

TAHAPAN PEKERJAAN STABILITAS LERENG DENGAN *RETAINING WALL* PADA PROYEK X

Helga Lenita^{1*} dan Edison Leo¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
helga.325210047@stu.untar.ac.id

Masuk: 05-10-2024, revisi: 29-10-2024, diterima untuk diterbitkan: 23-01-2025

ABSTRACT

Slope stability is a crucial aspect in geotechnical engineering, especially in construction projects involving sloping land. This research addresses the slope stability stage with the application of a retaining wall, a structure that serves to prevent soil displacement and landslides. Slope modeling was performed using PLAXIS 8.6 software. For a slope with a grading of 1H:1.5V, a safety factor of 1.1760 was obtained. To improve stability, the slope was cut to 1H:1V, which gave a safety factor of 1.3720, which is considered safe only for temporary conditions. Furthermore, a temporary drainage system was implemented prior to retaining wall construction using bored piles designed to reach the andesite soil layer. After re-modeling the safety factor increased to 1.5258, indicating a suitable condition for the long term. The process ended with backfilling and implementation of a permanent drainage system. Based on Bowles (1993) and SNI 8460:2017 standards, the minimum safety factor for construction is 1.25 for minimum conditions and 1.3 for temporary conditions, and 1.5 for permanent conditions. The results showed that the application of retaining walls can significantly improve slope stability.

Keywords: slope stability; retaining wall; finite element method; safety factor

ABSTRAK

Stabilitas lereng merupakan aspek krusial dalam rekayasa geoteknik, terutama dalam proyek konstruksi yang melibatkan lahan miring. Penelitian ini membahas tahapan stabilitas lereng dengan penggunaan *retaining wall*, sebuah struktur yang berfungsi untuk mencegah pergeseran tanah dan longsor. Permodelan lereng dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 8.6. Untuk lereng dengan kemiringan 1H:1.5V, menghasilkan faktor keamanan sebesar 1.1760. Untuk meningkatkan stabilitas, dilakukan pemotongan lereng menjadi 1H:1V, yang memberikan faktor keamanan 1.3720, yang dinilai aman hanya untuk kondisi sementara. Selanjutnya, sistem drainase sementara diterapkan sebelum konstruksi *retaining wall* menggunakan *bored pile* yang dirancang untuk mencapai lapisan tanah andesit. Setelah dilakukan pemodelan ulang faktor keamanan meningkat menjadi 1.5258, menunjukkan kondisi yang sesuai untuk jangka panjang. Proses diakhiri dengan *backfilling* dan penerapan sistem drainase permanen. Berdasarkan standar Bowles (1993) dan SNI 8460:2017, faktor keamanan minimum untuk konstruksi adalah 1.25 untuk kondisi minimum dan 1.3 untuk kondisi sementara, serta 1.5 untuk kondisi permanen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *retaining wall* dapat meningkatkan stabilitas lereng secara signifikan.

Kata kunci: stabilitas lereng; dinding penahan; metode elemen hingga; faktor keamanan

1. PENDAHULUAN

Lereng adalah bagian permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami ataupun diciptakan oleh manusia. Lereng merupakan permukaan tanah yang memiliki sudut kemiringan tertentu terhadap bidang horisontal. Akibat gaya gravitasi bumi, komponen masa tanah yang berada di atas bidang gelincir cenderung untuk bergerak ke bawah (Fachrurrozi et al, 2022) . Menurut Rajagukguk et al. (2014) dengan mempertimbangkan jenisnya, lereng terbagi menjadi 3 yaitu :

1. Lereng alam yang terbentuk oleh proses alamiah, seperti lereng diperbukitan
2. Lereng yang dibuat dalam di tanah asli, seperti ketika tanah dipotong untuk jalan atau saluran air
3. Lereng yang terbuat dari tanah yang dipadatkan, seperti tanggul atau bendungan untuk urugan tanah

Kemungkinan longsor selalu ada pada setiap lereng. Longsor terjadi ketika gaya dorong (*driving force*) melampaui gaya berlawanan yang dihasilkan dari kekuatan geser tanah pada bidang longsor (Das, 1995).

Untuk mengatasi masalah ini, analisis stabilitas lereng perlu dilakukan dengan parameter tanah yang tersedia. Dalam analisis ini, faktor keamanan perlu diperhitungkan. Karena dengan meningkatnya faktor keamanan, kemungkinan lereng mengalami kegagalan akan berkurang.

