

Analisis Lereng Tanpa Perkuatan dan Dengan Perkuatan TPT Pada Software Geoslope

Mohammad Zainul Ikhwan*

Universitas Bojonegoro, Bojonegoro, Indonesia

zaeny.ikhwan@gmail.com*

| Received: 21/12/2024 | Revised: 30/12/2024 | Accepted: 31/12/2024 |

Copyright©2024 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstrak

Stabilitas lereng merupakan suatu aspek kritis dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur, terutama di wilayah dengan topografi yang kompleks seperti Desa Jatigede, Kecamatan Sumberrejo, Kabupaten Bojonegoro. Faktor-faktor seperti karakteristik geologi lokal, intensitas curah hujan yang terjadi, serta aktivitas manusia yang dilakukan dapat secara signifikan mempengaruhi potensi terjadinya longsor yang dapat mengancam keselamatan masyarakat serta berpotensi merusak infrastruktur yang ada di lokasi setempat. Di Desa Jatigede, Kecamatan Sumberrejo, Kabupaten Bojonegoro, terdapat area dengan kemiringan lereng mencapai 62° yang tergolong pada kondisi lereng curam. Area ini merupakan akses jalur utama bagi masyarakat setempat untuk melaksanakan aktivitas sehari-hari. Namun, pada saat terjadi musim hujan, lereng curam ini menjadi lokasi rawan yang longsor, dapat mengganggu kelancaran lalu lintas dan menimbulkan risiko bahaya bagi warga sekitar. Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman akademis tentang stabilitas lereng, tetapi juga untuk memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan metodologi perencanaan yang lebih andal dan berkelanjutan, yang dapat diterapkan dalam proyek infrastruktur di berbagai wilayah dengan tantangan geoteknik yang serupa di seluruh Indonesia dengan menggunakan program *Geoslope* dan menggunakan metode Bishop. Dari hasil analisis menggunakan software *GeoStudio* 2023 dengan metode *Bishop* tanpa perkuatan diperoleh nilai dengan Faktor Keamanan (FK) sebesar 0,627. Dan ditambah dengan pekuatan Tembok Penahan Tanah dengan ketinggian 4,5 m dan lebar 2 m diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 1,508. Mengindikasikan bahwa lereng tersebut kini telah mencapai tingkat keamanan yang dianggap aman.

Kata kunci: Lereng, Bishop, Faktor Keamanan, Geoslope

Abstract

Slope stability is a critical aspect in infrastructure planning and development, especially in areas with complex topography such as Jatigede Village, Sumberrejo District, Bojonegoro Regency. Factors such as local geological

characteristics, the intensity of rainfall that occurs, and human activities can significantly influence the potential for landslides which can threaten community safety and potentially damage existing infrastructure in the local location. In Jatigede Village, Sumberrejo District, Bojonegoro Regency, there is an area with a slope reaching 62° which is classified as a steep slope. This area is the main access route for local communities to carry out daily activities. However, during the rainy season, this steep slope becomes a location prone to landslides, which can disrupt the smooth flow of traffic and pose a danger to local residents. Overall, this research not only aims to improve academic understanding of slope stability, but also to make a real contribution to the development of a more reliable and sustainable planning methodology, which can be applied in infrastructure projects in various regions with similar geotechnical challenges throughout Indonesia with using the Geoslope program and using the Bishop method. From the results of the analysis using GeoStudio 2023 software with the Bishop method without reinforcement, a value with a Safety Factor (FK) of 0.627 was obtained. And coupled with strengthening the retaining wall with a height of 4.5 m and a width of 2 m, a Safety Factor (FK) value of 1.508 was obtained. Indicates that the slope has now reached a safety level that is considered safe.

Keywords: Slope, Bishop, Safety factor, Geoslope

1. Pendahuluan

Stabilitas lereng merupakan aspek kritis dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur (Amalia, 2023), terutama di wilayah dengan topografi yang kompleks seperti Desa Jatigede, Kecamatan Sumberrejo, Kabupaten Bojonegoro. Faktor-faktor seperti karakteristik geologi lokal, intensitas curah hujan, serta aktivitas manusia dapat secara signifikan mempengaruhi potensi terjadinya longsor yang dapat mengancam keselamatan masyarakat serta berpotensi merusak infrastruktur (Lisman et al., 2020). Untuk mengatasi permasalahan tersebut peneliti menggunakan Penerapan Teknik Perkuatan Tanah (TPT) menjadi salah satu solusi pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas lereng dalam penelitian ini. Metode ini melibatkan penggunaan berbagai material dan teknik untuk memperkuat tanah, sehingga meningkatkan kemampuannya untuk menahan tekanan dan beban. Namun, dalam konteks aplikasi praktis, penting untuk memahami secara mendalam dampak dari penerapan TPT terhadap analisis stabilitas lereng (Shelemo, 2023).

Perangkat lunak GeoSlope menawarkan kemampuan analisis yang canggih dalam mengevaluasi stabilitas lereng dengan mempertimbangkan berbagai variabel seperti geometri lereng, sifat-sifat geoteknikal tanah, dan kondisi pembebanan (Rus et al., 2015). Meskipun telah banyak digunakan, masih perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk membandingkan hasil analisis stabilitas lereng tanpa dan dengan penerapan TPT menggunakan GeoSlope (Fajar Sagita et al., 2017).

