

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN *SHEET PILE* MENGGUNAKAN GEOSTUDIO (STUDI KASUS: SEMARANG, JAWA TENGAH)

Ronald Marcush Sihite^{1*}, Amico Sepni Pane², Naufaldy Febrian Hilmansyah³, Tasya Dara Tirtakhalisha⁴
^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Pertahanan Republik Indonesia, ronaldmarcushsihite1@gmail.com

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng pada wilayah rawan longsor dengan dan tanpa perkuatan *sheet pile* menggunakan GeoStudio. Studi dilakukan di kawasan Gedung Gandhi Memorial Intercontinental School, Semarang, Jawa Tengah. Metode yang digunakan adalah simulasi elemen hingga (Finite Element Method) melalui GeoStudio untuk menentukan nilai Faktor Keamanan (*Safety factor*). Hasil menunjukkan bahwa nilai *Safety factor* (SF) pada kondisi awal adalah 1,3726. Setelah diberi perkuatan *sheet pile*, nilai SF meningkat menjadi 1,5961. Kesimpulannya, penggunaan *sheet pile* mampu meningkatkan kestabilan lereng secara signifikan dibandingkan dengan kondisi awal.

Kata kunci: Stabilitas Lereng, *Sheet pile*, GeoStudio, Faktor Keamanan, Longsor

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di kawasan Cincin Api Pasifik, yang menjadikannya rentan terhadap bencana alam, termasuk tanah longsor. Salah satu fenomena alam yang dapat menyebabkan kerusakan parah di wilayah berbukit atau lereng adalah tanah longsor. Semarang, sebagai salah satu kota yang memiliki banyak daerah dengan lereng curam, menjadi salah satu contoh wilayah yang rawan bencana ini. Di kawasan Gedung Gandhi Memorial Intercontinental School, yang terletak di Jl. Raya Bulovard 2 Graha Candi Golf Semarang, tanah longsor pernah terjadi pada tahun 2013 akibat hujan lebat yang menggerus tanah di area tersebut. Meskipun tidak ada korban jiwa, longsor ini menyebabkan kerugian materi yang cukup besar, sehingga menjadi perhatian serius bagi pengelola dan pemerintah daerah setempat.

Stabilitas lereng sangat dipengaruhi oleh faktor geoteknik, seperti jenis tanah, kemiringan lereng, serta adanya beban atau tekanan luar seperti bangunan di atasnya. Penguatan lereng dengan menggunakan struktur penahan seperti dinding turap (*sheet pile*) adalah salah satu solusi untuk mencegah terjadinya tanah longsor. Sejumlah penelitian sebelumnya telah menggunakan metode analisis stabilitas lereng seperti Metode Fellenius dan perangkat lunak Plaxis untuk memodelkan kondisi lereng dan merancang perkuatan yang diperlukan. Namun, meskipun metode ini sudah cukup banyak digunakan, masih terdapat tantangan dalam mengoptimalkan ketepatan prediksi dan keandalan hasil analisis, terutama dalam kondisi yang lebih kompleks.

Penelitian ini sangat penting karena Indonesia, khususnya wilayah Semarang, merupakan daerah yang rawan mengalami bencana longsor. Dengan meningkatnya jumlah penduduk dan pembangunan di daerah-daerah dengan kontur tanah miring, penting untuk memastikan bahwa desain konstruksi dan penanggulangan bencana sudah memperhitungkan faktor keselamatan secara tepat. Oleh karena itu, penerapan metode analisis yang lebih akurat dan dapat mengakomodasi variasi kondisi geoteknik secara lebih kompleks sangat diperlukan. Penggunaan GeoStudio, khususnya perangkat lunak GeoSlope, menawarkan pendekatan yang lebih canggih dalam analisis stabilitas lereng karena dapat memperhitungkan berbagai faktor dengan lebih mendetail, baik dari segi geometri lereng, sifat material tanah, maupun perbedaan kondisi lapangan yang dapat mempengaruhi hasil.

Penelitian ini memiliki kontribusi yang signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang teknik sipil dan geoteknik. Penggunaan perangkat lunak GeoStudio sebagai metode analisis stabilitas lereng akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kekuatan tanah dan cara kerja perkuatan dinding turap (*sheet pile*) dalam mencegah longsor. Secara teoritis, penelitian ini dapat memperkaya literatur mengenai aplikasi perangkat lunak GeoStudio dalam perencanaan dan desain konstruksi di daerah rawan longsor, terutama di daerah perkotaan dengan geologi yang kompleks.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk pemerintah daerah dan pengelola properti dalam merancang solusi yang efektif untuk mencegah tanah longsor. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam hal kebijakan perencanaan pembangunan di kawasan yang rawan bencana alam. Dengan memperhitungkan hasil analisis yang lebih akurat, diharapkan risiko bencana dapat diminimalkan, dan pembangunan dapat berlangsung dengan lebih aman dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menghitung nilai *Safety factor* lereng sebelum diberi perkuatan *sheet pile* menggunakan perangkat lunak Geostudio.
2. Mendesain perkuatan *sheet pile* dan menganalisis nilai *Safety factor* lereng setelah diberi perkuatan menggunakan perangkat lunak Geostudio.
3. Membandingkan hasil analisis *Safety factor* menggunakan metode Plaxis dan metode Geostudio.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam:

