

## Faktor Keamanan Lereng Keseluruhan Menggunakan Program Rocscience-Slide2 pada Penambangan Nikel di PT Vale Indonesia Tbk

*Abdul Salam Munir<sup>1,3\*</sup>, Renaldhy Setiawan<sup>1</sup>, Habibie Anwar<sup>1</sup>, Sahrul Poalahi Salu<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Indonesia

<sup>3</sup>Laboratorium Mekanika Batuan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

\*Email: [salammunir@umi.ac.id](mailto:salammunir@umi.ac.id)

### SARI

Nilai faktor keamanan (FK) merupakan parameter penentuan geometri lereng yang aman diterapkan dengan berbagai metode perhitungan dan program komputer yang cepat dan dapat diandalkan dengan keunggulannya masing-masing. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan Rocscience-Slide2 dalam penentuan geometri lereng keseluruhan yang aman berdasarkan nilai FK. Perhitungan nilai FK menerapkan metode *Bishop Simplified* pada beberapa simulasi tinggi dan kemiringan lereng, sedangkan lebar jentang tidak berubah, yakni 7 meter. Propertis material didapatkan dari pengujian laboratorium pada sampel pengeboran di beberapa area penambangan, yakni area R19, R26, R29, dan R31 yang fokus hanya pada material limonit dan saprolit. Kriteria keamanan lereng didasarkan pada Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 dengan FK minimal statis 1,3 dan keparahan longsor menengah pada lereng keseluruhan. Pemodelan area R19 dengan 6 simulasi geometri menghasilkan geometri lereng maksimal: tinggi 10 m dan kemiringan 45° dengan nilai FK 1,36. Pemodelan area R26 dengan 5 simulasi menghasilkan geometri lereng maksimal: tinggi 7 m dan kemiringan 55° dengan nilai FK 1,34. Pemodelan area R29 dengan 8 simulasi menghasilkan geometri lereng maksimal: tinggi 10 m dan kemiringan 50° dengan nilai FK 1,37. Pemodelan area R31 dengan 8 simulasi menghasilkan geometri lereng maksimal: tinggi 10 m dan kemiringan 50° dengan nilai FK 1,43. Berdasarkan penggunaan program komputer Rocscience-Slide2 maka diperoleh FK dan geometri yang aman diterapkan dan pada area R19 tidak direkomendasikan penerapan tinggi 10 m dengan kemiringan lereng 50° dan area R26 tidak direkomendasikan penerapan tinggi 7 m dengan kemiringan lereng 60° dan tinggi 10 m dengan kemiringan lereng 45° karena FK yang didapatkan kurang dari kriteria yang ditetapkan, hal ini berbeda dengan area R29 dan R31.

**Kata kunci:** Faktor Keamanan; Rocscience-Slide2; Geometri Lereng; Penambangan Nikel.

**How to Cite:** Munir, A.S., Setiawan, R., Anwar, H., Salu, S.P., 2024. Faktor Keamanan Lereng Keseluruhan Menggunakan Program Rocscience-Slide2 pada Penambangan Nikel di PT Vale Indonesia Tbk. Jurnal Geomine, 12 (1): 88 - 98

**Published By:**

Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Muslim Indonesia

**Address:**

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05  
Makassar, Sulawesi Selatan

**Email:**

[geomine@umi.ac.id](mailto:geomine@umi.ac.id)

**Article History:**

Submit January 5, 2024  
Received in from March 20, 2024  
Accepted April 20, 2024  
Available online

**Lisensec By:**

[Creative Commons Attribution-  
ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)





### ABSTRACT

*The factor of safety (FoS) value is a parameter for determining the safety slope geometry applied by various calculation methods and computer programs that are quick and reliable with their respective advantages. This research was carried out to assess the use of Rocscience-Slide2 in determining the overall safety slope geometry based on FoS values. The FoS value calculation applies the Bishop Simplified method to several simulation of height and slope angle, while the slope width does not change, which is 7 meters. Material properties were obtained from laboratory testing on geotechnical drilling samples in several mining areas, namely areas R19, R26, R29, and R31, which focused only on limonite and saprolite materials. The safety criteria of the slope are based on the Minister of Energy and Mineral Resources Decree No. 1827 K/30/MEM/2018 with a minimum static FoS of 1.3 and medium landslide severity on the overall slope. The modeling of area R19 with 6 geometry simulation resulted in the maximum slope geometry: 10 m height and 45° slope angle with FoS value of 1.36. The modeling of area R26 with 5 simulation resulted in the maximum slope geometry: 7 m height and 55° slope angle with FoS value of 1.34. The modeling of area R29 with 8 simulation resulted in the maximum slope geometry: 10 m high and 50° slope angle with an FoS value of 1.37. The modeling of area R31 with 8 simulation resulted in the maximum slope geometry: 10 m height and 50° slope angle with an FoS value of 1.43. Based on the use of the Rocscience-Slide2 computer program, the FoS and geometry obtained are safe to apply and in area R19, it is not recommended to apply 10 m height with 50° slope angle and in area R26 it is not recommended to apply 7 m height with 60° slope angle and 10 m height with 45° slope angle because the FoS obtained is less than the criteria set, this is different from areas R29 and R31.*