Di Desa Jatigede, Kecamatan Sumberrejo, Kabupaten Bojonegoro, terdapat area dengan kemiringan lereng mencapai 62° yang tergolong curam. Area ini merupakan jalur utama bagi masyarakat setempat untuk aktivitas sehari-hari. Namun, pada musim hujan, lereng curam ini menjadi rawan longsor, yang dapat mengganggu lalu lintas dan menimbulkan risiko

bahaya bagi warga sekitar (Elyasa, 2022). Dengan memilih Desa Jatigede sebagai studi kasus, Hal ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai perbedaan hasil analisis stabilitas lereng dalam kedua kondisi tersebut (Ikhwan, 2024). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi para insinyur dan perencana dalam memilih strategi perkuatan yang tepat untuk mengurangi risiko longsor di wilayah yang rentan seperti Desa Jatigede. Secara keseluruhan.

2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis dengan cara menghitung data sekunder yang dikumpulkan dari studi literatur yang berkaitan dengan analisis lereng, kemudian diproses dengan menghitung dan menganalisis data yang diperoleh dari uji laboratorium yang dilakukan untuk menghasilkan kesimpulan. Data Penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah data pengujian material, Uji Berat jenis tanah (1964, 2008), Uji Kuat tekan geser (SNI 3420:2016, 2016), Uji Atterberg Limit (1967, 2008). hasil uji dianalisis menggunakan metode Bishop program Geoslope 2023 (Silvia et al., 2019).

2.1 Uji Berat Jenis

Uji berat jenis tanah (specific gravity of soil) menjadi hal penting dalam analisis geoteknik dan pengelolaan tanah karena memberikan informasi sifat fisik tanah relevansinya meliputi karakteristik tanah, kepadatan dan porositas, stabilitas lereng, perencanaan infrastruktur, pengaruh pada teknik perkuatan tanah dan estimasi parameter hidraulik tanah. secara umum uji berat jenis tanah merupakan usaha untuk memahami dan mengelola sifat-sifat mekanik tanah. Berikut langkah-langkah uji berat jenis tanah:

- a. Mencari G_s
- b. Mengambil sampel secukupnya, kemudian masukkan dalam piknometer diatas yang sudah bersih dan kering, terus ditimbang, misal : c gram (20 – 25 gr).
- c. Memberikan aquadest ke dalam piknometer berisi sampel tanah sampai dibawah leher piknometer, kemudian dikocok sampai gelembung udara hilang, terus diamkan ± 24 jam.
- d. Setelah ± 24 jam, piknometer tersebut ditambahkan aquadest kembali sampai penuh dan ditimbang, misal : d gram.
- e. Kemudian diukur temperaturnya dengan thermometer, misal : T_2 ° C.

2.2 Uji Kuat Tekan Geser

Uji kuat tekan geser tanah (shear strength test) adalah salah satu uji paling karena memberikan informasi terkait kemampuan tanah untuk menahan gaya geser sebelum mengalami keruntuhan. relevansi utama uji ini meliputi menentukan stabilitas tanah, Desain fondasi dan struktur tanah, evaluasi stabilitas lereng, perencanaan Teknik perkuatan tanah, analisis interaksi struktur dan tanah, meilai respon tanah terhadap beban, prediksi perilaku tanah dalam kondisi basah ataupun kering dan penentuan keamanan dalam proyek geoteknik. secara umum uji ini merupakan hal penting dalam memastikan stabilitas dan keamanan berbagai proyek konstruksi yang melibatkan tanah. Berikut langkah-langkah uji kuat tekan tanah :

- a. Cetak benda uji dengan cincin atau ring, ratakan kedua permukaannya dengan pisau atau kawat pemotong dan timbang massanya.
- a. Lakukan pengujian kadar air pada benda uji tersebut sesuai dengan SNI 1965:2008.19
- b. Lakukan pengujian berat isi pada benda uji tersebut sesuai dengan SNI 03-3637-1994.
- c. Masukkan benda uji ke dalam kotak geser pengujian yang telah terkunci menjadi satu serta pasang batu pori yang sudah dilapisi dengan kertas saring pada bagian bawah dan atas benda uji.
- d. Pasang kotak geser pada arah mendatar dan pasang piston penekan vertikal untuk memberi beban normal pada benda uji. Piston harus dipasang tegak lurus permukaan benda uji sehingga beban yang diterima oleh benda uji sama dengan beban yang berikan pada piston tersebut.
- e. Hitung gaya geser (P) yaitu mengalikan pembacaan pengukur beban geser dengan angka kalibrasi.
- f. Hitung tegangan geser maksimum (τ_{max}).
- g. Buat grafik hubungan antara tegangan normal sebagai sumbu x dengan tegangan geser maksimum sebagai sumbu y.
- h. Hubungkan ketiga titik yang diperoleh sehingga membentuk garis lurus hingga memotong sumbu y. Dari grafik tentukan c_u dan ϕ_u untuk besarnya nilai kohesi (c_u) dan hitung besarnya nilai sudut geser tanah (ϕ_u).