1. Memberikan solusi praktis dalam perencanaan perkuatan lereng pada lokasi rawan longsor.
2. Menjadi referensi teknis dalam penggunaan *sheet pile* sebagai perkuatan lereng untuk konstruksi sipil.
3. Menghasilkan kajian perbandingan antara metode Plaxis dan metode Geostudio untuk analisis stabilitas lereng.

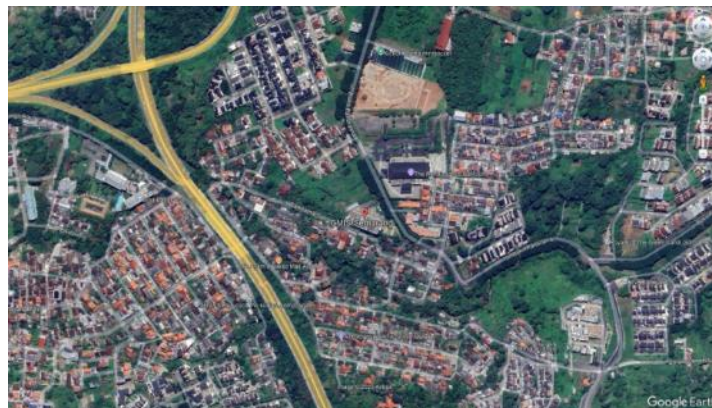
2 METODE PENELITIAN

2.1 Format Penulisan dan Peletakan Tabel

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menganalisis stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak GeoStudio, khususnya GeoSlope. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan untuk menganalisis secara terperinci faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng dan merancang solusi perkuatan yang lebih efektif, dalam hal ini dengan menggunakan dinding turap (*sheet pile*). Jenis penelitian ini adalah penelitian terapan (applied research) yang bertujuan untuk memberikan solusi praktis terhadap permasalahan stabilitas lereng di kawasan Gedung Gandhi Memorial Intercontinental School, Semarang. Penelitian ini berfokus pada perhitungan faktor keamanan lereng dengan metode GeoStudio dan membandingkannya dengan hasil perhitungan menggunakan metode Fellenius dan perangkat lunak Plaxis yang digunakan dalam penelitian terdahulu.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Gedung Gandhi Memorial Intercontinental School, yang terletak di Jl. Raya Bulovard 2 Graha Candi Golf, Semarang, Jawa Tengah.

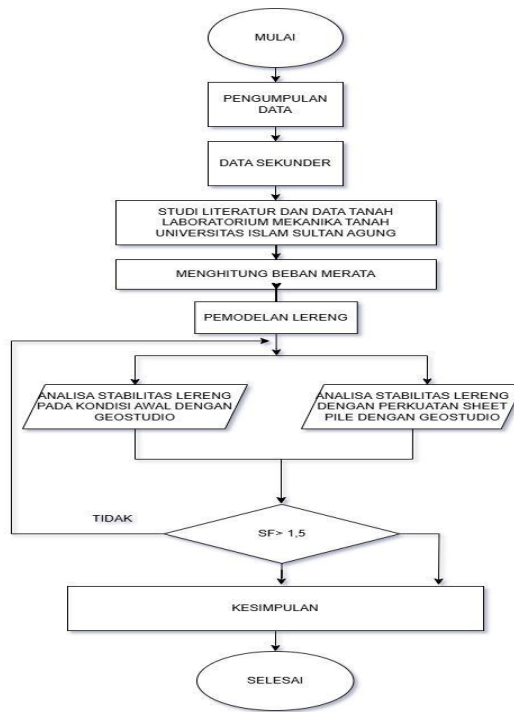


Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth Pro, 2025).

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengumpulan data lapangan, termasuk data geoteknik tanah yang diperoleh melalui uji sondir dan data sifat mekanik tanah dari Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur dan penelitian terdahulu terkait analisis stabilitas lereng dan penggunaan GeoStudio, Plaxis, serta metode Fellenius. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak GeoStudio untuk menghitung faktor keamanan lereng. Hasil dari GeoStudio kemudian dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari metode Fellenius dan Plaxis yang digunakan dalam penelitian terdahulu. Analisis dilakukan secara kuantitatif untuk menentukan perbedaan hasil dan efektivitas penggunaan metode baru ini dalam merancang perkuatan lereng.

