai dinamika perilaku tanah, hasil studi ini juga diharapkan menjadi acuan dalam pengelolaan risiko konstruksi serta perencanaan struktur yang aman dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis perubahan kekuatan geser tanah di lapangan mandalika universitas muhammadiyah jember, antara tahun 2024 dan 2025. Data kekuatan geser di peroleh melalui pengujian laboratorium menggunakan metode *direct shear test*, masing-masing sebanyak 12 data untuk tahun 2024 dan 12 data untuk tahun 2025. Pengujian dilakukan pada sempel tanah dari lokasi dan kedalaman yang sama, guna memastikan kesetaraan kondisi.

Data hasil uji laboratorium dianalisis menggunakan perangkat lunak *statistical package for the social science (SPSS)*. Analisis dilakukan dengan menggunakan 2 related samples test untuk mengidentifikasi perubahan dan korelasi kekuatan geser tanah antar kedua tahun pengujian. Metode ini mengungkitkan evaluasi statistik terhadap perbedaan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) secara lebih akurat, sehingga dapat memberikan gambaran terhadap dinamika karakteristik tanah yang berpengaruh pada perencanaan struktur yang aman dan berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah sangat pentin dalam konstruksi karena menentukan kestabilan dan daya dukung struktur. Kekuatan geser tanah, yang diukur lewat direct shear test, menjadi parameter utama untuk mengetahui

kemampuan tanah menahan beban. Faktor internal seperti kepadatan dan kadar air, serta faktor eksternal seperti beban dan perubahan iklim, memengaruhi kekuatan geser ini.

Di lapangan mandalika, perubahan kekuatan geser tanah antara tahun 2024 dan 2025 meskipun kecil, penting untuk diperhatikan karna memengaruhi keamanan desain struktur. Analisis statistik membantu mengidentifikasi tren perubahan tersebut, sehingga perencanaan struktur dapat lebih aman dan berkelanjutan. Pemantauan berkala sangat dibutuhkan untuk mencegah kegagalan struktur akibat perubahan sifat tanah.

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak *Statistical Package For The Social Science (SPSS)*. Penggunaan software ini mempermudah proses input data dan memungkinkan perhitungan rata-rata dari gaya geser yang ada pada tabel selanjutnya dengan lebih koefisien dan akurat.

Tabel 1. Data gaya geser tanah pada tahun 2024

Waktu (detik)	Tahun 2024	satuan
0	0.00	kN
0.5	5.39	kN
1	7.90	kN
1.5	10.41	kN
2	14.36	kN
2.5	19.03	kN
3	20.82	kN
3.5	25.13	kN
4	26.57	kN
4.5	29.8	kN
5	32.31	kN
5.5	33.39	kN

Sumber: data laboratorium mekanika tanah tahun 2024

Tabel 2. Data gaya geser tanah pada tahun 2025

Waktu (detik)	Tahun 2024	Satuan
0	0.00	kN
0.5	3.51	kN
1	5.19	kN
1.5	5.36	kN
2	5.36	kN
2.5	6.53	kN
3	7.20	kN
3.5	8.37	kN

4	8.35	kN
4.5	9.71	kN
5	10.04	kN
5.5	9.71	kN

Sumber: data laboratorium mekanika tanah tahun 2025

Hasil Descriptives of Samples

Tabel 3. Hasil Descriptives of Samples Gaya Geser Tanah 2024 dan 2025

Descriptives			
		statistic	std. Error
Tahun 2024	Mean	18.7592	3.21352
	95% Confidence Interval for Mean	Lower bound	11.6863
		Upper bound	25.8363
	5% Trimmed mean	18.9885	
	Median	19.9250	
	Variance	123.921	
	Std. Deviance	11.13196	
	Minimum	.00	
	Maximum	33.39	
	Range	33.39	
	Interquartile Range	20.47	
	Skewness	-255	.637
	Kurtosis	-1.214	1.232
Tahun 2025	Mean	6.6258	.85530
	95% Confidence Interval for Mean	Lower bound	4.7433
		Upper bound	8.5083
	5% Trimmed Mean	6.8043	
	Median	6.8650	
	Variance	8.779	
	Std. Deviance	2.96286	
	Minimum	.00	

Maximum	10.04	
Range	10.04	
Interquartile Range	4.18	
Skewness	-.911	.537
kurtosis	.813	1.132

Sumber : Hasil olah Data melalui SPSS

Tabel diatas adalah hasil deskriptif dari dua sampel yang kita masukkan ke dalam SPSS. Terdapat hasil statistik (*Statistic*) dan kesalahan rata-rata (*Std Error*). Dalam kedua data tersebut terdapat perbedaan (*Mean*) yang cukup besar antara gaya geser tanah tahun 2024 yaitu 18.7592 dan 6.6258 untuk gaya geser tanah tahun 2025.