2.3 Uji Atterberg Limit

Uji Atterberg Limit adalah pengujian geoteknik yang digunakan untuk menentukan batas-batas plastisitas tanah, seperti batas cair (liquid limit, LL), batas plastis (plastic limit, PL), dan indeks plastisitas (plasticity index, PI). Pengujian ini sangat relevan dalam berbagai aspek desain dan analisis geoteknik karena membantu mengklasifikasikan tanah dan memahami perilakunya di bawah kondisi tertentu. relevansinya meliputi klasifikasi tanah, prediksi perilaku tanah terhadap air, stabilitas lereng, desain Teknik perkuatan tanah, evaluasi kemampuan daya dukung tanah, hubungan dengan perilaku teknis tanah, analisis stabilitas struktur dalam kondisi lingkungan berubah dan para meter dalam klasifikasi tanah menggunakan USCS dan AASHTO. berikut langkah-langkah uji Atterberg limit:

- a. Mengambil tanah secukupnya, kemudian dioven selama ± 24 jam. Setelah itu ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 (0,425 mm).
- b. Mengambil sampel tanah sebagian dan diletakkan di mangkok, diberi aquadest dan dicampur sampai homogen.
- c. Setelah homogen, sampel tersebut dimasukkan dalam mangkok cassagrande dan diratakan, kemudian bagian tengahnya digaris dengan colet sehingga membentuk celah.
- d. Engkol pemutar diputar, sehingga mangkok mengalami ketukan dengan tinggi jatuh ± 1 cm dengan kecepatan kira-kira 2 putaran per detik.
- e. Pemutaran berhenti setelah tanah menutup sepanjang kira-kira 2cm.
- f. Melakukan percobaan sebanyak 4 kali dengan kadar air yang berbeda dan

diperkirakan tanah menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan sebanyak 2 kali dan diatas 25 kali sebanyak 2 kali.

- g. Pada tiap percobaan, diambil sampel untuk dicari kadar airnya

2.4 Stabilitas Lereng Dengan Geoslope

Aplikasi GeoSlope/W digunakan dalam penelitian ini karena memiliki keunggulan dalam menganalisa batas keseimbangan untuk menghitung faktor keamanan tanah dan lereng. Setelah mendapatkan data tanah dari uji laboratorium dan membuat simulasi dengan irisan dilakukan analisis program GeoStudio Langkah awal :

- a. Membuka program GeoStudio lalu memilih menu Slope/W mengatur lembar halaman kerja , unit, dan grid.
- b. Menggambar Bentuk simulasi irisan melalui menu Draw-line ke dalam program, kemudian dibagi sesuai dengan lapisan data tanah yang dimiliki menggunakan menu Draw-region.
- c. Masukan data material pada masing masing lapisan tanah yang dibutuhkan dari uji laboratorium pada menu KeyIn-Materials, lalu mensubstitusikannya pada masing-masing lapisan. Hal yang perlu diperhatikan saat mensubstitusikan data material pada lapisan tanah harus sesuai pada jenis kondisi simulasi, perbedaannya di data berat isi tanah apabila lapisan tanah berada di bawah muka air tanah data yang dimasukan adalah γ_{sat} , dan apabila lapisan tanah diatas muka air tanah maka data yang dimasukan adalah γ_d selebihnya data material lainnya tidak dipengaruhi tinggi muka air/kondisi simulasi.
- d. Menggambar tinggi muka air tanah sesuai dengan kondisi analisis yaitu, kondisi jenuh, kondisi setengah jenuh, kondisi tidak jenuh, dan kondisi kritis. Langkah selanjutnya menggambar Slip Surface-Entry and Exit untuk mengetahui rentang kemungkinan bidang gelincir yang terjadi pada hasil akhir analisis dan mengecek data dan gambar yang kita buat apakah sudah benar atau belum melauai menu verifikasi, apabila tidak terjadi kesalahan (error) sama sekali pada keterangan hasil verifikasi maka potongan lereng yang kita modelkan dapat langsung dianalisis. Langkah terakhir adalah menganalisis lereng yang telah dimodelkan dengan menggunakan Solve Analyses untuk mendapatkan nilai faktor aman dan data data lainnya pada stiap Slice Slip Surface.

Lereng stabil jika tidak mengalami pergerakan dan tidak berpotensi mengalami pergerakan, apabila besarnya komponen gaya penahan pada lereng lebih besar di banding komponen gaya penggerak lereng. Kemiringan lereng diukur berdasarkan beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besarnya kemiringan lereng dapat dinyatakan dalam persen (%) dan/atau derajat ($^{\circ}$). Berikut tabel berupa kelas kemiringan lereng berdasarkan (MEF, 1998).

Tabel 1. Klasifikasi Lereng

Sudut Kemiringan Lereng (°)	Kondisi Menurut SNI 03-1997-1995
45	Sedang
60	Curam
90	Curam

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 2005)

- a. Struktur timbunan dengan kemiringan lereng $< 70^\circ$ yang lerengnya diperkuat, disebut lereng tanah bertulang
- b. Struktur timbunan dengan kemiringan lereng $> 70^\circ$ yang lerengnya di perkuat, disebut struktur dinding tanah di stabilisasi secara mekanis.