2.3 Bagan Alir Penelitian

Agar dapat mempermudah dalam melakukan analisa, dibuat alir penelitian seperti yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

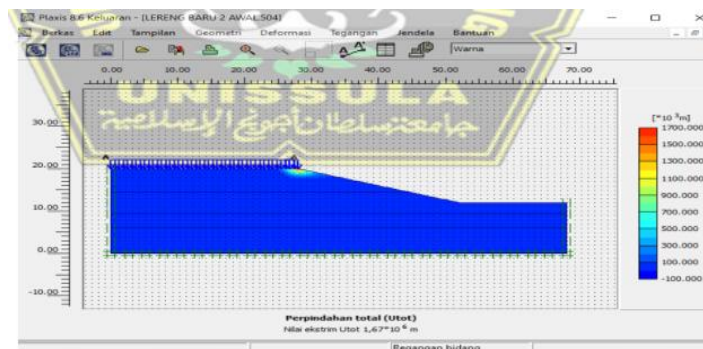
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Awal Lereng

Lereng asli memiliki karakteristik sebagai berikut

- Tinggi lereng : 20 m
- Panjang lereng : 68 m
- Beban di atas muka tanah : 22kN/m
- Sudut kemiringan lereng : 18°

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai SF pada kondisi awal tanpa perkuatan adalah 1,3726. Nilai ini mengindikasikan bahwa lereng berada pada kondisi yang tidak stabil, dengan potensi longsor tinggi.



Gambar 3. Analisis Lereng Kondisi Awal dengan Menggunakan Plaxis V.8 (Resti Rahmadini dan Tasya Dara Tirtakhalisha, 2022)

3.3 Kondisi Lereng dengan Perkuatan *Sheet pile*

Setelah perkuatan dengan *sheet pile*, nilai SF meningkat menjadi 1,5961. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan *sheet pile* mampu meningkatkan kestabilan lereng secara signifikan. *Sheet pile* berfungsi sebagai dinding penahan tanah yang efektif dalam menahan tekanan lateral dan mencegah pergerakan tanah.



Gambar 4. Analisis Lereng Kondisi Perkuatan *Sheet pile* dengan Menggunakan Plaxis V.8 (Resti Rahmadini dan Tasya Dara Tirtakhalisha, 2022)

Permodelan *sheet pile* yang digunakan Type W-325 A-1000 dengan karakteristik sebagai berikut:

EA	= $3,25 \times 10^6$ kN/m ²
EI	= $2,86 \times 10^4$ kN/m ²
d	= 0,325 m
w	= 8,3 kN/m ²
v	= 0,15

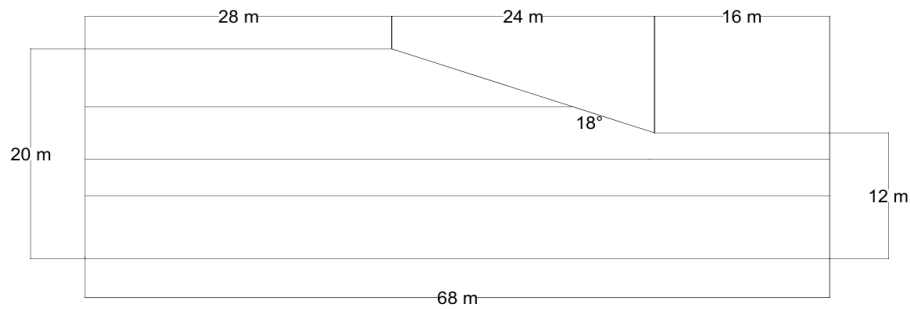
Menggunakan data timbunan tanah dari Penelitian pada Jembatan di Sungai Pabelan di Ruas Jalan Mendut-Tanjungjapuan. Didapatkan data parameter tanah sebagai berikut:

γ_{sat}	= 21,919 kN/m ³
γ_{unsat}	= 19,773 kN/m ³
E'	= 6619,5 kN/m ²
v	= 0,3
c	= 16 kN/m ²
ϕ	= 28°

3.3 Permodelan Lereng

Membuat geometri lereng di GeoStudio berdasarkan data lapangan. Tahap awal adalah membuat geometri lereng berdasarkan data lapangan yang telah dikumpulkan. Data ini mencakup dimensi lereng, kemiringan, dan kondisi tanah.

Menginput parameter tanah ke dalam perangkat lunak. Parameter tanah seperti kohesi, sudut geser dalam, dan berat jenis tanah dimasukkan ke dalam perangkat lunak GeoStudio untuk simulasi.