**Keywords:** Design; Slope stability; Safety factor; Morgenstern-price.

### PENDAHULUAN

Kajian geoteknik seperti penyelidikan lapangan geoteknik, inventarisasi data geoteknik, analisis kemantapan lereng, dan pemantauan lereng sangat penting dilakukan, baik sebelum kegiatan penambangan dimulai, saat kegiatan penambangan berlangsung, hingga penambangan selesai dilakukan dengan pemantauan lereng untuk memastikan kondisi lereng tetap stabil dan apabila lereng dalam kondisi tidak stabil maka penanganan lereng dapat direncanakan dan dimitigasi dengan baik sehingga potensi gerakan massa tanah dan atau batuan dapat dikontrol dan diberikan solusi agar tidak menimbulkan kerugian. Ketidakmantapan lereng berpotensi terjadi pada saat penambangan berlangsung yang menimbulkan risiko terhadap keselamatan kerja (Salu dkk., 2023), keberlangsungan produksi (Putrilia dkk., 2022), akses jalan (Munir dkk., 2021), keamanan peralatan, dan dampak lingkungan (Munir, 2018).

Analisis kemantapan atau kestabilan dilakukan untuk menilai lereng dalam kondisi aman atau tidak, baik sebelum maupun saat rekayasa lereng dilaksanakan, seperti kegiatan penambangan. Analisis kestabilan lereng mengeluarkan nilai faktor keamanan dan probabilitas longsor yang akan disesuaikan pada standar atau kriteria pada beberapa jenis lereng, keparahan longsor, faktor keamanan statis, faktor keamanan dinamis, dan probabilitas longsor menurut Keputusan Menteri ESDM RI No. 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik (Kementerian ESDM RI, 2018). Analisis kemantapan lereng dilakukan dengan memasukkan material propertis yang merupakan sifat fisik dan sifat mekanik tanah atau batuan dan melakukan *trial and error* dengan mengubah berbagai simulasi geometri lereng hingga didapatkan nilai faktor keamanan yang sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Nilai faktor keamanan (FK) merupakan salah satu parameter dalam menentukan geometri lereng selain probabilitas longsor (Karim dkk., 2021) yang aman diterapkan dengan

berbagai metode perhitungan atau pendekatan (Sompie, 2011) dan program komputer yang sangat membantu dalam menghitung nilai FK yang cepat dan dapat diandalkan dengan keunggulannya masing-masing sehingga kegagalan lereng dapat dimitigasi atau diberikan rekomendasi terbaik. Material propertis yang dimasukkan dalam program komputer akan berbeda antara lereng alamiah dengan lereng timbunan atau disposal (Wahyuni dkk., 2021). Beberapa metode dalam menganalisis kestabilan lereng dengan nilai faktor keamanan, yakni Fellenius (Pangestu, 2022), Bishop yang Disederhanakan (*Bishop Simplified*) (Ji dkk., 2020), Janbu yang Disederhanakan (Aprilia & Indrawan, 2015), Spencer (Wu dkk., 2019), dan Morgenstern-Price (Sun dkk., 2016). Metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode yang banyak digunakan dalam analisis stabilitas lereng dengan waktu perhitungan lebih cepat dan akurat (Azmoon dkk., 2021).

Lereng pada penambangan nikel harus menerapkan geometri yang aman berdasarkan hasil perhitungan faktor keamanan untuk kelancaran aktivitas di lereng penambangan PT Vale Indonesia Tbk dengan menggunakan metode Bishop yang disederhanakan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan program komputer Rocscience-Slide2 dalam menentukan geometri lereng keseluruhan pada penambangan nikel laterit di PT Vale Indonesia Tbk.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Vale Indonesia Tbk yang berlokasi di Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan data material propertis dari pengujian sampel beberapa lokasi pengeboran geoteknik pada empat area penambangan, yakni R19, R26, R29, dan R31. Pengujian sifat fisik sampel pengeboran geoteknik menghasilkan nilai *unit weight* dan pengujian sifat mekanik menghasilkan nilai sudut gesek dalam dan kohesi pada material limonit dan saprolit. Nilai sudut gesek dalam dan kohesi material salah satunya dipengaruhi oleh kekasaran permukaan geser yang berbanding lurus dengan kekuatan geser batuan (Martireni & Munir, 2023). Nilai-nilai hasil pengujian laboratorium diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai yang akan dimasukkan ke dalam program Rocscience-Slide2. Tabel 1 merupakan material propertis yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 1.** Material Propertis pada Limonit dan Saprolit

Area	Jenis Material	<i>Unit Weight</i> (kN/m <sup>3</sup> )	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kPa)
R19	Limonite	17,81	29,17	19,61
	Saprolite	15,51	17,96	37,09
R26	Limonite	17,08	20,77	29,97
	Saprolite	16,14	17,96	37,09
R29	Limonite	16,92	26,81	19,85
	Saprolite	15,16	25,20	13,53
R31	Limonite	16,32	26,82	19,28
	Saprolite	16,35	26,06	15,69

Ketebalan material pada beberapa area berbeda-beda, sehingga untuk penentuan ketebalan material dilihat atau ditentukan berdasarkan data *borlog* pengeboran geoteknik. Penentuan ketebalan setiap jenis material dengan melihat nama *borehole* yang mempunyai ketebalan limonit paling tinggi, begitu pula pada jenis material saprolit. Ketebalan ini akan menentukan ketebalan setiap lapisan jenis material di pada pemodelan di program Rocscience-Slide2. Tabel 2 menunjukkan ketebalan masing-masing material limonit dan saprolit pada empat area penambangan yang telah dilakukan pengeboran geoteknik.



