

Faktor Geometri Lereng Dalam Simulasi Nilai Ambang Batas *Safety of Factor* Di Front Penambangan Mahfia Pada PT. ANTAM Tbk, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara

Hedianto^{1*}, A. Al'faizah Ma`rief², Enni Tri Mahyuni¹, Kelvin El Sultani¹, Mapuay Theo Afasedanja²

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa, Jl. Urip Sumoharjo No.Km.4, Sinrijala, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90232
Email:

²Program Studi Teknik Pertambangan, Politeknik Amamapare Timika, JL. C Heatubun, Kwamki Baru, 99910, Kwamki, Kec. Mimika Baru, Kabupaten Mimika, Papua 99971

*Corresponding Author

E-mail Address: hedianto@universitasbosowa.ac.id

ABSTRAK

PT. Antam Tbk di Indonesia merupakan perusahaan tambang nikel yang menerapkan metode tambang terbuka. Penelitian ini dilaksanakan di Pulau Pakal yang terletak di Provinsi Maluku Utara atas dasar dibutuhkannya suatu kajian terhadap kestabilan lereng untuk menghasilkan ketinggian dan kemiringan lereng yang aman pada rencana penambangan nikel. Kestabilan lereng ini dikaji dengan observasi langsung ke lapangan dan menggunakan pendekatan kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian, lereng pada bagian Timur dan Selatan PT. Antam Tbk memiliki tinggi overall slope yaitu 24 meter dan 30 meter dan sudut overall slope 47 derajat dan 36 derajat. Masing-masing memiliki 5 bench dengan lebar 2,1m. Selanjutnya analisis kestabilan lereng menggunakan software slide, didapatkan nilai faktor keamanan pada Timur yaitu 1.163 dan pada penampang Selatan kondisi didapatkan nilai faktor keamanan 1,186 di dapatkan faktor keamanan bahwa lereng dalam kondisi tidak stabil. Dari analisis tersebut, dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan nilai ambang batas optimal pada faktor keamanan berdasarkan Kepmen ESDM nomor 1827 lereng harus 1,20 dapat dikatakan stabil atau aman melalui simulasi perubahan tinggi overall slope dan sudut kemiringan overall slope. Hasilnya pada lereng dengan tanpa muka air tanah menunjukkan perubahan hasil pada penampang timur yakni 1.212 dan 1,247 serta pada penampang Selatan diperoleh faktor keamanan yakni 1.223 dan 1.278. pada keadaan jenuh air diperoleh nilai faktor keamanan pada penampang timur yakni 1.210 dan 1.219 dan pada pemanpang Selatan diperoleh nilai faktor keamanan yakni 1.211 dan 1.235.

ABSTRACT

PT. Antam Tbk in Indonesia is a nickel mining company that applies the open-pit mining method. This research was carried out on Pakal Island which is located in North Maluku Province on the basis of the need for a study of slope stability to produce safe slope heights and slopes for nickel mining plans. The stability of this slope was studied by direct observation in the field and using a quantitative approach. Based on the research results, the slopes in the eastern and southern parts of PT. Antam Tbk has an overall slope height of 24 meters and 30 meters and an overall slope angle of 47 degrees and 36 degrees. Each has 5 benches with a width of 2.1m. Furthermore, by analyzing the stability of the slope using slide software, the safety factor value obtained in the East was 1.163 and in the South section, the safety factor value was 1.186. The safety factor value was obtained that the slope was in an unstable condition. From this analysis, trial and error was carried out to obtain the optimal threshold value for the safety factor through simulating changes in overall slope height and overall slope angle. The results on slopes with no groundwater level show changes in results on the eastern section, namely 1,212 and 1,247, and on the southern section, the safety factors obtained are 1,223 and 1,278. in water saturated conditions, the safety factor values obtained on the eastern section are 1,210 and 1,219 and on the southern section, the safety factor values obtained are 1,211 and 1,235.