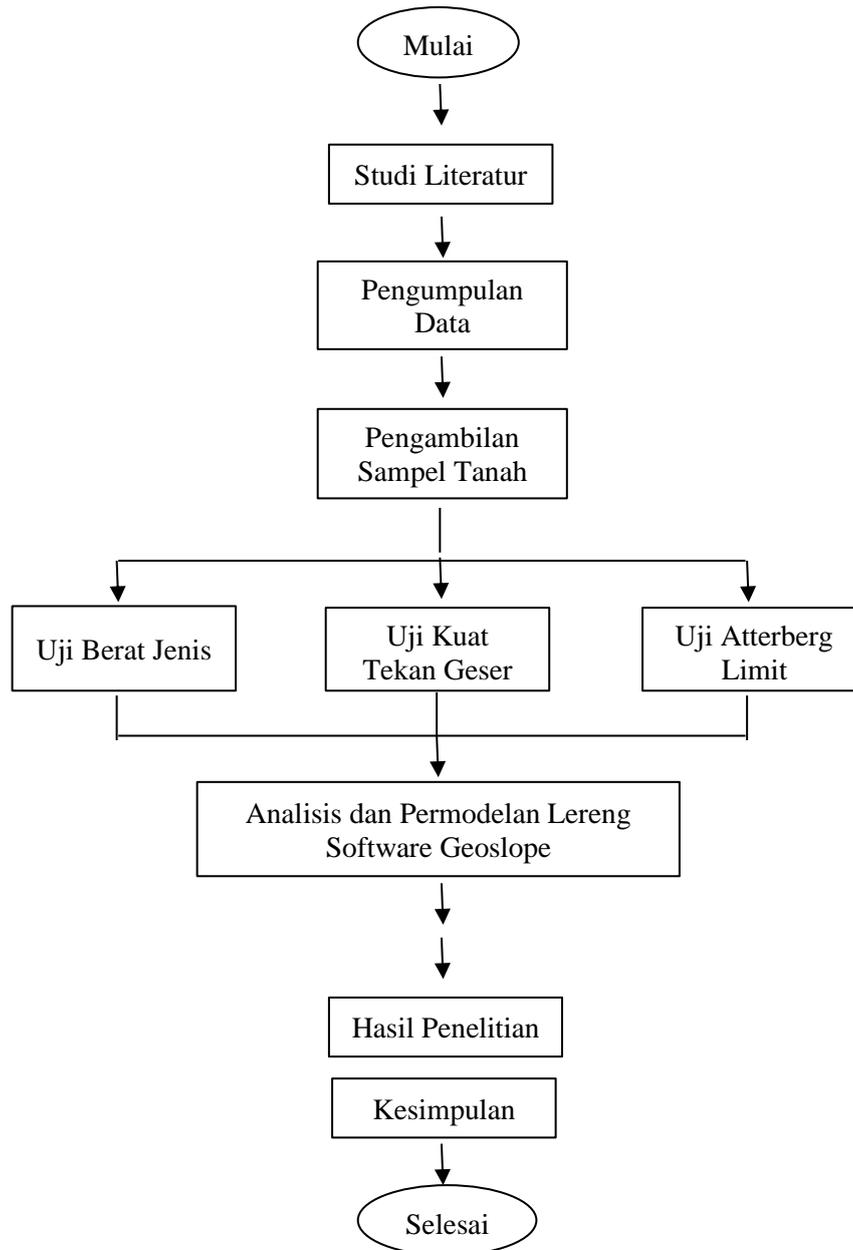
Analisa stabilitas lereng banyak digunakan dengan perencanaan konstruksi, seperti: timbunan untuk jalan raya, galian lereng untuk jalan, dan lain-lain. Stabilitas lereng sendiri banyak juga dikaitkan dengan kelongsoran tanah. Kelongsoran tanah 36 (landslide) merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Analisis ini umumnya didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (limit Plastic equilibrium).

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan Lereng

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian
$Fk < 1,07$	Kelongsoran Biasa Terjadi
$1,07 < FK < 1,25$	Kelongsoran Pernah Terjadi
$FK > 1,25$	Kelongsoran Jarang Terjadi

Sumber: Bowles 1989

Bagan alir sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Uji penyelidikan tanah ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro. Tanah yang di uji adalah sampel tanah yang diambil di Lokasi Penelitian. Pengujian tanah yang dilakukan adalah Pengujian Berat Jenis Tanah, Pengujian Kuat Tekan Geser, Atterberg Limits. Data tanah yang didapat akan digunakan untuk merencanakan tembok penahan tanah (TPT) dan perkuatannya.

3.1 Uji Berat Jenis Tanah

Maksud dari pengujian berat jenis tanah ini adalah untuk memperlihatkan kerapatan

dari partikel tanah secara keseluruhan, sehingga dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air pada temperatur tertentu Pengolahan data secara lengkap dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Uji Berat Jenis Tanah

Pengujian Berat Jenis		Sampel 1			Sampel 2		
Nomor Piknometer		122	121	128	121	122	128
Berat Piknometer + Contoh	W_2 (gr)	80,56	81,4	81,23	81,42	80,62	81,26
Berat Piknometer	W_1 (gr)	55,59	56,41	56,24	56,42	55,62	56,26
Berat Tanah	$W_t = W_2 - W_1$ (gr)	25	25	25	25	25	25
Temperatur	(°C)	20			20		
Berat Piknometer + Air + Tanah Pada Temperatur 20°C	W_3 (gr)	169,17	170,14	169,82	170,16	170,05	169,91
Berat Piknometer + Air Pada 20°C	W_4 (gr)	154,26	155,12	154,47	156,11	155,18	154,29
$W_5 = W_t + W_4$	(gr)	179,26	180,12	179,47	181,11	180,18	179,29
Isi Tanah	$W_5 - W_3$ (cm ³)	10,09	9,98	9,65	10,95	10,13	9,38
Berat Jenis (G_s)	$W_t / W_5 - W_3$	2,48	2,51	2,59	2,28	2,47	2,67
Rata – Rata		2,52			2,47		

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Dari tabel diatas diketahui bahwa Nilai berat jenis atau specific gravity dari sampel tanah 1 yang diuji adalah $G_s = 2,52$ gr/cm³ dan sampel tanah 2 adalah $G_s = 2,47$, dengan kemungkinan tanah tersebut tersebut masuk golongan Aluvial.