Gambar 5. Pemodelan Lereng pada AutoCAD

3.4 Data Tanah

Data tanah merupakan elemen kunci dalam analisis stabilitas lereng karena menentukan parameter mekanis yang memengaruhi kestabilan. Dalam penelitian ini, data tanah diperoleh dari hasil uji laboratorium dan lapangan, termasuk data sondir, handbor, dan parameter kuat geser tanah seperti kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Selain itu, data berat volume tanah dan tekanan air pori juga diukur untuk memastikan akurasi dalam perhitungan stabilitas lereng.

Tabel 1. Tebal Lapisan dan Jenis Tanah pada Lokasi BM.01

No.	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	Jenis Tanah
1.	0-5,50	5,5	Lempung Lunak
2.	5,50-10,50	5	Lempung Pasir Agak Lunak
3.	10,50-14,00	3,5	Batuan Pasir Keras
4.	14,00-20,00	6	Batuan Pasir Keras

Sumber: Resti Rahmadini dan Tasya Dara Tirtakhalisha, 2022

Tabel 2. Parameter Tanah

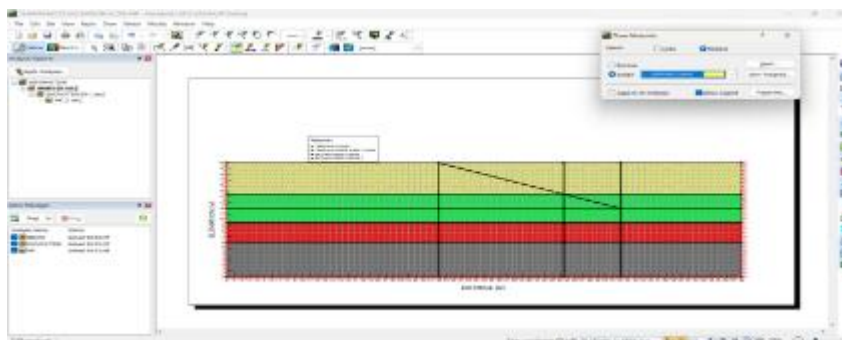
Lapisan	Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{dry} (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kN/m ³)	V
1.	Lempung Lunak (Soft Clay)	16,759	11,189	3,9	25.10	5000	0.3
2.	Lempung Pasir Agak Lunak (Dense Sands)	18,112	11,17	9,12	16.94	15000	0.3
3.	Batuan Pasir Keras	17,455	13,278	5,69	23.99	60000	0.35
4	Batuan Pasir Keras	15,984	11,356	32	21.72	60000	0.35

Sumber: Resti Rahmadini dan Tasya Dara Tirtakhalisha, 2022

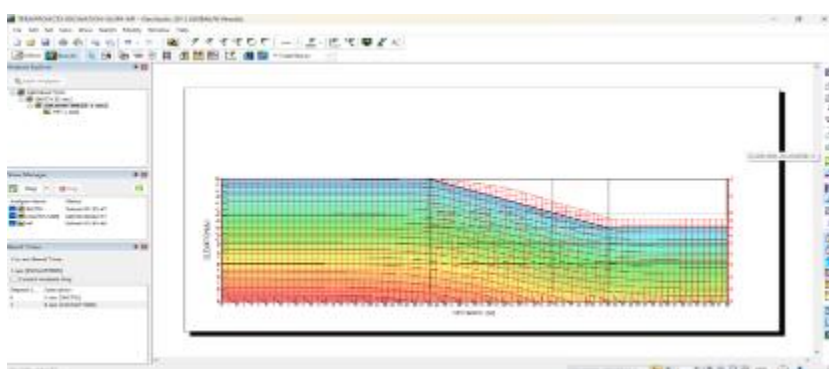
3.5 Analisis lereng dengan menggunakan Geostudio 2012

Analisis stabilitas lereng menggunakan GeoStudio 2012 dilakukan untuk mengevaluasi kondisi keamanan lereng pada berbagai skenario, termasuk kondisi asli dan setelah diberi perkuatan. Perangkat lunak ini memanfaatkan metode-metode seperti Morgenstern-Price, Ordinary Method of Slice, Bishop Slice Method, Janbu Slice Method, dan Spencer Method, yang secara komprehensif menganalisis keseimbangan gaya dan

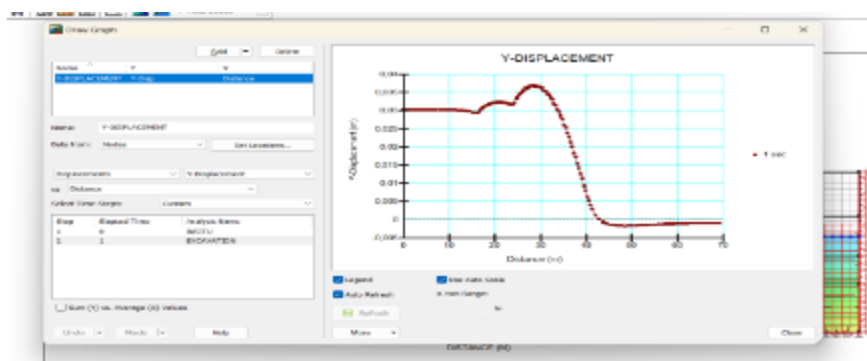
momen pada lereng. Berikut adalah gambaran sketsa tanah dan mesh lereng yang mengalami deformasi setelah dilakukan ekskavasi.