**Tabel 2.** Ketebalan Material Limonit dan Saprolit pada Empat Area

Area	Jenis Material	Ketebalan Material (m)
R19	Limonite	21
	Saprolite	29
R26	Limonite	15
	Saprolite	53
R29	Limonite	9
	Saprolite	13
R31	Limonite	8
	Saprolite	12

Pemodelan geometri lereng menggunakan program Rocscience-Slide2 dilakukan tanpa melihat pengaruh beban yang ada pada lereng dan kondisi muka air tanah dalam kondisi tanpa keterdapatan air tanah. Perhitungan faktor keamanan dilakukan dengan memodelkan beberapa simulasi geometri pada tinggi dan kemiringan lereng dengan lebar jenjang tetap, yakni 7 meter. Tinggi lereng yang digunakan yaitu 7 meter dan 10 meter untuk semua area. Kemiringan lereng untuk area R19 dan R16 yaitu  $45^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan interval 5. Kemudian kemiringan lereng untuk R29 dan R31 yaitu  $35^{\circ}$ - $50^{\circ}$  dengan interval 5.

**Tabel 3.** Simulasi Geometri Lereng pada Area R19 dan R26

No. Simulasi	Tinggi Lereng (m)	Lebar Jenjang (m)	Kemiringan Lereng ( $^{\circ}$ )
1.	7	7	45
2.	7	7	50
3.	7	7	55
4.	7	7	60
5.	10	7	45
6.	10	7	50
7.	10	7	55
8.	10	7	60

**Tabel 4.** Simulasi Geometri Lereng pada Area R29 dan R31

No. Simulasi	Tinggi Lereng (m)	Lebar Jenjang (m)	Kemiringan Lereng ( $^{\circ}$ )
1.	7	7	35
2.	7	7	40
3.	7	7	45
4.	7	7	50
5.	10	7	35
6.	10	7	40
7.	10	7	45
8.	10	7	50

Simulasi tinggi dan kemiringan lereng ditentukan dari geometri landai sampai terjal kemudian pemodelan akan menghitung kesesuaian antara geometri dengan material propertis hingga program mengeluarkan nilai faktor keamanan setiap simulasi geometri yang ditentukan. Nilai faktor keamanan tersebut akan dibandingkan dengan kriteria keamanan lereng yang digunakan sehingga geometri dikategorikan aman untuk diterapkan pada lereng penambangan. Tabel 3 menunjukkan simulasi geometri lereng pada area R19 dan R26, sedangkan Tabel 4 menunjukkan simulasi geometri lereng pada area R29 dan R31.