Hasil Tests of Normality

Selanjutnya adalah menguji Normal atau tidak nya kedua data antara gaya geser tanah tahun 2024 dengan 2025.

Table 4. Hasil Tests Of Normality

Tests Of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-wilk				
	statistic	df	Sig.	statistic	df	Sig.
tahun 2024	.133	12	.200*	.950	12	.637
tahun 2025	.147	12	.200*	.915	12	.278

*This is a lower bound of the true significance

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber; Hasil olah Data melalui SPSS

Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data gaya geser tanah untuk kedua tahun pengujian (2024 dan 2025) berdistribusi normal, sebuah temuan penting karena validitas uji statistik parametrik seperti Uji-T sangat bergantung pada asumsi ini. Data tahun 2024 memiliki nilai signifikansi (Sig.) (0.637) dan data tahun 2025 memiliki (0.278), di mana kedua nilai tersebut lebih besar dari ambang batas 0.5 (Sig.) > 0.05), sehingga secara statistik dapat disimpulkan bahwa kedua sampel data berasal dari populasi yang berdistribusi normal, yang pada akhirnya membenarkan penggunaan metode

statistik parametrik untuk menganalisis dan membandingkan rata-rata gaya geser kedua periode tersebut.

Dikarenakan data gaya geser tanah pada kedua waktu pengukuran memiliki distribusi normal dan asumsi normalitas telah terpenuhi, analisis dapat dilanjutkan menggunakan uji statistik parametrik yang sesuai untuk desain berpasangan, yaitu *Paired Samples T-Test*, untuk menentukan apakah terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan secara statistik antara kekuatan geser tanah sebelum dan sesudah intervensi/perubahan waktu.

Hasil Paired Samples Test

Tabel 5. Hasil Paired Samples Statistics

Paired Samples Statistics					
			Mean	N	Std. deviation
					Std. Error
Pair 1	gayageser tanah2024	18.7592	1	11.13196	3.2135
	gayageser tanah2025	6.6265	1	2.96286	.85530

Sumber: Hasil olah Data melalui SPSS

Tabel 6. Hasil Paired Samples Correlations

		N	Correlati on	Sig .
Pair 1	gayagesertanah2024& gayagesertanah2025	12	.965	.000

Sumber: Hasil olah Data melalui SPSS

Paired Samples Test											
	Paired Difference					95% Confidence Interval of the Difference					Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Mean	Lower	Upper	t	df			
Pair 1	Gayagesertanah2023	12.1333	8.30752	2.39818	6.85498	17.41168	5.059	11	.000		

Tabel 7. Hasil Paired Samples Test

Sumber: Hasil olah data melalui SPSS

Hasil *Paired Samples T-Test* menunjukkan adanya penurunan kekuatan geser tanah yang signifikan secara statistik dari tahun 2024 ke tahun 2025. Secara deskriptif, rata-rata gaya geser turun drastis dari (18.7592) menjadi (6.6258), menghasilkan perbedaan rata-rata (12.1333). Selain itu, terdapat korelasi positif yang sangat kuat sebesar (0.965) antara data kedua tahun tersebut, yang signifikan (Sig.)=0.000. Hasil uji hipotesis utama dengan nilai ($t=5.059$) dan Sig. (2-tailed) sebesar (0.000) (jauh di bawah 0.05) membuktikan bahwa perbedaan rata-rata ini adalah nyata, bukan karena kebetulan, dan memiliki implikasi kritis terhadap daya dukung dan keamanan desain struktur Lapangan Mandalika.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *direct shear test* terhadap gaya geser tanah pada tahun 2024 dan 2025 di Lapangan Mandalika serta analisis statistik menggunakan SPSS, dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut:

- Terjadi penurunan signifikan pada kekuatan geser tanah antara tahun 2024 dan 2025. Rata-rata gaya geser tanah turun dari 18.7592 kN pada tahun 2024 menjadi 6.6258 kN pada tahun 2025, dengan selisih sebesar 12.13333 kN. Penurunan ini menunjukkan adanya perubahan sifat fisik tanah yang perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi.
- Uji normalitas *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa kedua data memiliki distribusi normal (Sig. 2024 = 0.278; Sig. 2025 = 0.637; keduanya > 0.05). Dengan demikian, penggunaan uji parametrik seperti *Paired Samples T-Test* adalah valid.
- Hasil *Paired Samples T-Test* mengonfirmasi bahwa penurunan kekuatan geser tanah tersebut bersifat signifikan secara statistik ($t = 5.059$; Sig. = 0.000 < 0.05). Artinya, perubahan yang terjadi bukan disebabkan oleh faktor kebetulan, melainkan benar-benar mencerminkan kondisi tanah yang berbeda pada kedua tahun tersebut.
- Korelasi sangat kuat (0.965) antara data gaya geser tahun 2024 dan 2025 menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi memiliki pola yang konsisten, namun tetap disertai tren penurunan yang jelas.
- Secara praktis, penurunan kekuatan geser tanah ini memiliki implikasi besar terhadap kestabilan dan daya dukung struktur. Kondisi ini dapat meningkatkan potensi penurunan tanah (*settlement*), ketidakstabilan lereng, ataupun penurunan faktor keamanan struktur jika tidak diantisipasi.
- Oleh karena itu, pemantauan berkala terhadap sifat tanah serta evaluasi desain struktural sangat diperlukan untuk memastikan keamanan, keberlanjutan, dan keandalan infrastruktur di kawasan Mandalika.