Gambar 6. Sketsa Lapisan Tanah (Penulis, 2025)



Gambar 7. Mesh Lereng yang Mengalami Deformasi Setelah Ekskavasi (Penulis, 2025)

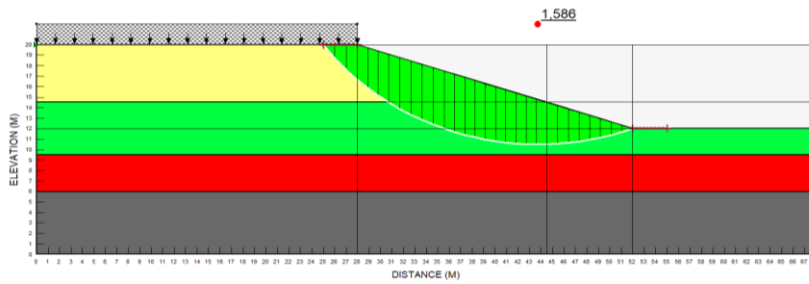


Gambar 8. Grafik Y-Displacement Lereng (Penulis, 2025)

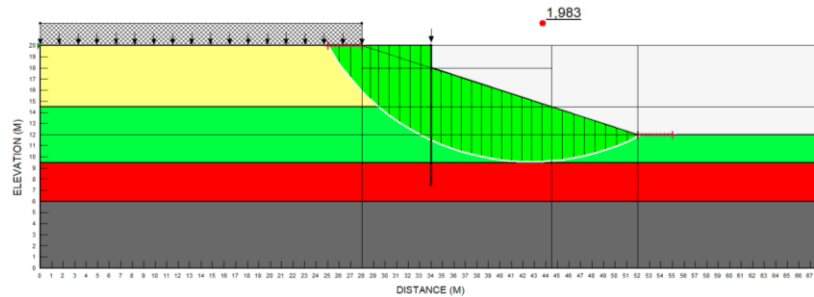
3.5.1 Morgenstern-Price Method

Metode Morgenstern-Price, yang dikembangkan oleh Karl V. Morgenstern dan Vaughn W. Price pada 1965, menggunakan pendekatan iteratif untuk menganalisis keseimbangan gaya dan momen secara simultan. Metode ini menghasilkan faktor keamanan

FS 1,586 tanpa perkuatan, menunjukkan kestabilan lereng yang baik. Setelah perkuatan *sheet pile*, FS meningkat menjadi 1,983, mengindikasikan peningkatan stabilitas lereng yang lebih tinggi dan mengurangi potensi pergerakan tanah.



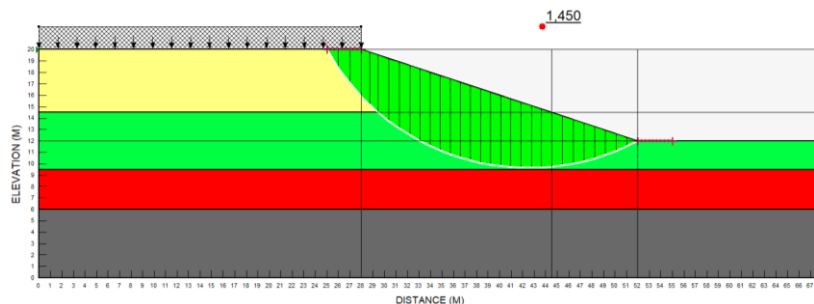
Gambar 9. Analisis Lereng *Morgenstern-Price Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012



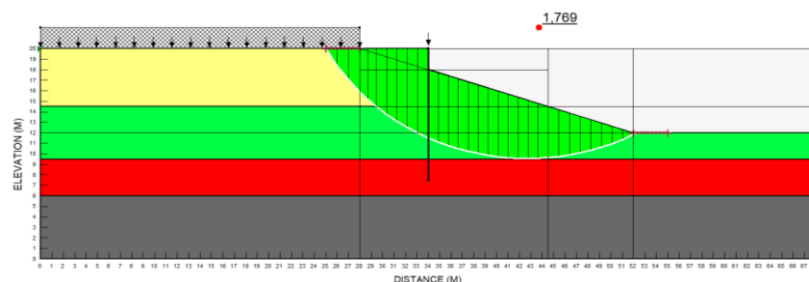
Gambar 10. Analisis Lereng *Morgenstern-Price Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012 dengan perkuatan *Sheet pile*

3.5.2 Ordinary Method of Slice

Dikembangkan oleh Fellenius pada 1936, metode ini mengasumsikan gaya antar irisan sejajar dengan bidang runtuh berbentuk busur lingkaran. FS 1,450 tanpa perkuatan menunjukkan lereng rawan longsor. Setelah penerapan perkuatan *sheet pile*, FS meningkat menjadi 1,769, yang memberikan kestabilan lebih besar dan mengurangi risiko longsor.