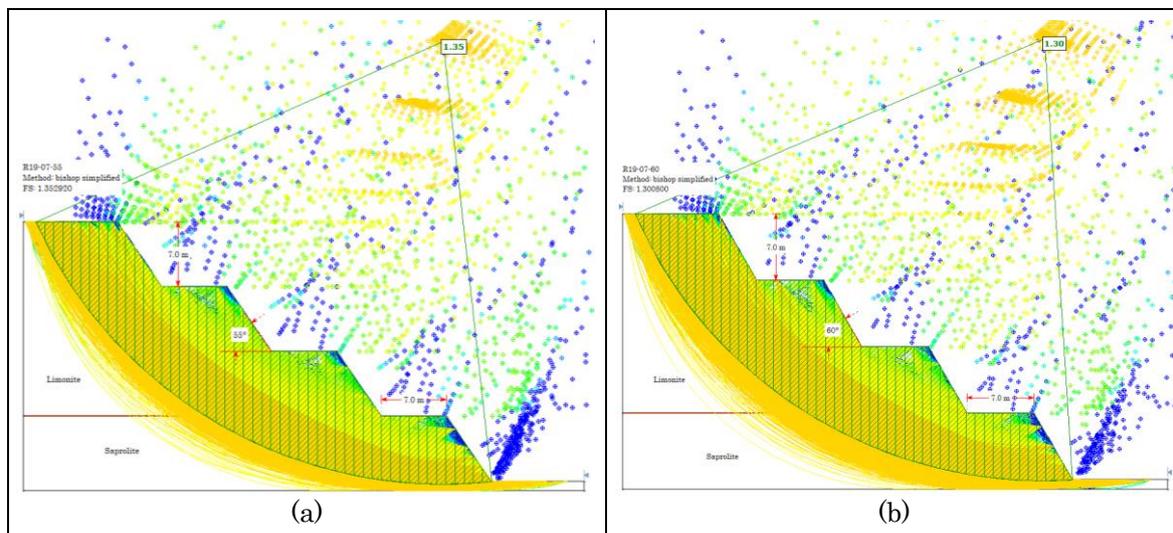


## HASIL PENELITIAN

Pemodelan yang telah dilakukan menghasilkan model lereng dan nilai faktor keamanan lereng keseluruhan (*overall slope*) pada empat area yang diteliti, yakni area R19, area R26, area R29, dan area R31 dengan berbagai simulasi geometri lereng. Pada hasil penelitian ini, tidak semua model geometri ditampilkan tetapi setiap area yang diwakili oleh geometri paling landai dengan faktor keamanan tinggi dan geometri paling curam dengan faktor keamanan rendah. Berikut hasil pemodelan geometri lereng dan faktor keamanan pada empat area penelitian geoteknik di lereng penambangan PT Vale Indonesia Tbk.

### 1. Area R19

Model geometri lereng pada Gambar 1(a) menunjukkan geometri lereng keseluruhan, yakni tinggi 7 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan lereng  $55^\circ$  dengan ketebalan material limonit 21 meter dan ketebalan material saprolit 29 meter. Pemodelan kestabilan lereng keseluruhan pada Gambar 1(a) menghasilkan faktor keamanan, yaitu 1,35 yang menandakan bahwa geometri lereng keseluruhan dengan tinggi 7 meter, lebar jenjang 7 meter dan kemiringan  $55^\circ$  masih stabil atau aman jika dilakukan rekayasa lereng. Gambar 1(b) menunjukkan tinggi lereng dan lebar jenjang yang sama tetapi sudut kemiringannya dinaikkan menjadi  $60^\circ$ , maka nilai faktor keamanan yang dihasilkan yaitu 1,30 yang menandakan dengan tinggi 7 meter, lebar jenjang 7 meter, dan sudut kemiringan  $60^\circ$  juga stabil jika dilakukan rekayasa lereng akan tetapi nilai ini berada pada nilai ambang batas minimal sesuai dengan kriteria yang ditetapkan, yakni 1,3.

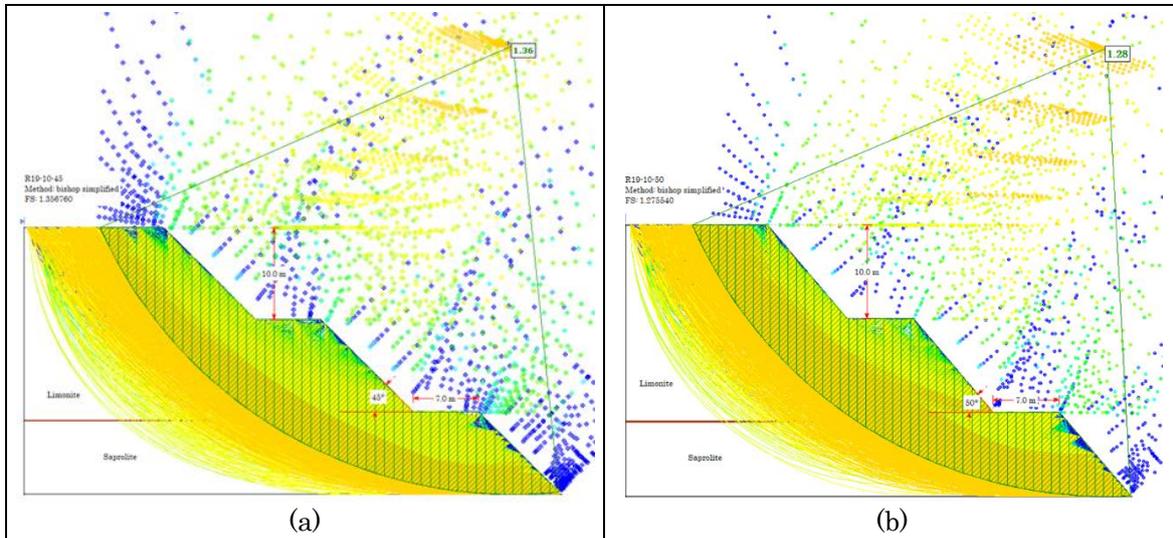


**Gambar 1.** Pemodelan Kestabilan Lereng Area R19 (a) Simulasi 1 dan (b) Simulasi 2

Model geometri lereng pada Gambar 2(a) menunjukkan geometri lereng keseluruhan, yakni tinggi 10 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan  $45^\circ$  dengan ketebalan material limonit 21 meter dan ketebalan material saprolite 29 meter. Pemodelan kestabilan lereng keseluruhan pada Gambar 2(a) menghasilkan faktor keamanan, yaitu 1,36 yang menandakan bahwa geometri lereng dengan tinggi 10 meter, lebar jenjang 7 meter dan kemiringan  $45^\circ$  dapat diterapkan pada saat rekayasa lereng karena sesuai dengan kriteria faktor keamanan yang stabil. Gambar 2(b) menunjukkan tinggi lereng dan lebar jenjang yang sama tetapi kemiringan lebih terjal dengan interval  $5^\circ$ , yakni menjadi  $50^\circ$ . Nilai faktor keamanan yang dihasilkan dari pemodelan geometri lereng keseluruhan, yaitu 1,28 yang menandakan dengan tinggi 10 meter, lebar jenjang 7 meter, dan sudut kemiringan  $50^\circ$  tidak dapat diterapkan saat