3.2 Uji Atterberg Limit

a) Batas Cair LL

Uji batas cair menggunakan tanah yang telah kering. Pengeringan tanah ini menggunakan oven dalam suhu 110°C. Berikut adalah hasil dari pengujian batas cair LL

Tabel 4. Uji Batas Cair

No. Sampel			1	2	3	4	
No. wadah dan penutup			24	59	67	55	
Massa wadah kosong dan penutup	MC	gram	14,36	14,1	14,91	15,09	
Massa wadah, penutup, dan tanah basah	MCMS	gram	37,6	37,43	31,89	30	
Massa wadah, penutup, dan tanah kering	MCDS	gram	28,65	28,25	25,18	24,74	
Massa tanah	MS	MCDS-MC	gram	14,29	14,15	10,27	9,65
Massa lengas (moisture)	MW	MCMS-MCDS	gram	8,95	9,18	6,71	5,26
Kandungan air	w_{LL}	$MW/MS*100$	%	62,63	64,88	65,34	54,51
Jumlah ketukan		ketukan	16	24	37	48	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Dari tabel diatas diketahui hasil pengujian bahwa hasil uji batas cair sampel 1 dengan 16 ketukan kandungan air 62,63%, sampel 2 dengan 24 ketukan kandungan air 64.88%, sampel 3 dengan 37 ketukan kandungan air 65,34% dan sampel 3 dengan 48 ketukan kandungan air 54,51%.

b) Batas Plastis

Uji batas plastis menggunakan tanah yang sudah dikeringkan dan oven dengan suhu 110°. Pengujian ini dilakukan dengan caramenggulung-gulung tanah sampai kecil atau mencapai 3 mm sampai terjadi keretakan.

Tabel 5. Uji Batas Plastis

No. Sampel				1	2
No. wadah dan penutup				15	41
Massa wadah kosong dan penutup	MC	gram		14,68	14,18
Massa wadah, penutup, dan tanah basah	MCMS	gram		30	30
Massa wadah, penutup, dan tanah kering	MCDS	gram		26,01	25,96
Massa tanah	MS	MCDS-MC	gram	11,33	11,78
Massa air	MW	MCMS-MCDS	gram	3,99	4,04
Kandungan air	WPL	MW/MS*100	%	35,22	34,30

Sumber: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Dari tabel diatas diketahui hasil pengujian bahwa uji batas plastis yang dilakukan menunjukkan sampel 1 memiliki kandungan air 35,22% dan sampel 2 memiliki kandungan air 34,30% data tersebut digunakan untuk mengetahui kadar kandungan air tanah.

3.3 Uji Kuat Tekan Geser

Tanah / sampel yang dapat digunakan (dicoba) dengan alat ini adalah untuk tanah yang tidak terlalu padat, jadi untuk tanah lembek dan tanah yang mengandung lempung. Tujuan dari uji tanah ini adalah mencari besarnya kekuatan geser tanah.

Tabel 6. Uji Kuat Tekan Geser

Keterangan	Sudut Geser (°)	Kohesi (kPa)	Kuat Geser (kPa)
Sampel 1	31,634	6,831	30,556
Sampel 2	28,038	6,837	26,953

Sumber: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Dari tabel diatas didapatkan hasil pada bidang lereng pada bagian atas kohesi menunjukkan 6,831 kPa sedangkan pada bagian bawah 6,837 kPa. Selanjutnya pada nilai sudut geser dan kuat geser lereng bagian bawah berturut menghasilkan 28,038 kPa dan 26,953 kPa. Pada lereng bagian bawah nilai sudut geser dan kuat geser berturut adalah 31,634 kPa dan 30,556 kPa. Kohesi tanah akan berkorelasi langsung dengan kuat geser, sehingga semakin besar kuat geser maka semakin besar nilai kohesi yang didapatkan. Kenampakan di lapangan sampel tanah atas dan sampel tanah bawah tidak menunjukkan konsolidasi yang signifikan secara kasar mata, hal ini didukung dengan hasil uji laboratorium yang menunjukkan

keduanya memiliki nilai kohesi, sudut geser, dan kuat geser yang berdekatan.

3.4 Pengujian Kadar Air

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air tanah. Sedangkan untuk hasil pengujian kadar air tanah pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 7. Uji Kadar Air Sampel Atas

Nomor cawan		69	20	4	
Massa Tanah Basah + Cawan	(gr)	44,81	44,94	44,44	
Massa Tanah Kering + Cawan	(gr)	36,82	37,37	35,57	
Massa Air	(2)-(3)	(gr)	7,99	7,57	8,87
Massa Cawan		(gr)	14,47	14,41	14,47
Massa Tanah Kering	(3)-(5)	(gr)	22,35	22,96	21,10
Kadar Air	(4)/(6)*100	(%)	55,22	52,53	61,30
Rata-Rata Kadar Air		(%)		56,35	

Sumber: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Tabel 8. Uji Kadar air Sampel Bawah

Nomor cawan		77	40	6	
Massa Tanah Basah + Cawan	(gr)	43,72	44,86	43,65	
Massa Tanah Kering + Cawan	(gr)	35,73	37,33	34,95	
Massa Air	(2)-(3)	(gr)	7,99	7,53	8,70
Massa Cawan		(gr)	14,44	14,42	14,49
Massa Tanah Kering	(3)-(5)	(gr)	21,29	22,91	20,46
Kadar Air	(4)/(6)*100	(%)	55,33	52,22	60,04
Rata-Rata Kadar Air		(%)		55,86	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Dari hasil pada Tabel 7 sampel tanah atas memperoleh nilai rata-rata kadar air sebesar 56,35% dan Tabel 8 sampel tanah bawah memperoleh nilai rata-rata kadar air 55,86%. Sampel bagian atas memiliki kadar air lebih tinggi kemungkinan dikarenakan air permukaan yang ikut menjadi agen penentu banyak sedikitnya kadar air yang dihasilkan.