Faktor Penyebab Kelongsoran

Longsoran terjadi akibat dari beberapa faktor. Stabilitas lereng dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim, dan perubahan cuaca (Hardiyatmo, 2007). Faktor-faktor berikut adalah penyebab umum dari longsoran lereng alam:

1. Tambahan beban pada lereng
2. Pemotongan tanah pada kaki lereng
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng
4. Perubahan posisi muka air secara cepat
5. Kenaikan tekanan lateral oleh air
6. Gempa bumi atau getaran berlebihan
7. Penurunan tahanan geser tanah
8. Pembentukan lereng

Kestabilan lereng

Untuk memastikan lereng yang telah terbentuk mempunyai risiko longsor atau cukup stabil, analisis kestabilan lereng perlu dilakukan untuk meminimalisir risiko longsor. Menurut Rajagukguk et al. (2014) dengan bertambahnya tingkat kepastian untuk memprediksi ancaman longsor dapat bermanfaat untuk hal-hal sebagai berikut:

1. Memahami perkembangan dan bentuk lereng alami serta proses yang menyebabkan variasi bentuk-bentuk alam.
2. Menilai kestabilan lereng dalam jangka pendek, biasanya selama tahap konstruksi, serta dalam konteks jangka panjang.
3. Mengevaluasi kemungkinan terjadinya kelongsoran pada lereng alami atau buatan.
4. Menganalisis kelongsoran dan memahami mekanisme kesalahan serta dampak dari faktor lingkungan.
5. Merancang ulang lereng yang mengalami kegagalan, serta merencanakan dan mendesain langkah pencegahan, termasuk pengukuran ulang.
6. Mempelajari dampak atau pengaruh beban gempa terhadap lereng dan tanggul.

Abramson et al. (1996) mengatakan bahwa tujuan analisis stabilitas lereng adalah:

1. Mempelajari evolusi dan pembentukan lereng alami serta proses yang berlangsung dalam berbagai kondisi lingkungan
2. Menilai stabilitas lereng dalam kondisi jangka pendek dan jangka panjang
3. Mengidentifikasi potensi keruntuhan pada lereng alami maupun yang dibuat oleh manusia
4. Menganalisis dan memahami mekanisme keruntuhan serta faktor-faktor yang menyebabkannya

Faktor keamanan stabilitas lereng

Bentuk bidang keruntuhan dan faktor keamanan merupakan parameter yang dihasilkan dalam analisis stabilitas lereng. Menurut Bowles (1993), nilai faktor keamanan $\geq 1,25$ adalah desain yang umum diterima untuk memberikan perkiraan faktor keamanan dalam analisis stabilitas lereng.

Berdasarkan studi keruntuhan lereng, Bowles (1993) menyarankan faktor keamanan seperti pada Tabel 1.

Table 1. Faktor-faktor keamanan berdasarkan (Bowles, 1993)

Faktor Keamanan (SF)	Intensitas Keruntuhan
$F < 1.07$	Keruntuhan biasa terjadi (lereng labil)
$1.07 < F \leq 1.25$	Keruntuhan pernah terjadi (lereng kritis)
$F > 1.25$	Keruntuhan jarang terjadi (lereng relative stabil)

Sedangkan berdasarkan “Persyaratan Perancangan Geoteknik”, SNI 8460:2017 menyatakan faktor keamanan untuk lereng batuan yang stabil seperti di Tabel 2.

Table 2. Rekomendasi faktor keamanan berdasarkan (SNI 8460:2017)

Rekomendasi faktor keamanan	Kondisi Lereng Batuan
1.5	Kondisi Permanen
1.3	Kondisi Sementara

Retaining Wall

Retaining wall adalah struktur yang berfungsi untuk menstabilkan tanah miring agar tidak bergeser atau mengalami longsor. Dinding ini dirancang dengan kekuatan yang tinggi untuk menahan tanah secara efektif. Tanah yang ditahan seringkali memiliki pergerakan alami yang sulit dihentikan. Secara sederhana, *retaining wall* adalah dinding penahan yang mencegah terjadinya longsor. Biasanya tanah longsor disebabkan oleh kemiringan posisi tanah tersebut. Usaha untuk menjaga agar dinding penahan tanah tidak bergerak atau longsor akibat gaya gravitasi merupakan bagian penting dari desain dan pembangunan dinding penahan tanah. Selain itu, terdapat faktor alamiah lain yang dapat menyebabkan longsor, seperti gaya gravitasi yang menarik tanah ke bawah, curah hujan yang tinggi yang tidak dapat diserap oleh tanah, gempa bumi, erosi, letusan gunung berapi, serta lokasi di area patahan antara tanah yang tinggi dan rendah. *Retaining wall* atau dinding penahan tanah dapat ditemukan di wilayah dataran tinggi, seperti pegunungan atau perbukitan.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis perkuatan lereng pada Bagian C-C di Cluster 1 dengan membandingkan kemiringan lereng saat ini (1H:1.5V), lereng dengan kemiringan (1H:1V), dan lereng dengan kemiringan (1H:1V) yang diberikan perkuatan *Retaining Wall*. Analisis ini menggunakan aplikasi berbasis *finite element*, yaitu Plaxis 8.6 untuk meningkatkan faktor keamanan dan menciptakan lingkungan yang aman dalam jangka panjang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan perbedaan faktor keamanan dari 2 jenis kemiringan dan kemiringan yang diberikan perkuatan *retaining wall*.