PENDAHULUAN

PT. ANTAM Tbk merupakan perusahaan tambang nikel yang berlokasi di Maluku Utara, merupakan perusahaan yang sedang melakukan perencanaan pengembangan penambangan bijih nikel dengan sistem tambang terbuka di Pulau Pakal, Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Rancangan lereng yang dibuat pada beberapa lokasi di Pulau Pakal membutuhkan analisis kestabilan lereng agar dapat memberikan rekomendasi geoteknik yang bisa menunjang kelancaran kegiatan penambangan dan mengurangi potensi longsor. (Mahyuni et al., 2023)

Kelongsoran pada lereng di lokasi pertambangan sering terjadi menyebabkan bahaya terhadap pekerja dan resiko terhadap kerusakan alat. Beberapa potensi ketidakstabilan lereng di lokasi pertambangan yakni keadaan dimensi dari geometri lereng, dalam menentukan parameter kestabilan lereng dinamakan faktor keamanan (*safety factor*) (Ma'rief et al., 2022).

Kestabilan lereng merupakan faktor vital dalam perencanaan dan operasional tambang terbuka dan kuari. Dalam penyusunan suatu rencana tambang, selain faktor cadangan, teknis penambangan, ekonomi dan lingkungan, faktor kestabilan lereng juga menjadi faktor penting yang harus diperhitungkan dengan teliti (Pane & Anaperta, 2020). Lereng merupakan suatu bidang dipermukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah (Hedianto et al., 2022). Lereng dapat terjadi secara alami ataupun karena buatan manusia dengan tujuan tertentu (Munir et al., 2021). Berdasarkan Kepmen ESDM nomor 1827 lereng pada lereng *overall slope* harus 1,20 dapat dikatakan stabil atau aman. Salah satu parameter dalam analisis stabilitas lereng yakni tinggi, jenjang, dan sudut kemiringan lereng. Tentu dapat dilakukan trial and error untuk melihat sejauh mana faktor kontribusi dari tinggi dan sudut kemiringan lereng terhadap *safety of factor* (Syafar, 2017).

Sehubung dengan uraian diatas diperlukan suatu kajian terhadap kestabilan lereng

untuk menghasilkan ketinggian dan kemiringan lereng yang aman sebagai salah satu saran bagi perencana tambang yang merencanakan bagi operasi penambangan yang akan dilakukan. Analisis kestabilan lereng ini akan dikaji dengan observasi langsung ke lapangan untuk mengetahui kondisi lereng, selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif yang memiliki tujuan penting dalam melakukan pengukuran yang merupakan pusat pengukuran, data – data yang diperlukan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder.

1. Data primer diperoleh langsung dilapangan seperti data geometri lereng dan deskripsi lereng yang akan dilakukan analisis kestabilan lereng, serta data sifat fisik dan mekanik batuan
2. Data sekunder yang diperoleh dari perusahaan untuk penelitian ini peta topografi, dan kondisi geologi daerah setempat

Data penelitian kemudian diolah dengan teknik pengolahan data yang dilakukan yaitu setelah semua data telah dirampungkan maka dilakukan pengolahan data, baik secara manual maupun menggunakan perangkat *software* yang sesuai digunakan untuk mendapatkan hasil dari nilai faktor keamanan (FK) >1,20 yang aman untuk lereng sesuai dengan Kepmen ESDM nomor 1827. Adapun cara yang digunakan yaitu:

a. Pengujian Sampel

Untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng terlebih dahulu dilakukan pengujian laboratorium. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai parameter yang dibutuhkan menghitung faktor keamanan yaitu bobot isi, sudut geser dalam, dan kohesi (Wardana, 2011).

- Pengujian sifat fisik tanah bertujuan untuk mengetahui nilai dari bobot isi tanah.
- Pengujian sifat mekanik bertujuan untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam dan kohesi.

b. Analisa Menggunakan *Perangkat lunak atau software* geoteknik

Pada tahapan penelitian ini menggunakan software pendukung Geoteknik. Tahapan ini melakukan pengoperasian mengenai lereng yang dilakukan rekomendasi dengan memasukkan data dari nilai parameter yang didapat dari pengujian di laboratorium.

c. Evaluasi Lereng Yang Stabil Menggunakan *Software* Geoteknik

Pada tahapan ini, lereng yang telah diketahui nilai faktor keamanan pada kondisi awalnya dilakukan evaluasi, seperti melakukan perubahan geometri lereng berupa lebar *bench*, sudut kemiringan lereng dan juga jarak ketinggian antar elevasi lereng tersebut sehingga didapat nilai faktor keamanan yang stabil.