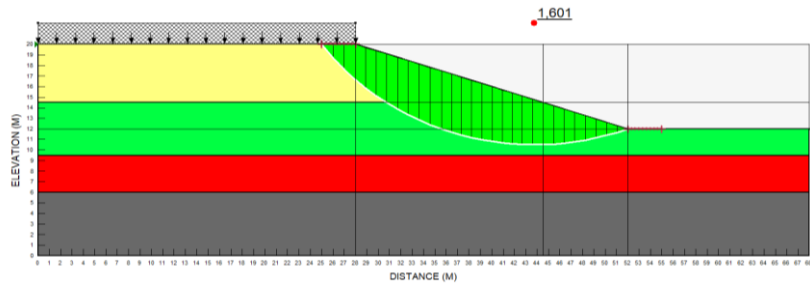
Gambar 11. Analisis Lereng *Ordinary Method of Slice* dengan Menggunakan Geostudio 2012 (Penulis, 2025)



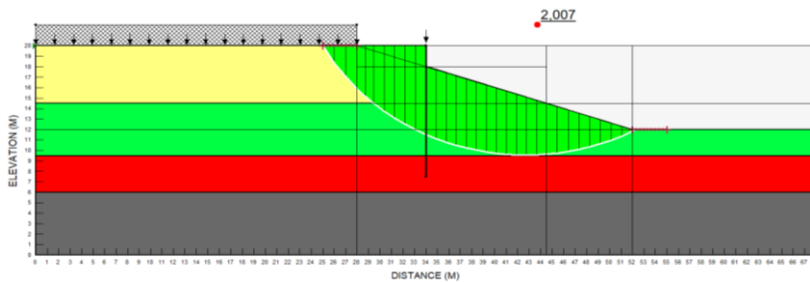
Gambar 12. Analisis Lereng *Ordinary Method of Slice* dengan Menggunakan Geostudio 2012 dengan perkuatan *Sheet pile* (Penulis, 2025)

3.5.3 Bishop Slice Method

Metode Bishop, yang diperkenalkan pada 1955, mengabaikan gaya gesek antar irisan dan hanya mempertimbangkan gaya normal. FS 1,601 tanpa perkuatan menunjukkan kestabilan lereng yang baik. Setelah perkuatan, FS meningkat menjadi 2,007, memperlihatkan peningkatan stabilitas yang signifikan, menjadikan lereng lebih aman dengan risiko longsor yang hampir nol.



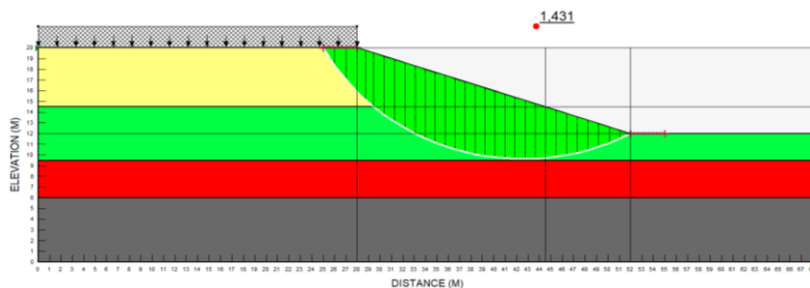
Gambar 13. Analisis Lereng *Bishop Slice Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012 (Penulis, 2025)



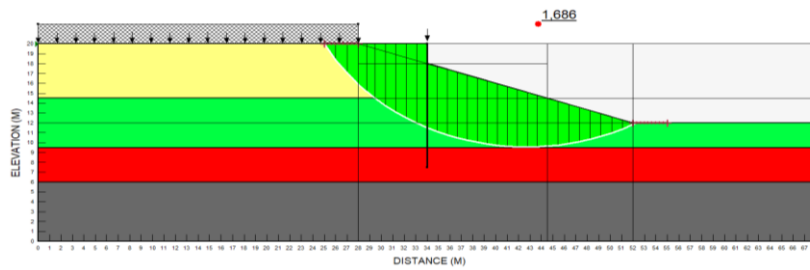
Gambar 14. Analisis Lereng *Bishop Slice Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012 dengan perkuatan *Sheet pile* (Penulis, 2025)

3.5.4 Janbu Slice Method

Janbu Slice Method, yang dikembangkan oleh N. Janbu pada 1954, mengasumsikan gaya geser antar irisan nol dan menyeimbangkan gaya secara vertikal dan horizontal. Dengan FS 1,431 tanpa perkuatan, lereng masih rawan longsor. Namun, setelah perkuatan *sheet pile*, FS meningkat menjadi 1,686, menunjukkan peningkatan stabilitas yang signifikan meskipun potensi longsor masih ada.