2. METODE PENELITIAN

Software Plaxis 8.6 yang berbasis *finite element* digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis kestabilan lereng proyek "X". Penelitian dilakukan dalam langkah-langkah berikut, mulai dari persiapan hingga penarikan kesimpulan:

1. Persiapan dan Pengumpulan Data

Tahap pertama adalah mengumpulkan data dari *Soil Investigation Report* yang berada di lokasi proyek "X". Langkah ini bertujuan untuk memperoleh parameter tanah yang relevan (Table 3).

Table 3. Parameter tanah yang akan digunakan

Parameter	Simbol	Satuan	Depth (m)				
			0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 6.0	6.0 - 10.0	-
<i>Type of Soil</i>	-	-	Clay	Sand	Gravel	Andesite	Backfill
<i>Type of behavior</i>	-	-	Undrained	Drained	Drained	Undrained	Undrained
<i>Dry soil weight</i>	Yunsat	kN/m ³	12.5	16	17	18.3	12.5
<i>Wet soil weight</i>	Ysat	kN/m ³	17.4	17	18	19	17.4
<i>Horizontal permeability</i>	Kx	m/day	0.001	2	2	0.001	0.001
<i>Vertical permeability</i>	Ky	m/day	0.0005	1	1	0.0005	0.0005
<i>Young's modulus</i>	Eref	kN/m ³	17638	62647	68380	78488	17638
<i>Poisson's ratio</i>	v	-	0.35	0.3	0.25	0.25	0.35
<i>Cohesion</i>	Cref	kN/m ²	25	5	5	402	25
<i>Friction angle</i>	φ	deg	5	45	45	5	5
<i>Dilatancy angle</i>	ψ	deg	0	19	19	0	0

Data-data ini nantinya akan digunakan sebagai input parameter dalam permodelan lereng pada perangkat lunak Plaxis 8.6.

2. Studi Literatur

Penelitian ini juga didasarkan pada studi literatur yang relevan terkait stabilitas lereng. Literatur yang digunakan mencakup teori-teori dasar stabilitas lereng dan metode perkuatan lereng. Informasi yang didapat dari kajian literatur ini dijadikan landasan untuk melaksanakan analisis stabilitas lereng.

3. Pemodelan Lereng dengan Plaxis 8.6

Pemodelan lereng dilakukan dalam tiga kondisi sebagai berikut:

- **Pemodelan 1:**

Pemodelan pertama dilakukan pada lereng eksisting (*current slope*) dengan kemiringan 1H:1.5V. Kemiringan ini sudah ditentukan oleh pemilik proyek, dan tujuan dari pemodelan ini adalah untuk mengecek nilai faktor keamanan (SF) lereng eksisting.

- **Pemodelan 2:**

Pemodelan kedua dilakukan pada lereng dengan kemiringan 1H:1V. Tujuannya untuk mengetahui perbandingan nilai faktor keamanan pada kemiringan yang lebih curam dibandingkan kemiringan 1H:1.5V.

- **Pemodelan 3:**

Pemodelan terakhir dilakukan dengan kemiringan 1H:1V, namun pada skenario ini lereng diberikan perkuatan berupa *retaining wall*. Pemodelan ini bertujuan untuk mengecek perubahan nilai faktor keamanan setelah diberikan perkuatan.

Pada setiap permodelan, dilakukan simulasi hingga diperoleh nilai faktor keamanan yang digunakan sebagai dasar untuk analisis lebih lanjut.

4. Teknik Dalam Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan mencakup:

- Data primer: Parameter tanah dari *Soil Investigation Report* yang mencakup data lapangan dan data laboratorium.
- Data sekunder: Studi literatur terkait stabilitas lereng dan perkuatan lereng.

5. Prosedur Analisis

Analisis yang dilakukan meliputi:

- Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis 8.6 untuk menghitung faktor keamanan pada setiap skenario pemodelan.
- Perbandingan faktor keamanan: Setiap model lereng dibandingkan untuk melihat perbedaan stabilitas antara kemiringan yang berbeda serta dampak perkuatan *retaining wall*.
- Analisis kritis hasil simulasi: Hasil pemodelan dibandingkan dengan literatur yang ada untuk memastikan validitas hasil dan memberikan rekomendasi terkait desain lereng.

6. Teknik Analisis Data

Data dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis 8.6, di mana dilakukan simulasi tegangan-deformasi dan stabilitas lereng. Data yang dihasilkan berupa nilai faktor keamanan dan deformasi yang kemudian diinterpretasikan dalam bentuk tabel, grafik, serta diagram untuk memudahkan pemahaman.