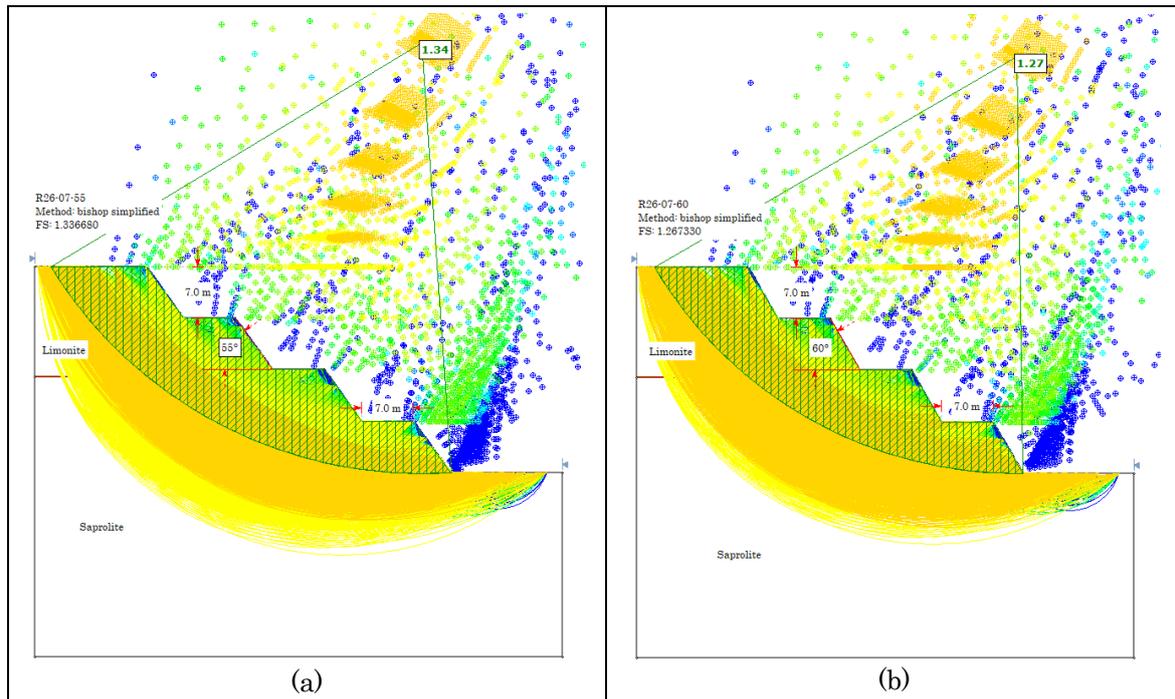
rekayasa lereng penambangan karena nilai faktor keamanannya berada di bawah ambang batas kriteria atau geometri tersebut tidak aman atau stabil.



**Gambar 2.** Pemodelan Kestabilan Lereng Area R19 (a) Simulasi 3 dan (b) Simulasi 4

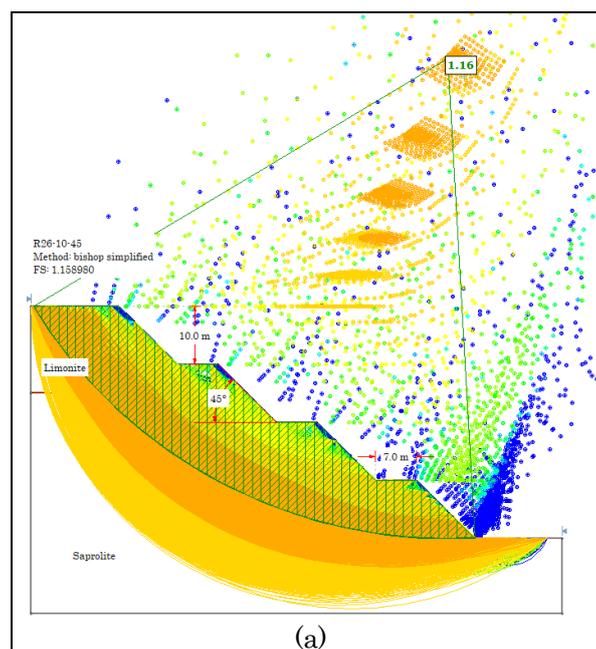
## 2. Area R26

Pemodelan geometri lereng pada area R26 menggunakan simulasi geometri keseluruhan yang sama dengan area R19 yang ditunjukkan oleh Gambar 3(a) dengan geometri lereng keseluruhan, yakni tinggi 7 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan  $55^\circ$  dengan ketebalan material limonit 15 meter dan ketebalan jenis material saprolit 53 meter. Berdasarkan analisis kestabilan lereng pada simulasi geometri lereng keseluruhan tersebut, faktor keamanan yang diperoleh, yaitu 1,34 yang menandakan bahwa geometri lereng dengan tinggi 7 meter, lebar jenjang 7 meter dan kemiringan  $55^\circ$  dalam kondisi stabil jika rekayasa lereng pada area R26. Gambar 3(b) menunjukkan hasil analisis kestabilan lereng dengan tinggi lereng dan lebar jenjang yang sama, tetapi kemiringan lereng diubah menjadi  $60^\circ$ . Nilai faktor keamanan yang dihasilkan pada simulasi tersebut, yaitu 1,27 yang tidak sesuai dengan kriteria minimum faktor keamanan sehingga tidak aman diterapkan pada lereng penambangan.