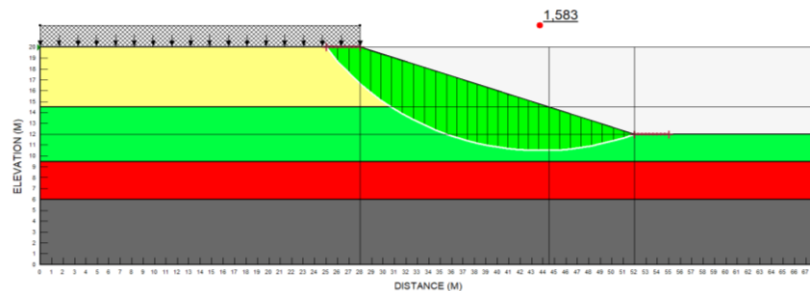
Gambar 15. Analisis Lereng *Janbu Slice Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012 (Penulis, 2025)



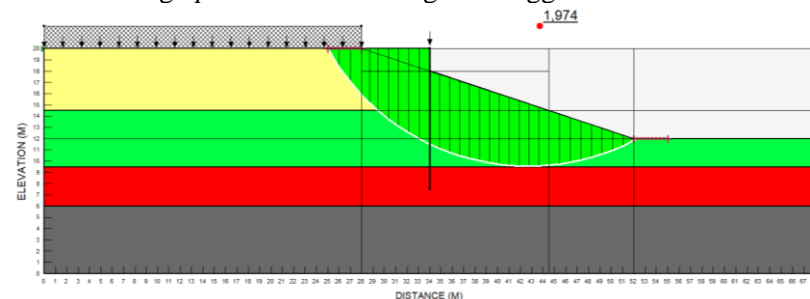
Gambar 16. Analisis Lereng *Janbu Slice Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012 dengan perkuatan *Sheet pile* (Penulis, 2025)

3.5.5 Spencer Method

Metode Spencer, yang dikembangkan pada 1967, menggabungkan keseimbangan gaya dan momen antar irisan. Dengan FS 1,583 tanpa perkuatan, lereng dalam kategori stabil namun berpotensi bergerak. Setelah perkuatan menggunakan *sheet pile*, FS meningkat menjadi 1,974, menunjukkan peningkatan stabilitas yang signifikan dengan risiko longsor yang sangat rendah.



Gambar 17. Analisis Lereng *Spencer Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012 (Penulis, 2025)



Gambar 18. Analisis Lereng *Spencer Method* dengan Menggunakan Geostudio 2012 dengan perkuatan *Sheet pile* (Penulis, 2025)

Tabel 3. Hasil Analisis Lereng sebelum diberi Perkuatan *Sheet pile* (Penulis, 2025)

Geostudio 2012 Metode	Geostudio 2012		Plaxis v.8		Fellenius		
	FS	FS	Selisih	Error	FS	Selisih	Error
<i>Morgenstern-Price</i>	1,586		0,2134	16%		0,536	51%
<i>Ordinary Method of Slice</i>	1,45		0,0774	6%		0,4	38%
<i>Bishop Slice Method</i>	1,601	1,3726	0,2284	17%	1,05	0,551	52%
<i>Janbu Slice Method</i>	1,431		0,0584	4%		0,381	36%
<i>Spencer Method</i>	1,583		0,2104	15%		0,533	51%

Tabel 4. Hasil Analisis Lereng setelah diberi Perkuatan *Sheet pile*

Geostudio 2012 (Dengan Perkuatan)		Plaxis v.8 (Dengan Perkuatan)			Fellenius (Dengan Perkuatan)		
Metode	FS	FS	Selisih	Error	FS	Selisih	Error
<i>Morgenstern-Price</i>	1,983		0,3869	24%		0,267	12%
<i>Ordinary Method of Slice</i>	1,769		0,1729	11%		0,481	21%
<i>Bishop Slice Method</i>	2,007	1,5961	0,4109	26%	2,25	0,243	11%
<i>Janbu Slice Method</i>	1,686		0,0899	6%		0,564	25%
<i>Spencer Method</i>	1,974		0,3779	24%		0,276	12%

Hasil perhitungan Plaxis v.8 untuk lereng asli tanpa perkuatan menunjukkan nilai FS = 1,3726, sementara perhitungan metode Fellenius menghasilkan nilai FS = 1,05, dan perhitungan Geostudio 2012 memberikan nilai rata-rata FS = 1,601. Hasil ini menunjukkan bahwa keamanan lereng belum memenuhi persyaratan angka aman yang diharapkan ($>1,5$) pada perhitungan metode Fellenius. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan pada lereng, salah satunya adalah dengan memasang dinding penahan tanah tipe *Sheet pile*.