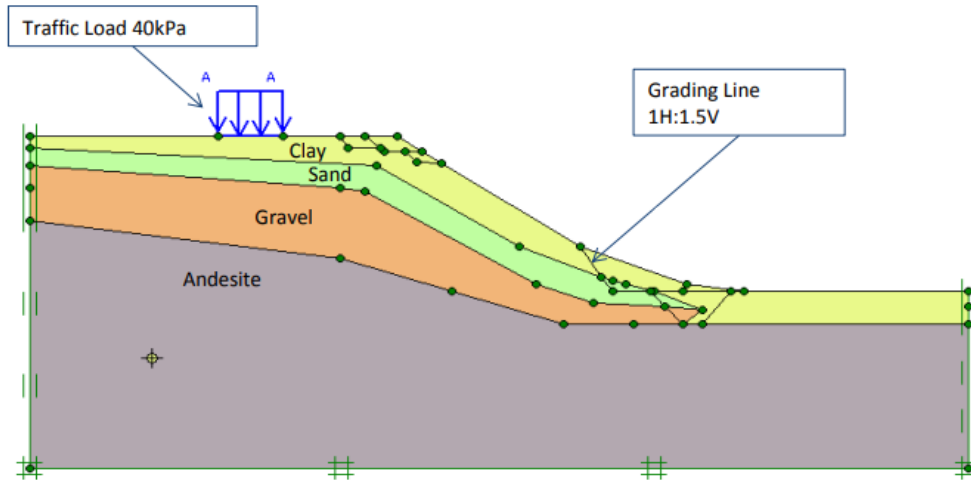
7. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis dari ketiga skenario pemodelan, kesimpulan diambil terkait stabilitas lereng pada kemiringan yang berbeda dan efektivitas perkuatan *retaining wall*. Kesimpulan ini kemudian dijadikan dasar untuk memberikan saran terkait desain lereng yang lebih stabil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

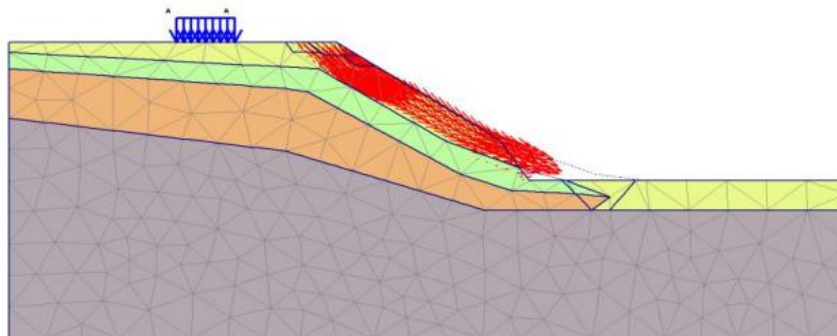
Prosedur stabilitas lereng dilakukan dengan beberapa tahapan dan dilakukan pengecekan terhadap *traffic load* sebesar 40 kPa seperti yang tertera pada *Instruction to Bidder*.

Step 0 Current Slope with Kemiringan 1H:1.5V

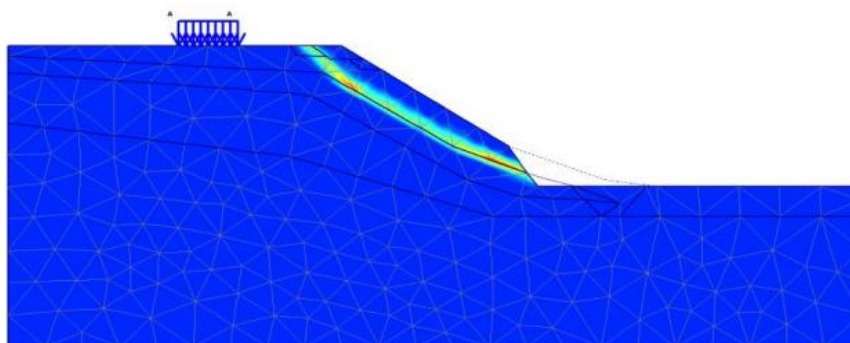


Gambar 1. Permodelan lereng asli dengan kemiringan 1H:1.5V

Dilakukan permodelan lereng asli yang sudah diberikan kemiringan 1H:1.5V seperti pada Gambar 1 oleh owner dan didapat *total displacements*, *incremental shear strains*, dan faktor keamanan sebagai berikut.