3.5 Pengujian Berat Isi Tanah

Pada Pengujian ini bertujuan untuk menyeragamkan dan mendapatkan nilai berat isi tanah halus dengan cetakan benda uji. Adapun hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 9 dan 10 dibawah ini.

Tabel 9. Uji Berat Isi Tanah Sampel Atas

No.	Contoh Uji		3kg	6kg	12kg
1	Nomor Ring		1	1	1
2	Massa Contoh + Ring	(gr)	187,46	197,54	197,38
3	Massa Ring	(gr)	87,48	87,48	87,48
4	Massa Tanah Basah	(2)-(3)	99,98	110,06	109,90
5	Tinggi Contoh	(cm)	2,00	2,00	2,00
6	Diameter Contoh	(cm)	6,00	6,00	6,00
7	Isi Contoh	$1/4 \cdot 3.14 \cdot (6^2) \cdot (5)$	56,52	56,52	56,52
8	Berat Isi Basah	(4)/(7)	1,77	1,95	1,94
9	Kadar Air	(%)	55,22	52,53	61,30
10	Berat Isi Kering	$100 \cdot (8) / 100 + (9)$	1,14	1,28	1,21
11	Rata-Rata Berat Isi Basah	(gr/cm ³)		1,89	

Sumber: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

Tabel 10. Uji Berat Isi Tanah Sampel Bawah

No.	Contoh Uji		3kg	6kg	12kg
1	Nomor Ring		1	1	1
2	Massa Contoh + Ring	(gr)	188,96	198,55	196,32
3	Massa Ring	(gr)	87,48	87,48	87,48
4	Massa Tanah Basah	(2)-(3)	101,48	111,07	108,84
5	Tinggi Contoh	(cm)	2,00	2,00	2,00
6	Diameter Contoh	(cm)	6,00	6,00	6,00
7	Isi Contoh	$1/4 \cdot 3.14 \cdot (6^2) \cdot 5$	56,52	56,52	56,52
8	Berat Isi Basah	(4)/(7)	1,80	1,97	1,93
9	Kadar Air	(%)	55,33	52,22	60,04
10	Berat Isi Kering	$100 \cdot (8) / 100 + (9)$	1,16	1,29	1,20
11	Rata-Rata Berat Isi Basah	(gr/cm ³)		1,90	

Sumber: Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro

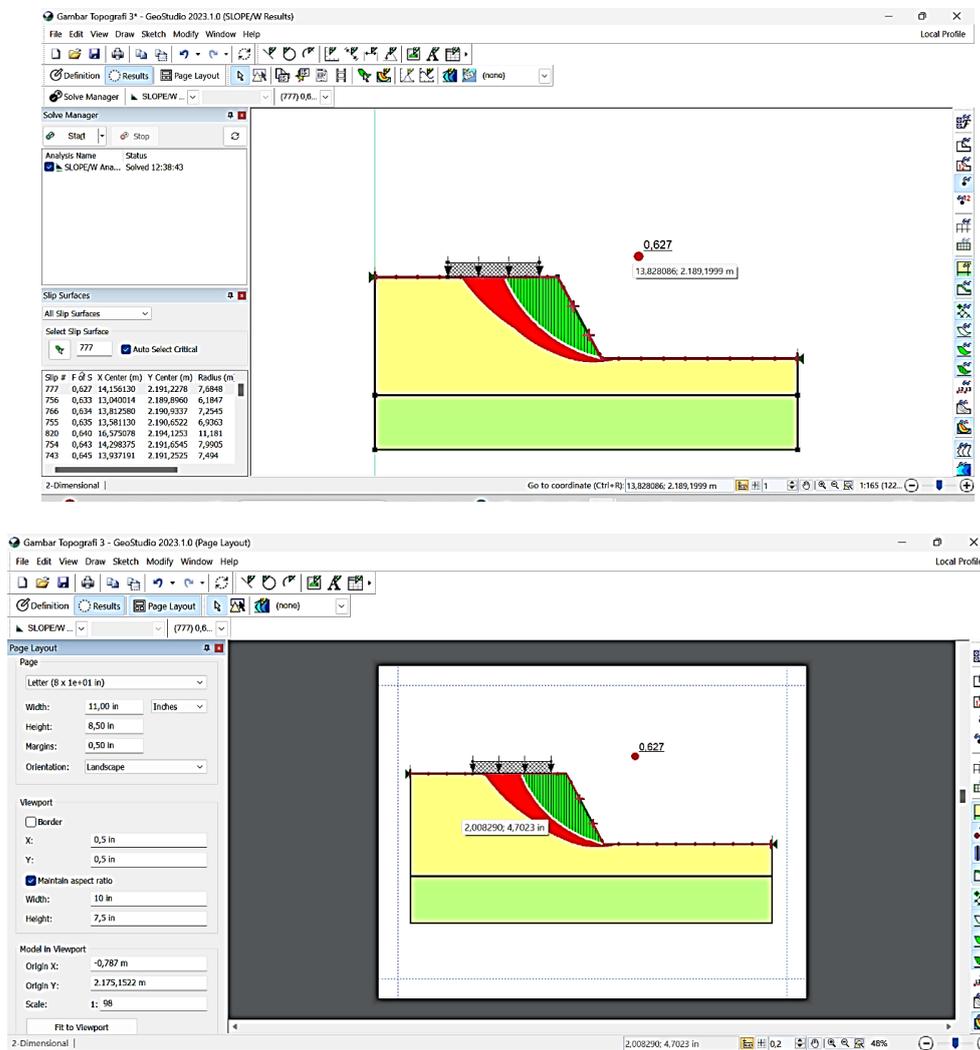
Dari Tabel 9 sampel atas memperoleh nilai rata-rata berat isi basah 1,89 gr/cm³ dan berat isi kering 1,21 gr/cm³. Untuk Tabel 10 sampel bawah memperoleh nilai rata-rata berat isi basah 1,90 gr/cm³ dan berat isi kering 1,22 gr/cm³. Namun dari hasil tersebut sesuai aturan SNI 03-0367-1994 harus dikonversikan kedalam satuan kN/m³. Setelah dikonverikan ke dalam satuan kN/m³ sampel tanah atas diperoleh nilai rata-rata berat isi basah 18,504 kN/m³ dan berat isi kering 11,866 kN/m³. Untuk sampel tanah bawah memperoleh nilai rata-