**Gambar 3.** Pemodelan Kestabilan Lereng Area R26 (a) Simulasi 3 dan (b) Simulasi 4

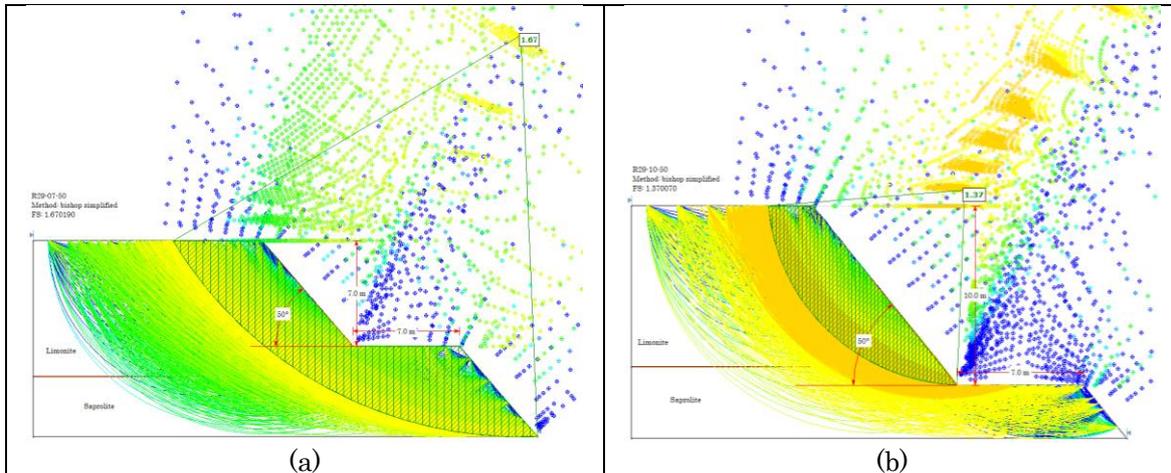
Simulasi geometri lereng keseluruhan pada area R26 juga dilakukan pada tinggi lereng 10 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan lereng 45° dengan ketebalan material limonit 15 meter dan ketebalan material saprolit 53 meter yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Hasil simulasi geometri keseluruhan dengan bantuan program Rocscience-Slide2 menghasilkan nilai faktor keamanan, yaitu 1,16. Nilai ini menunjukkan bahwa penerapan geometri keseluruhan tersebut tidak aman atau tidak stabil karena berada di bawah kriteria minimum. Hal ini juga menunjukkan bahwa penerapan tinggi lereng 10 meter di area R26 tidak aman pada kemiringan 45°, apalagi pada kemiringan lebih dari 45°.