Gambar 2. *Total Displacement* lereng asli dengan kemiringan 1H:1.5V



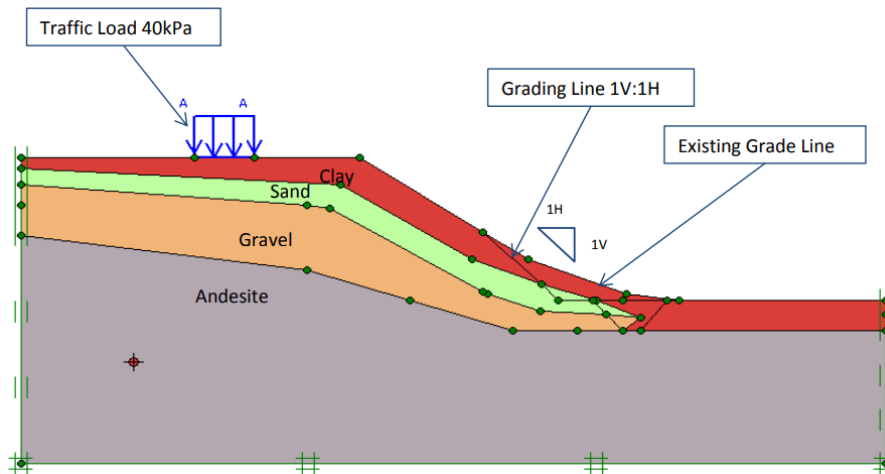
Gambar 3. *Incremental Shear Strains* lereng asli dengan kemiringan 1H:1.5V

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0.0000	Σ -Mdisp:	0.0000
MloadA:	0.0000	Σ -MloadA:	1.0000
MloadB:	0.0000	Σ -MloadB:	0.0000
Mweight:	0.0000	Σ -Mweight:	1.0000
Maccel:	0.0000	Σ -Maccel:	0.0000
Msf:	0.1000	Σ -Msf:	1.1760

Gambar 4. Faktor keamanan lereng asli dengan kemiringan 1H:1.5V

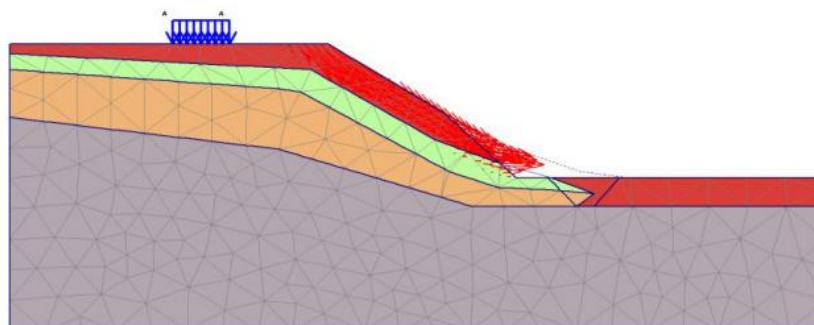
Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, dapat ditarik kesimpulan bahwa tipe kegagalan lereng yang terjadi adalah *local failure* pada bagian atas lereng. Kegagalan kelongsoran secara umum tidak terjadi karena tanah keras (lapisan andesit) ditemukan pada kedalaman 4m. Serta berdasarkan gambar 4 menunjukkan faktor keamanan sebesar 1.1760.

Step 1 Cutting Slope to 1H:1V

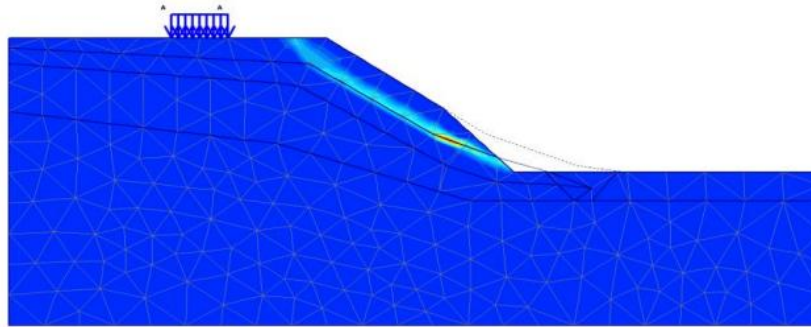


Gambar 5. Permodelan lereng dengan kemiringan 1H:1V

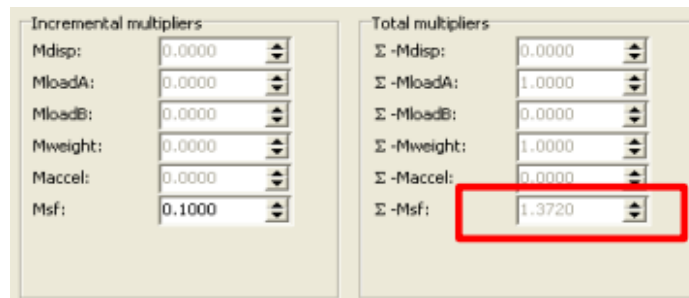
Berdasarkan hasil analisis pemodelan yang ditunjukkan pada Gambar 1, faktor keamanan yang diperoleh belum memenuhi syarat batas keamanan. Salah satu metode untuk meningkatkannya adalah dengan memotong lereng pada sudut 45° atau dengan kemiringan (1H:1V). Selanjutnya, dilakukan pemodelan lereng seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 untuk memperoleh *total displacements*, *incremental shear strains*, dan faktor keamanan.