rata berat isi basah 18,587 kN/m³ dan berat isi kering 11,864 kN/m³ . Nilai yang dihasilkan dari berat isi akan berhubungan dengan nilai kandungan air pada tanah, berat isi tanah akan berhubungan dengan kepadatan tanah. Tanah akan semakin padat apabila berat isinya semakin besar dan porositasnya semakin rendah. Hal ini akan berhubungan dengan kandungan air yang terkandung dalam tanah tersebut. Dapat kita lihat nilai sampel bawah yang memiliki nilai berat isi lebih tinggi dari sampel atas, memiliki kandungan air yang lebih rendah juga.

3.6 Analisis Stabilitas Lereng

a) Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis kestabilan lereng tanpa perkuatan dilakukan dengan bantuan software geoslope, pertama gambar sudut kemiringan lereng dan bidang tanah di autocad lalu import ke software geoslope kemudian bisa di lakukan analisis secara otomatis di geoslope.

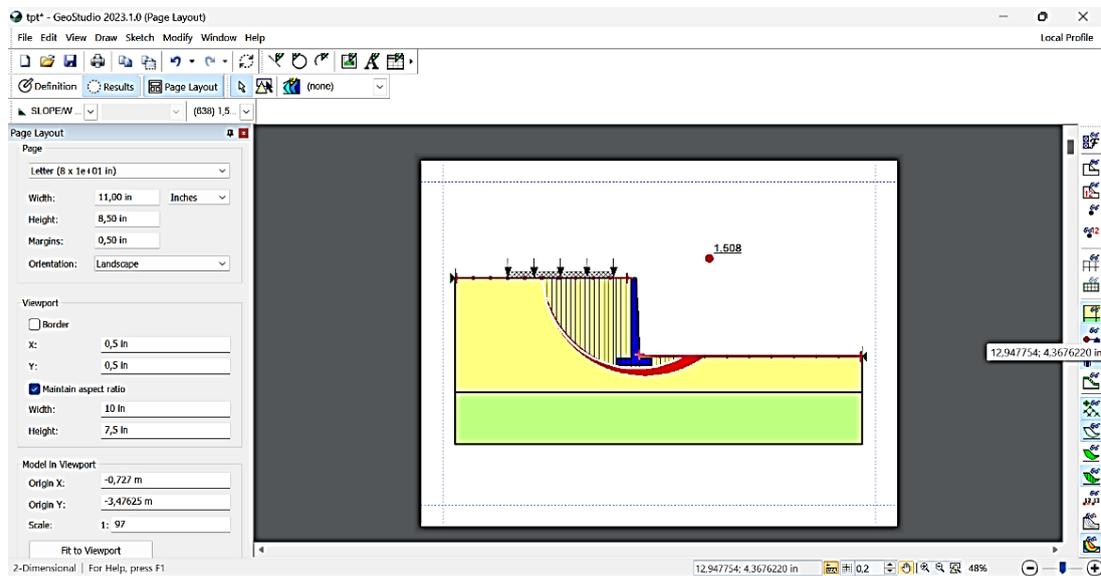
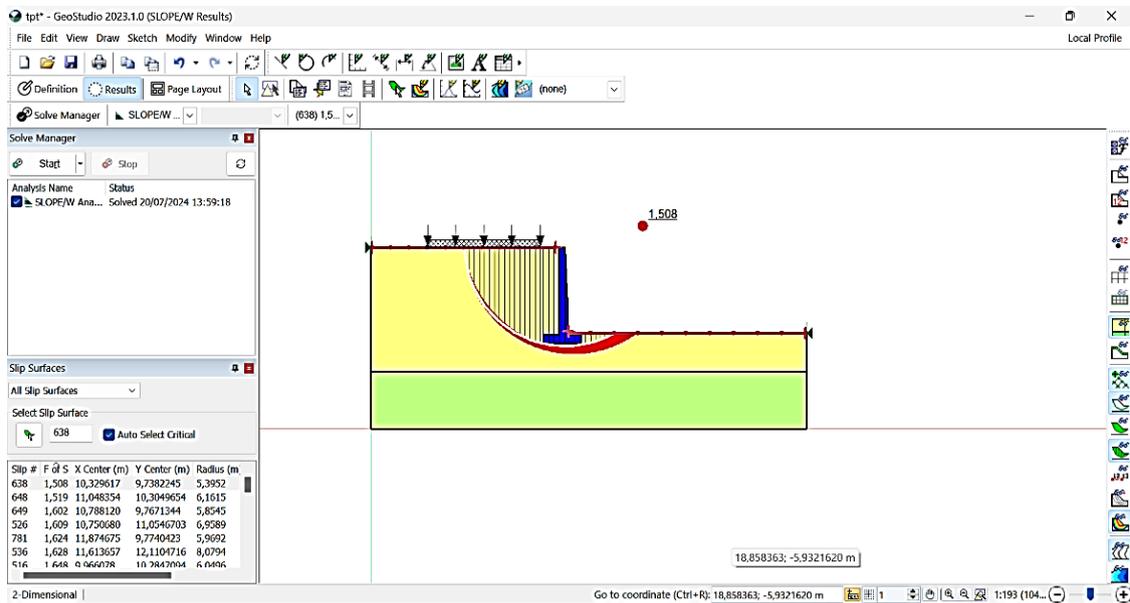