Setelah pemasangan *Sheet pile*, hasil perhitungan menunjukkan peningkatan stabilitas. Nilai faktor keamanan Plaxis v.8 (Dengan Perkuatan) mencapai FS = 1,596, sementara metode Fellenius (Dengan Perkuatan) menghasilkan nilai FS = 2,25, dan perhitungan Geostudio 2012 (Dengan Perkuatan) memberikan nilai rata-rata FS = 1,974. Perbaikan ini berhasil meningkatkan keamanan lereng hingga memenuhi persyaratan angka aman.



Gambar 19. Grafik Analisis Lereng sebelum dan sesudah perkuatan *sheet pile* Menggunakan Geostudio

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis stabilitas lereng menggunakan Geostudio 2012, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Tanpa perkuatan, faktor keamanan (FS) berkisar antara 1,431 - 1,601, menunjukkan lereng kurang stabil, dengan beberapa metode seperti Ordinary Slice Method menunjukkan potensi keruntuhan ($FS < 1,5$).
2. Setelah perkuatan *sheet pile*, FS meningkat menjadi 1,769 - 2,007, menunjukkan stabilitas yang lebih baik dan memenuhi standar keamanan ($FS > 1,5$).
3. Metode Morgenstern-Price (FS 1,983) dan Bishop Slice (FS 2,007) menunjukkan peningkatan yang signifikan, membuktikan efektivitas *sheet pile* secara merata.

4. Kenaikan FS rata-rata sebesar 25% hingga 40% setelah pemasangan *sheet pile* menunjukkan perkuatan ini sangat efektif.

Saran

1. Desain perkuatan *sheet pile* harus disesuaikan dengan kondisi lokasi, seperti jenis tanah dan geometri lereng. Evaluasi variasi kedalaman dan penggunaan material kuat seperti baja atau beton bertulang.
2. Kombinasikan metode perkuatan, seperti geogrid, dinding penahan tanah, dan drainase bawah tanah, untuk mengatasi tekanan air pori.
3. Lakukan pemantauan rutin pasca-pemasangan *sheet pile* untuk mendeteksi pergerakan lereng atau kerusakan akibat perubahan lingkungan.
4. Integrasikan variabel lingkungan seperti curah hujan dan perubahan kondisi tanah dalam permodelan Geostudio untuk mengukur dampak dinamis terhadap kestabilan lereng di wilayah rawan longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahlevi, F. (2019). *Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan sheet pile menggunakan Plaxis V.8 dan metode Bishop*. Universitas Sumatra Utara.
- [2] Manurung, R., Silmi, N., & Djarwati, N. (2016). *Analisis stabilitas lereng berdasarkan hujan 3 hari berurutan di DAS Tirtomoyo (Studi kasus Desa Damon, Hargorejo, Wonogiri)*. e-Jurnal Matrik Teknik Sipil, 97-104.
- [3] Rajagukguk, O. C. P., Turangan, A. E., & Monintja, S. (2014). *Analisis kestabilan lereng dengan metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m)*. Jurnal Sipil Statik, 2(3), 139-147.
- [4] Utami, R., & Surjandari, S. (2016). *Stabilitas lereng dengan perkuatan sheet pile*. Jurnal Teknik Sipil, 10(2), 25-35.
- [5] Indera, R. K., Mina, E., & B, S. (2015). *Analisis stabilitas lereng dan perencanaan soil nailing dengan software Geostudio 2007 (Studi Kasus Kampus Untirta Sindangsari)*. Jurnal Fondasi, 4(1), 1-10.
- [6] Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). *Analisis kestabilan lereng dengan metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)*. Jurnal Sipil Statik, 2(1), 37-46.
- [7] Mahendravijaya, R., & Arizaky, B. A. (2022). *Analisa stabilitas lereng longsor di Ungaran Timur, Kabupaten Semarang*. Tugas Akhir, Universitas Semarang
- [8] Tasya, R. R. D., & Tirtakhalisha, T. D. (2022). *Analisis stabilitas tanah lereng dengan perkuatan sheet pile menggunakan Plaxis V.8 dan metode Fellenius: Studi kasus Gedung Gandhi Memorial Intercontinental School, Semarang, Jawa Tengah*. Universitas Islam Sultan Agung.