Gambar 6. *Total Displacement* lereng dengan kemiringan 1H:1V



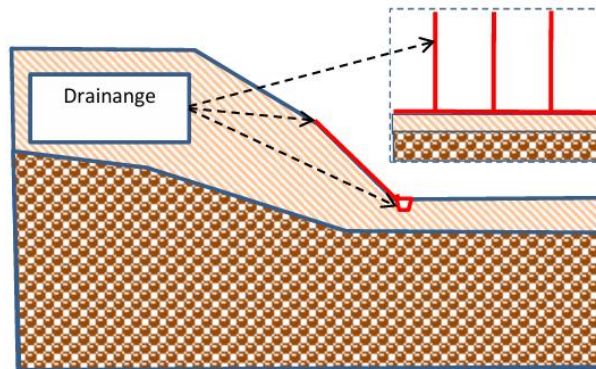
Gambar 7. Incremental Shear Strains lereng dengan kemiringan 1H:1V



Gambar 8. Faktor keamanan lereng dengan kemiringan 1H:1V

Berdasarkan analisis pada Gambar 6 dan Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa titik kritis terletak pada permukaan potongan lereng. Kondisi ini berpotensi menghasilkan ketidakstabilan jika terjadi gangguan. Oleh karena itu, diperlukan perkuatan tambahan untuk memindahkan titik kritis tersebut. Selain itu, Gambar 8 menunjukkan bahwa faktor keamanan yang diperoleh adalah 1,3720.

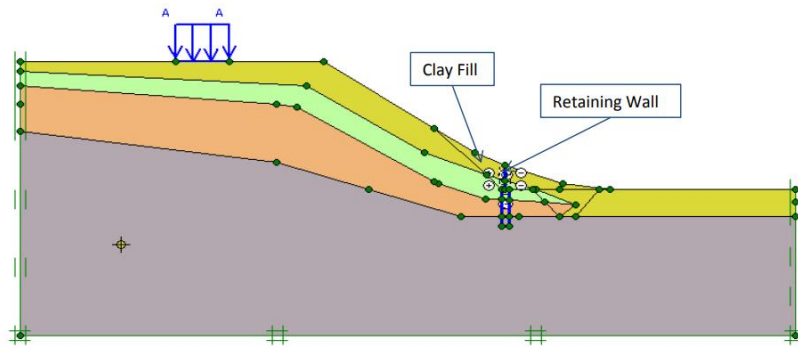
Step 2 Temporary Drainage System



Gambar 9. Permodelan temporary drainage system

Drainase sementara perlu disediakan dengan menggunakan pemodelan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, untuk mencegah terjadinya pergeseran permukaan setelah pelaksanaan pemotongan lereng dengan kemiringan 1H:1V.

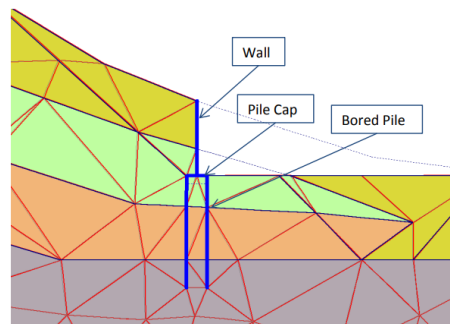
Step 3 Retaining Wall Construction



Gambar 10. Permodelan lereng dengan kemiringan 1H:1V & *Retaining Wall*

Berdasarkan hasil perhitungan lereng dengan kemiringan 1H:1V, faktor keamanan 1,37 tidak cukup untuk menjaga lereng tetap aman dalam jangka waktu yang lama. Perkuatan lereng perlu diperhitungkan. Dengan mempertimbangkan lokasi kritis bidang gelincir, maka metode yang sesuai untuk memperkuat lereng adalah dengan menggunakan *Retaining Wall*.

Pada Plaxis, struktur dinding penahan tanah dimodelkan sebagai material balok dengan properti material seperti Gambar 11.