Gambar 1. Analisis lereng tanpa perkuatan dengan Geoslope

Pada gambar diatas menunjukkan Faktor of safety paling rendah adalah 0,627 dengan kohesi 6,831 kPa dan pada tabel 2 FK kurang dari 1,25, dan dapat di simpulkan $0,627 < 1,25$ (longsor biasa terjadi).

b) Lereng Dengan Perkuatan

Analisis kestabilan lereng setelah di beri perkuatan dilakukan dengan bantuan software geoslope Adapun Langkah – Langkah untuk mendapatkan nilai Faktor of safety.



Gambar 2. Analisis lereng diperkuat TPT dengan Geoslope

Pada gambar diatas menunjukkan Faktor of safety paling rendah adalah 1,508 dengan kohesi 6,837 kPa dan nilai ini meningkat setelah di beri TPT dan pada saat sebelum di beri TPT adalah 0,627. Dari hasil analisis stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan bronjong akibat beban sendiri dengan menggunakan software Geoslope didapatkan nilai *safety factor* (SF) sebesar 0,627 dengan nilai kohesi 6,831 kPa dan sudut geser 31,634 kPa. Dan setelah di beri perkuatan dengan Bronjong di dapatkan nilai *safety factor* (SF) 1,508 dengan peningkatan nilai kohesi 6,837 kPa dan pengurangan nilai sudut geser sebesar 28,038 kPa. lereng dengan

perkuatan merupakan variasi yang paling tepat digunakan, Stabilitas lereng setelah diberi perkuatan bronjong dapat dinyatakan aman karena memiliki nilai faktor keamanan $> 1,25$.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka ditarik kesimpulan Penerapan Teknik Perkuatan Tanah (TPT) terbukti secara signifikan meningkatkan stabilitas lereng, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan Faktor Keamanan (FK) dari 0,627 menjadi 1,508. Bagi masyarakat, hal ini berarti risiko longsor yang dapat mengancam keselamatan dan infrastruktur dapat diminimalkan melalui penggunaan TPT. Sementara itu, bagi para insinyur, temuan ini memberikan panduan praktis dalam memilih metode perkuatan lereng yang efektif untuk meningkatkan keamanan di wilayah rawan longsor, khususnya dengan memanfaatkan analisis berbasis software GeoStudio. namun perlu dilakukan analisa yang lebih detail tentang kemiringan lereng.

Daftar Pustaka

- 1964, S. (2008). UJI BERAT JENIS TANAH. *SNI 4513:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*, 12.
- 1967, S. (2008). SNI 1967:2008 Cara Uji Batas Cair Tanah. *Badan Standarisasi Nasional*, 1–15.
- Amalia, Z. (2023). *Analisis Stabilitas Lereng Pendekatan Terkini dalam Mekanika Tanah*. 3(11).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng Pada Tanah Residual dan Batuan. *Pedoman Konstruksi Bangunan*, 1–105.
- Elyasa, A. R. (2022). *Analisis Kestabilan Lereng Dan Pemetaan Daerah Rawan Longsor Kawah Gunungapi Ijen Dengan Menggunakan Fotogrametri Uav* 3–4. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/207564>
- Fajar Sagita, E., Surjandari, N. S., & Purwana, Y. M. (2017). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Bronjong Menggunakan Software Geoslope Di Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 118–123.
- Ikhwan, M. Z. (2024). *STUDY PERBANDINGAN TANAH LEMPUNG BOJONEGORO DAN BLORA UNTUK KONSTRUKSI JALAN FLEKSIBEL PAVEMENT*. 1156–1171.
- Lisman, D., Yanti, G., & Megasari, S. W. (2020). Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah pada Area Parkir Pascasarjana Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 67–74. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i1.3215>
- MEF. (1998). Keputusan Direktur Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (Ditjen RRL) Nomor 041/Kpts/ V/ 1998 Tanggal 21 April 1998 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Tehnik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai. Direktorat Jenderal RR. *Dpd*, 20.
- Rus, T. Y., Suyadi, W., & Munawir, A. (2015). Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Soil Nailing Dengan Bantuan Perangkat Lunak Slope/W (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(3), pp.995-1005.

Shelemo, A. A. (2023). IMPLEMENTASI PROFESI DALAM PELAKSANAAN PEMBANGUNAN DINDING PENAHAN TANAH DIKAWASAN PERMUKIMAN CANDISARI SEMARANG. *Nucl. Phys.*, 13(1), 104–116.

Silvia, R., Syahputra, I., & Ridha, M. (2019). *Analisa Stabilitas Tebing Dengan Menggunakan Metode Bishop Berbasis Program Rocscience Slide Versi 6.020*. 489–495.

SNI 3420:2016. (2016). Metode uji kuat geser langsung tanah. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–8.