d. Optimasi Lereng Yang Stabil

Pada tahapan ini lereng yang telah dievaluasi akan dilakukan rekomendasi dari nilai faktor keamanan yang kritis (<1,20) hingga pada keadaan stabil (>1,20). Rekomendasi lereng yang stabil ini berupa bentuk desain lereng yang telah dilakukan perubahan pada tahapan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lereng Aktual

Penelitian dilakukan pada Front Mafhia tambang PT. Antam Tbk, dari pengeboran yang dilakukan pada kurun waktu kurang lebih 10 tahun terakhir yang dekat pada Front Mafhia di dapatkan lapisan batuan penyusun lereng yaitu *Topsoil, Limonite, Saprolite, Bedrock*. Pada Front Mafhia terdiri dari dua bagian yaitu bagian Timur dan Selatan. Pada bagian Timur terdiri dari 5 bench dengan lebar 2,1 meter dan tinggi *overall slope* 24 meter. Pada bagian Selatan terdiri dari 5 bench dengan lebar 2,1 meter dan tinggi *overall* 30 meter. Pada Front Mafhia ditemukan adanya struktur geologi, berupa *crack* (rekahan) akibat erosi air, namun tidak terlihat rembesan apa permukaan lereng.

Hasil Analisa awal pada tabel 2 menunjukkan kondisi lereng yang kurang stabil, sehingga diperlukan suatu analisa parameter geometri lereng yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan suatu

dimensi lereng sesuai kondisi geologi daerah tersebut.

Tabel 1. Data Geometri lereng

Penampang	Tinggi(m)) <i>Overall slope</i>	Sudut (°) <i>Overall slope</i>	Lebar Bench (m)	Tinggi jenjang (m)
Timur	24	47	2.1	4.0
Selatan	30	36	2.1	5.0

Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng yang dilakukan berdasarkan *trial and error* pada ketinggian lereng dan sudut kemiringan lereng. Hal ini akan memberikan informasi korelasi antara kemiringan lereng, tinggi lereng, dan faktor kemiringan lereng.

Tabel 2. Data Hasil Analisis Kestabilan Lereng

Penampang	Tinggi (m) <i>Overall slope</i>	Sudut (°) <i>Overall slope</i>	Lebar Bench (m)	Tinggi jenjang (m)	FK	Ket
Timur	24	47°	2.1	4.0	1.16	TIDAK AMAN
Selatan	30	36°	2.1	5.0	1.18	TIDAK AMAN

Dari tabel 2. di atas Ada dua penampang yang akan dihitung nilai faktor keamanan, pada Front Mafhia bagian Timur dan Selatan. Setelah dilakukan perhitungan nilai faktor keamanan menggunakan perangkat lunak dengan memasukkan data geometri lereng dan nilai materials properties didapatkan nilai faktor keamanan pada penampang Timur yaitu 1,16.

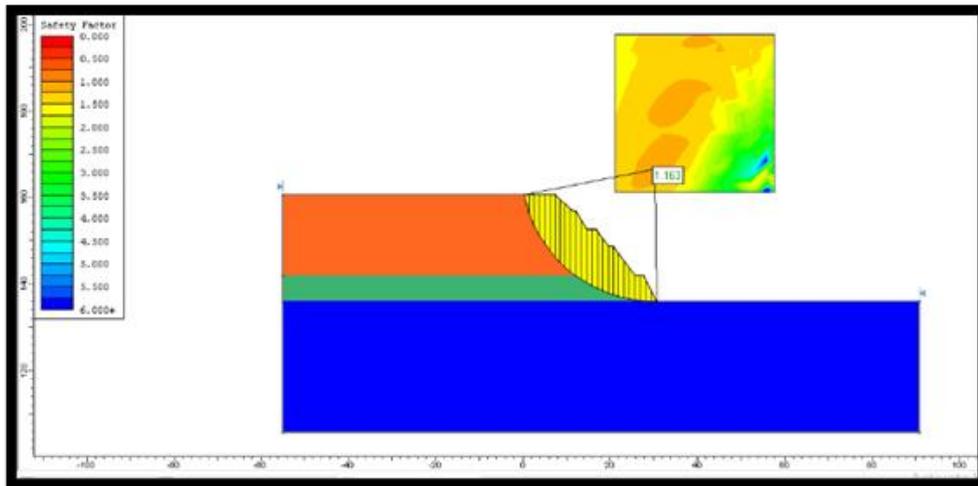
Dan pada penampang Selatan, nilai faktor keamanan yang didapatkan sebesar 1,186. menurut Kepmen ESDM nomor 1827 lereng dinyatakan aman jika faktor keamanan >1,2. Sehingga perlu adanya perbaikan lereng atau rekomendasi supaya mengetahui lereng yang aman dan tidak terjadinya longsor.