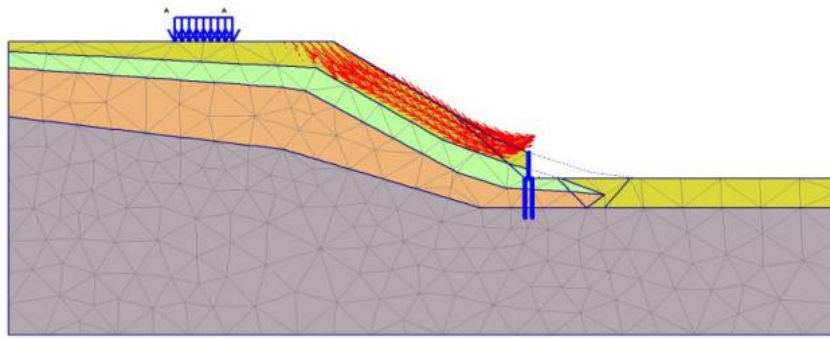


Gambar 11. *Retaining wall model*

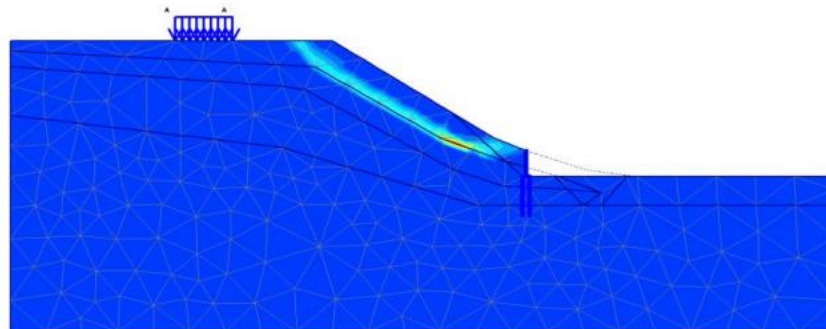
Table 4. Tabel properti material *retaining wall*

ID	Name	EA	EI	w	n
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m ²]	[-]
1	Wall	8000000	106666	9,6	0,3
2	Pilecap	20000000	1666666	24	0,3
3	Bored Pile	2792526	111701	5	0,3

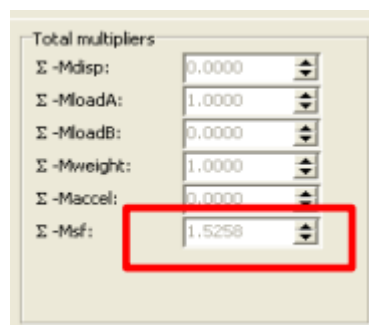
Selanjutnya, dilakukan pemodelan lereng seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dengan properti material seperti pada Tabel 4 untuk memperoleh *total displacements*, *incremental shear strains*, dan faktor keamanan:



Gambar 12. Total Displacement lereng dengan kemiringan 1H:1V & Retaining Wall



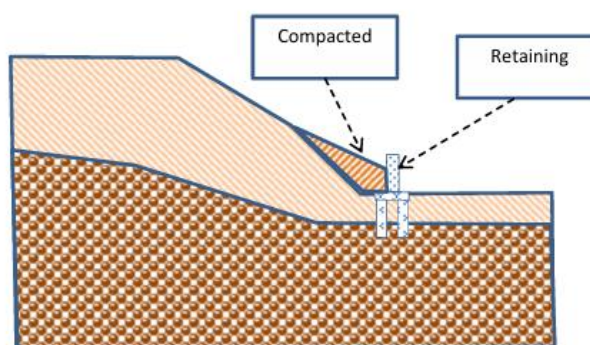
Gambar 13. Incremental Shear Strains lereng dengan kemiringan 1H:1V & Retaining Wall



Gambar 14. Faktor keamanan lereng dengan kemiringan 1H:1V & Retaining Wall

Berdasarkan gambar 13 dan gambar 14, dapat disimpulkan bahwa kegagalan lokal (*local failure*) dapat dicegah dengan penggunaan dinding penahan (*retaining wall*). Gambar 15 menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan meningkat menjadi 1,5258 setelah penerapan kekuatan *retaining wall*.

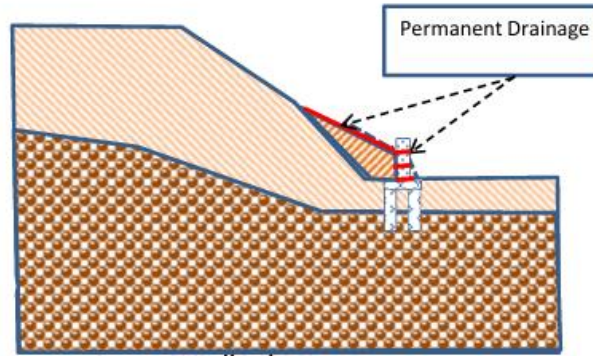
Step 4 Backfilling Work



Gambar 15. Backfilling work

Dalam prosedur stabilitas lereng, tahap *backfilling* (Gambar 16) merupakan langkah penting setelah pembangunan dinding penahan (*retaining wall*). Tujuan dari pekerjaan ini adalah mengisi kembali area di belakang dinding penahan dengan material yang tepat, guna memastikan dinding penahan dan lereng itu sendiri tetap stabil.