**Gambar 4.** Pemodelan Kestabilan Lereng Area R26 Simulasi 5



### 3. Area R29

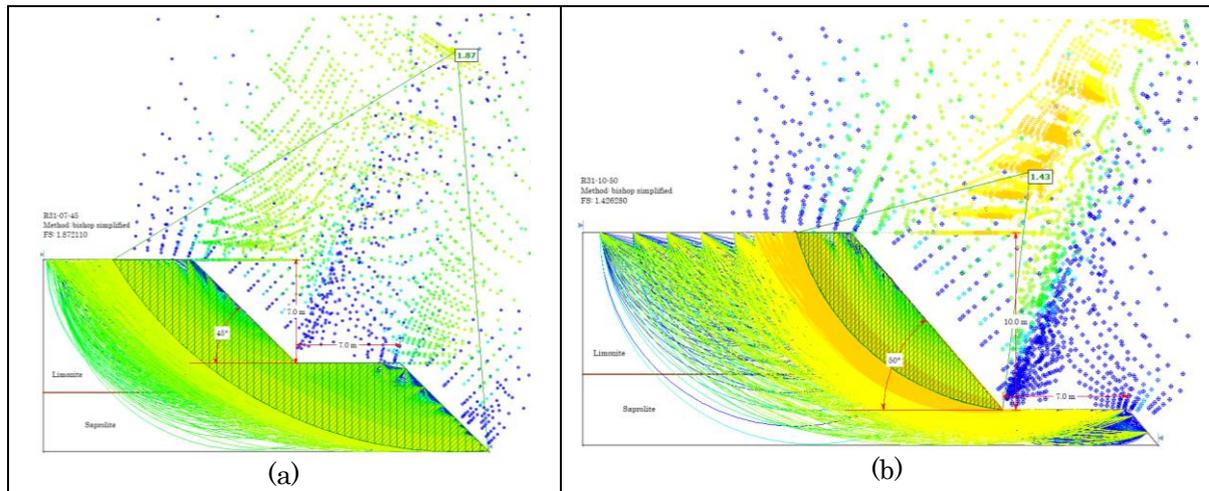


**Gambar 5.** Pemodelan Kestabilan Lereng Area R26 (a) Simulasi 4 dan (b) Simulasi 8

Desain geometri lereng keseluruhan pada area R29 ditunjukkan oleh Gambar 5(a) dengan tinggi 7 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan  $50^\circ$  dengan ketebalan material limonit 9 meter dan ketebalan material saprolite 13 meter. Desain geometri lereng tersebut disimulasikan pada program Rocscience-Slide2 kemudian diperoleh nilai faktor keamanan, yaitu 1,67 yang menunjukkan bahwa rekayasa lereng penambangan dapat menerapkan desain geometri lereng tersebut. Desain geometri lereng pada area R29 dilakukan juga dengan simulasi pada tinggi lereng 10 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan  $50^\circ$  dengan ketebalan material limonit 9 meter dan ketebalan material saprolit 13 meter yang ditunjukkan oleh Gambar 5(b). Simulasi geometri lereng tersebut menghasilkan nilai faktor keamanan, yakni 1,37 yang memenuhi syarat batas minimal lereng aman sesuai dengan kriteria sehingga geometri tersebut dapat diterapkan pada pembuatan lereng penambangan di area R29.

### 4. Area R31

Pemodelan geometri lereng pada area R31 ditunjukkan oleh Gambar 6(a) dengan tinggi 7 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan  $45^\circ$  dengan ketebalan material limonit 8 meter dan ketebalan material saprolit 12 meter. Hasil pemodelan geometri tersebut menunjukkan nilai faktor keamanan 1,87 yang berarti tinggi lereng 7 meter dan kemiringan lereng  $45^\circ$  dapat diterapkan pada area R31. Gambar 6(b) menunjukkan pemodelan geometri lereng dengan tinggi 10 meter, lebar jenjang 7 meter, dan kemiringan  $50^\circ$  dengan ketebalan material limonit 9 meter dan ketebalan material saprolit 13 meter. Pemodelan geometri lereng tersebut menghasilkan nilai faktor keamanan 1,43 yang menandakan bahwa pembuatan atau rekayasa lereng pada area R31 dapat menerapkan rekomendasi geometri lereng tersebut.



**Gambar 6.** Pemodelan Kestabilan Lereng Area R26 (a) Simulasi 3 dan (b) Simulasi 8

#### Rekapitulasi Simulasi Geometri dan Faktor Keamanan Lereng

Nilai faktor keamanan lereng yang dihasilkan dari simulasi beberapa geometri lereng menjadi parameter dalam menentukan atau menilai kondisi lereng yang stabil atau tidak stabil dengan membandingkan nilai tersebut dengan kriteria minimum keamanan lereng yang dalam penelitian ini didasarkan pada Keputusan Menteri ESDM RI No. 1827 K/30/MEM/2018 yang harus mempertimbangkan sifat fisik dan mekanik material, jenis lereng, keparahan longsor, kriteria yang dapat diterima, dan sistem penambangan.

Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi simulasi geometri dan masing-masing faktor keamanan lerengnya pada empat area pengeboran geoteknik yang telah dilakukan untuk keperluan penambangan nikel laterit. Area R19 dan R26, pada geometri lereng dengan tinggi 7 meter menghasilkan nilai faktor keamanan yang hampir tidak jauh berbeda dan kedua area tersebut menunjukkan potensi ketidakstabilan lereng pada simulasi kemiringan 60°. Namun analisis kestabilan lereng dengan tinggi 10 meter, area R19 masih stabil pada kemiringan 45° dengan faktor keamanan 1,36 dan menunjukkan ketidakstabilan pada kemiringan 50° dengan faktor keamanan 1,28. Area R26 pada simulasi tinggi 10 meter dengan kemiringan 45° menunjukkan kondisi lereng tidak stabil dengan faktor keamanan 1,16 yang jauh di bawah kriteria minimal keamanan lereng. Area R29 dan R31 menunjukkan potensi kestabilan lereng pada simulasi geometri, yakni tinggi 7 meter dan 10 meter dengan kemiringan 35°-50° pada interval masing-masing 5°.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Simulasi Geometri dan Faktor Keamanan Lereng

Area	Simulasi Geometri Lereng			Faktor Keamanan
	Tinggi (m)	Lebar Jenjang (m)	Kemiringan (°)	
R19	7	7	45	1,50
	7	7	50	1,43
	7	7	55	1,35
	7	7	60	1,30
	10	7	45	1,36
	10	7	50	1,28
R26	7	7	45	1,47
	7	7	50	1,40
	7	7	55	1,34
	7	7	60	1,27



	10	7	45	1,16
	7	7	35	2,03
	7	7	40	1,85
	7	7	45	1,76
	7	7	50	1,67
R29	10	7	35	1,74
	10	7	40	1,63
	10	7	45	1,51
	10	7	50	1,37
	7	7	35	2,18
	7	7	40	2,08
	7	7	45	1,87
	7	7	50	1,84
R31	10	7	35	1,81
	10	7	40	1,67
	10	7	45	1,53
	10	7	50	1,43