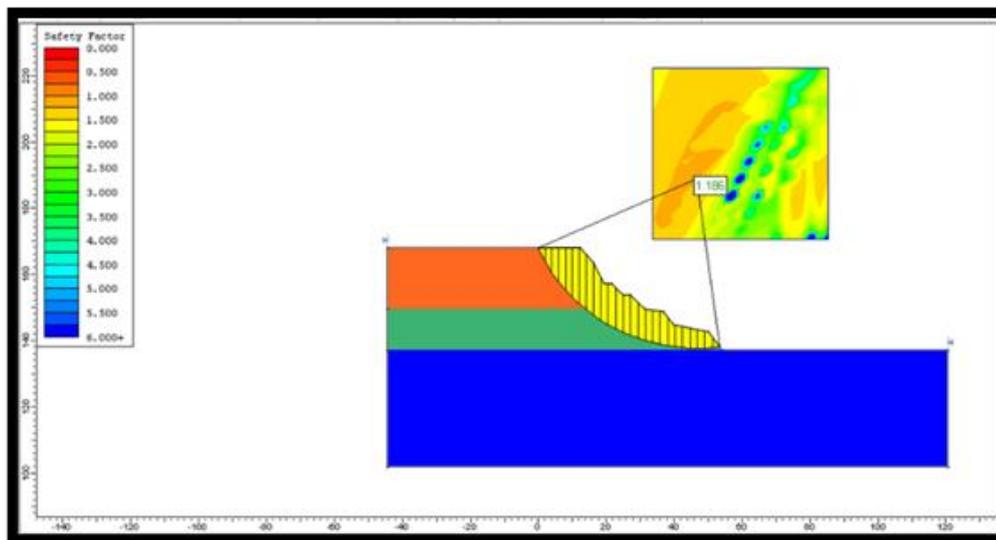
Gambar 1. Lereng front Mafhia bagian penampang Timur



Gambar 2. Lereng front Mafhia bagian penampang Selatan



Gambar 3. Hasil analisis kestabilan lereng bagian penampang Timur nilai faktor keamanan yaitu 1,163



Gambar 4. Hasil analisis kestabilan lereng bagian penampang Selatan nilai faktor keamanan yaitu 1,186

Dari perhitungan nilai faktor keamanan kondisi lereng aktual yang menyatakan bahwa kondisi lereng pada bagian Timur (penampang Timur) dan bagian selatan (penampang Selatan) tidak aman, dengan nilai faktor keamanan 1.163 dan 1.186. Karena mengacu pada Kepmen ESDM 1827 lereng dinyatakan aman atau stabil jika faktor keamanan $>1,20$. sehingga membutuhkan rekomendasi lereng yang sesuai.

Trial and error yang dilakukan pada lereng overall slope dengan mengubah sudut overall slope dilakukan 8 kali simulasi

yaitu 4 kali pada penampang Timur dan 4 kali pada penampang Selatan. Selisih nilai simulasi kemiringan lereng diberikan perbedaan sebesar 1° hingga 2° . Selisih nilai simulasi ketinggian lereng rata-rata mencapai 1 meter hingga 2 meter pada setiap tipe overall slope, serta dilakukan simulasi muka air tanah pada keadaan kering dan ketersediaan air tanah pada ketinggian 6 meter dan 12 meter pada setiap *section*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai ambang batas faktor keamanan yang menunjukkan batas antara lereng aman dan tidak aman berdasarkan

panduan standar faktor keamanan di
Kepmen ESDM nomor 1827.