5. DAFTAR PUSTAKA

- N. K. A. Artiningsih, "Pemanfaatan bambu pada konstruksi bangunan berdampak positif bagi lingkungan," *Metana*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2012.
- M. Fauziek and A. Suhendra, "Efek Dari Dynamic Compaction (Dc) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, p. 205, 2018, doi: 10.24912/jmts.v1i2.2681.
- A. Andriani, R. Yuliet, and F. L. Fernandez, "Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai Cbr Tanah," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 8, no. 1, p. 29, 2012, doi: 10.25077/jrs.8.1.29-44.2012.
- S. Nurdian, Setyanto, and L. Afriani, "Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah dengan Tanah Lempung Substitusi Pasir," *Jrsdd*, vol. 3, no. 1, pp. 13–26, 2015.
- K. Daya, D. Tanah, G. Menggunakan, A. Vane, D. Shear, and R. A. Adama, "Korelasi Daya Dukung Tanah dengan Kuat Geser Menggunakan Alat Vane Shear dan Direct Shear," vol. 5, no. 4, pp. 1–10, 2017.
- A. AMANIA, F. Sarie, and O. Okrobianus, "Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah," *Publ. Ris. Orientasi Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 63–70, 2022, doi: 10.26740/proteksi.v3n2.p63-70.
- A. Hakam, R. Yuliet, and R. Donal, "Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 1, p. 11, 2010, doi: 10.25077/jrs.6.1.11-22.2010.
- Y. Amran, S. Sugiarto, and A. Surandono, "Analisis Stabilitas Tanah Berbutir Halus Berplastisitas Tinggi Menggunakan Difa Soil Stabilizer Untuk Mencegah Penurunan Massa Tanah," *TAPAK (Teknologi Apl.*

- Konstr. J. Progr. Stud. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, p. 135, 2022, doi: 10.24127/tp.v11i2.2025.
- [9] E. S. H. ARIF WIBAWA, "Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai," *J. Fropil*, vol. 3, no. 2, pp. 65–71, 2015.
- [10] B. B. Pratama, O. Hendri, and F. Sarie, "Analisis Peningkatan Nilai Kuat Geser Tanah Gambut Dengan Bahan Stabilisasi Abu Ampas Tebu Dan Kapur," *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, p. 325, 2021, doi: 10.31602/jk.v4i2.6439.
- [11] R. Simbolon and H. Sutanto, "Pengaruh Penggunaan Geotextile Terhadap Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Konstruksi Dinding Penahan Tanah Kantilever," vol. 8, pp. 27–36, 2024.
- [12] G. S. Utami, J. Caroline, and T. S. Itats, "ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN KADAR AIR TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH," pp. 289–296.
- [13] I. Prabowo, J. Jamaluddin, and F. A. Pratikno, "Integrasi Data Geomorfologi dan Data Geospasial untuk Pemetaan Kawasan Rawan Pergerakan Tanah Wilayah Kecamatan Balikpapan Utara," *J. Ilm. Geol. PANGEA*, vol. 10, no. 1, p. 46, 2023, doi: 10.31315/jigp.v10i1.9998.
- [14] N. Panjaitan, "Pengaruh Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung," *Educ. Build.*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: 10.24114/eb.v3i2.8250.
- [15] H. C. Hardiyatmo, "Alternatif Solusi Pembangunan Perkerasan Jalan pada Subgrade Berdaya Dukung Rendah," *Pros. Semin. Nas. Geotek.*, pp. 1–12, 2016.
- [16] C. Wijaya, A. Iskandar, and A. Prihatiningsih, "Analisis Dinding Diafragma Pada Konstruksi Basement Di Jakarta Dengan Menggunakan Program Elemen Hingga 3 Dimensi," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 479, 2020, doi: 10.24912/jmts.v3i2.7062.
- [17] M. S. Nasution *et al.*, "PENURUNAN PERMEABILITAS DAN PENINGKATAN KUAT GESER TANAH LANAU MENGGUNAKAN PENGARUH MIKROBAKTERI BACILLUS SUBTILIS DAN PSEUDOMONAS SP," pp. 1391–1398, 2017.