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan faktor keamanan lereng keseluruhan menggunakan program Rocscience-Slide2 pada penambangan Nikel laterit pada PT Vale Indonesia Tbk, maka dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan yang dihasilkan oleh program komputer berbeda-beda bergantung pada geometri lereng dan material propertisnya. Lereng pada area R19 tidak direkomendasikan penerapan tinggi 10 m dengan kemiringan lereng 50°, sedangkan pada area R26 tidak direkomendasikan penerapan tinggi 7 m dengan kemiringan lereng 60° dan tinggi 10 m dengan kemiringan lereng 45° karena nilai faktor keamanan yang dihasilkan kurang dari kriteria minimum lereng yang aman atau stabil. Area R29 dan R31 memiliki kondisi yang berbeda dengan area R19 dan R26 sehingga geometri lereng pada tinggi 7 m dan 10 m dengan kemiringan 35°-50° dapat diterapkan pada kedua area ini karena semua nilai faktor keamanannya memenuhi kriteria minimum keamanan lereng yang akhirnya menjadi rekomendasi penerapan geometri pada rekayasa lereng di perusahaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada PT Vale Indonesia Tbk., atas kesediaannya memberikan izin penggunaan data penelitian dan kepada Laboratorium Mekanika Batuan FTI UMI atas kesediaannya memberikan izin penggunaan program komputer Rocscience-Slide2 yang memiliki lisensi resmi dari Rocscience.

## PUSTAKA

- Aprilia, F., & Indrawan, I. G. B. (2015). *An Evaluation of Rock Slope Stability Using Limit Equilibrium Analyses. Journal of Applied Geology, 6*(2).
- Azmoon, B., Biniyaz, A., Liu, Z., & Sun, Y. (2021). *Image-Data-Driven Slope Stability Analysis for Preventing Landslides Using Deep Learning. IEEE Access, 9*, 150623–150636.
- Ji, J., Zhang, W., Zhang, F., Gao, Y., & Lü, Q. (2020). *Reliability Analysis On Permanent Displacement Of Earth Slopes Using The Simplified Bishop Method. Computers and Geotechnics, 117*.
- Karim, Y. I., Nawir, A., & Munir, A. S. (2021). Analisis probabilitas kelongsoran pada lereng Jalan Raya Km 88,4 Kecamatan Mallawa, Kabupaten Maros. *Jurnal Himasapta, 6* (2), 117–121.

- Kementerian ESDM RI. (2018). Keputusan Menteri ESDM RI No. 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Dalam *Kementerian ESDM RI* (Vol. 1, Nomor 4).
- Martireni, A. P., & Munir, A. S. (2023). Analisa Laju Dilatasi pada Sudut Kekasaran dengan Uji Kuat Geser. *Jurnal Geomine*, 11(3), 215–226.
- Munir, A. S. (2018). Kestabilan Lereng Menggunakan Program Slope/W Pada Pit GN-10 Pulau Gag Kabupaten Raja Ampat Papua Barat. *Jurnal Geomine*, 6(3), 157–162.
- Munir, A. S., Jafar, N., Anwar, H., Ajwad, Muh., Yusuf, F. N., Asmiani, N., & Martireni, A. P. (2021). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop pada Jalan Poros Maros-Bone Kilometer 84,1 Tompo Ladang Kabupaten Maros. *Jurnal Geomine*, 9(2), 150–167.
- Pangestu, A. (2022). Metode Penanganan Longsor dengan Analisis Komputasi. *Ilmu Teknik*, 2(2), 1–8.
- Putrilia, B., Poalahi, S., Rembah, R., & Munir, A. S. (2022). Analisis Kestabilan Lereng pada Pit Bengkirai Tambang Terbuka Batubara di PT Guruh Putra Bersama Site Gunung Sari Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Geomine*, 10(2), 156–167.
- Salu, S. P., Suparlan, Muh. T., & Munir, A. S. (2023). Analisis Kestabilan Lereng Tambang Menggunakan Metode Keseimbangan Batas di Blok Deuter Timur PT Fajar Sakti Prima Kalimantan Timur. *Geomine*, 11(3), 263–276.
- Sompie, O. (2011). Rekayasa Geoteknik Dalam Disain Dam Timbunan Tanah. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(2).
- Sun, G., Cheng, S., Jiang, W., & Zheng, H. (2016). *A Global Procedure For Stability Analysis Of Slopes Based On The Morgenstern-Price Assumption And Its Applications. Computers and Geotechnics*, 80.
- Wahyuni, S., Jafar, N., Anwar, H., & Munir, A. S. (2021). Analisis Kestabilan Lereng Disposal IPD PQRT Pit West Menggunakan Metode Bishop PT Buma Job Site Lati Kabupaten Berau Kalimantan Timur. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(1), 1–6.
- Wu, S., Han, L., Cheng, Z., Zhang, X., & Cheng, H. (2019). *Study On The Limit Equilibrium Slice Method Considering Characteristics Of Inter-Slice Normal Forces Distribution: The Improved Spencer Method. Environmental Earth Sciences*, 78(20).