Step 5 Permanent Drainage System



Gambar 16. *Permanent drainage system*

Tahap *permanent drainage system* (Gambar 17) dalam prosedur stabilitas lereng dilakukan setelah pembangunan dinding penahan (*retaining wall*) dan pekerjaan *backfilling*. Tahap dari tahap ini adalah untuk mengendalikan aliran air dari hujan, rembesan, atau air tanah, sehingga tidak terjadi penumpukan air di belakang dinding penahan atau di dalam lereng. Penumpukan air dapat meningkatkan tekanan hidrostatik dan tekanan air pori, yang berpotensi menyebabkan kegagalan struktur atau kelongsoran lereng. Dengan penerapan sistem drainase yang efektif, risiko erosi tanah dan penurunan kekuatan tanah akibat air dapat diminimalisir, sehingga menjaga stabilitas jangka panjang lereng dan dinding penahan.

Table 5. Perbandingan faktor keamanan

Metode Stabilisasi Kemiringan	Faktor keamanan	Keterangan
Kemiringan 1H : 1.5V	1.176	Tidak memadai
Kemiringan 1H : 1V	1.372	Memadai untuk sementara
<i>Retaining Wall</i>	1.5258	Memadai untuk permanen

Berdasarkan Tabel 5, analisis perbandingan faktor keamanan menunjukkan bahwa berbagai metode stabilisasi memberikan tingkat keamanan yang berbeda. Pada kemiringan 1H:1.5V, memberikan faktor keamanan sebesar 1.176, yang dinilai tidak memadai untuk stabilitas lereng. Kemiringan lereng 1H:1V meningkatkan faktor keamanan menjadi 1.372, yang cukup memadai untuk penggunaan sementara. Namun, kemiringan 1H:1V yang diberikan perkuatan *retaining wall* memberikan faktor keamanan tertinggi, yaitu 1.5258, yang dinilai memadai untuk stabilitas lereng jangka panjang dan permanen.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Kemiringan *current slope* 1H:1.5V akan runtuh karena kondisi yang tidak pasti. Hujan deras dapat menyebabkan lereng longsor, dan kemungkinan longsor akan meningkat jika sistem pengendalian erosi dan drainase tidak disediakan dengan baik.
2. Kemiringan *slope* pada sudut 1H:1V memberikan faktor keamanan 1.377. Nilai ini menunjukkan bahwa faktor keamanan yang baik dapat dicapai. Tetapi faktor keamanan ini berlaku hanya untuk jangka waktu yang singkat. Pekerjaan tambahan perlu dilakukan untuk meningkatkan faktor keamanan yang dapat memberikan lingkungan yang aman dalam jangka waktu yang lama. *Retaining wall* digunakan sebagai perkuatan lereng.
3. Dinding Penahan Tanah diperlukan untuk memperkuat lereng untuk mencapai faktor keamanan minimum yang diperlukan (SF 1.5 untuk jangka panjang). Untuk tahap konstruksi, SF minimum 1.25 diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (1993). *Slope stability and stabilization methods*. John Wiley & Sons.
- Bowles, J.E. (1993). *Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah (mekanika tanah) edisi kedua*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M., 1985. *Principles of geotechnical engineering*, 3rd ed. Carbondale, Southern Illinois University, PWS Publishing Company, Boston.
- Endayanti, M., Mahara, W., & Dakhi, A. (2023). Analisa tegangan geser di Lereng Gunung Salak Kabupaten Bener Meriah Provinsi Aceh. *Impression: Jurnal Teknologi Dan Informasi*, 2(1), 43–52.
- Fachrurrozi, A., Rochim, A., & Mudyono, R. (2022). Analisis stabilisasi lereng dengan pendekatan value engineering. *JITEK (Jurnal Ilmiah Teknosains)*, 8(1/Mei), 14–23.
- Hardiyatmo. H.C., 2007. *Mekanika Tanah 2*, Yogyakarta: UGM Press.
- Menudi, L., Lakawa, I., Sufrianto, S., & Ilham, V. A. (2022). Analysis of national road slope risk level based on geographic information system. *Sultra Civil Engineering Journal*, 3(2), 95–102.
- 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), 22-28.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik (SNI 8460:2017)*. <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Sungkar, M., & Munirwan, R. P. (2020). Analisis stabilitas lereng dengan metode bishop dan perkuatan sheet pile. *Journal of The Civil Engineering Student*, 2(3), 309–315.
- Team, G. (2022, November 29). Retaining wall adalah dinding anti longsor, kenali fungsi dan cara pembuatannya. *Tetrasa Geosinindo*. <https://www.geosinindo.co.id/post/retaining-wall-adalah-dinding-anti-longsor-kenali-fungsi-dan-cara-pembuatannya>
- Tugo, L. J., & Okto, A. (2024). Analisis stabilitas lereng jalan di Kecamatan Wolasi Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 6(01), 62–73.