Tabel 3. Data hasil rekomendasi lereng dengan mengubah variabel pada sudut overall slope

Penampang	Tinggi (m) Overall Slope	Sudut (°) Overall Slope	Lebar Bench (m)	Tinggi jenjang (m)	Water Table	Faktor Keamanan (FK)	Ket
Timur	24	46	2.4	6.0	-	1.199	Tidak Aman
Timur	24	45	2.5	6.0	-	1.212	Aman
					12 m	0.985	Tidak Aman
					6 m	1.060	Tidak Aman
Timur	24	43	2.6	6.3	-	1.238	Aman
					12 m	1.026	Tidak Aman
					6 m	1.122	Tidak Aman
Timur	24	40	3.0	6.5	-	1.304	Aman
					12 m	1.154	Tidak Aman
					6 m	1.210	Aman
Selatan	30	35	3.5	7.9		1.189	Tidak Aman
Selatan	30	34	4.0	8.0	-	1.223	Aman
					15 m	0.912	Tidak Aman
					6 m	1.109	Tidak Aman
Selatan	30	32	4.0	8.6	-	1.267	Aman
					15 m	0.921	Tidak Aman
					6 m	1.136	Tidak Aman
Selatan	30	30	5.0	9.0	-	1.323	Aman
					15 m	0.954	Tidak Aman
					6 m	1.211	Aman

Tabel 4. Data hasil rekomendasi lereng dengan mengubah variabel pada tinggi overall slope

Penampang	Tinggi (m) Overall Slope	Sudut (°) Overall Slope	Lebar Bench (m)	Tinggi jenjang (m)	Water Table	Faktor Keamanan (FK)	Ket
Timur	23	47	2.2	7.3	-	1.198	Tidak Aman

Timur	22	47	2.1	6.5	-	1.247	Aman
					10 m	1.028	Tidak Aman
					5 m	1.148	Tidak Aman
Timur	20	47	2.0	6.0	-	1.328	Aman
					10 m	1.117	Tidak Aman
					5 m	1.219	Aman
Timur	18	47	2.0	5.5	-	1.448	Aman
					10 m	1.117	Tidak Aman
					5 m	1.236	Aman
Selatan	28	36	3.8	7.0	-	1.175	Tidak Aman
Selatan	27	36	3.8	6.8	-	1.201	Aman
					12 m	0.905	Tidak Aman
					6 m	1.083	Tidak Aman
Selatan	25	36	3.5	6.2	-	1.278	Aman
					12 m	0.985	Tidak Aman
					6 m	1.210	Aman

a. Hasil dari simulasi geometri lereng tanpa muka air tanah dengan mengubah sudut *overall slope*.

Simulasi dilakukan 8 kali yaitu 4 kali pada penampang Timur dan 3 kali pada penampang Selatan.

Pada penampang Timur didapatkan titik optimal kestabilan lereng pada sudut 45° dengan nilai faktor keamanan yaitu 1,212.

Pada penampang Selatan didapatkan titik optimal kestabilan lereng pada sudut 34° dengan nilai faktor keamanan yaitu 1,223 dengan tanpa adanya muka air tanah.

b. Hasil dari simulasi geometri lereng tanpa muka air tanah dengan mengubah tinggi *overall slope*.

Pada simulasi lereng dengan mengubah tinggi *overall slope* dilakukan 7 kali simulasi yaitu 4 kali pada penampang Timur dan 3 kali pada penampang Selatan.

Hasil yang diperoleh pada penampang timur titik optimal faktor keamanan lereng tanpa ada muka air tanah yakni pada tinggi *overall slope* 22 meter dan sudut kemiringan *overall slope* 47° dengan nilai faktor keamanan yakni 1.247.

Pada penampang Selatan titik optimal faktor keamanan lereng tanpa muka air tanah yakni tinggi *overall slope* 25 meter dan sudut kemiringan *overall slope* 36° dengan nilai faktor keamanan lereng 1.278

c. Hasil dari simulasi geometri lereng dengan adanya muka air tanah serta mengubah sudut *overall slope*.

Setelah melakukan simulasi optimasi lereng dengan mengubah variabel sudut dan tinggi *overall slope* mendapatkan titik optimal faktor keamanan yang efektif untuk optimasi lereng yang aman tanda muka air tanah. Simulasi optimasi

selanjutnya dengan menambahkan variabel data *water table* disetiap sudut dan tinggi yang telah dilakukan simulasi sebelumnya. Melakukan simulasi yang mengacu pada grafik Hoek and Bray dengan menambahkan *water table* di beberapa bagian ketinggian pada lereng penampang Timur dan selatan berjutuan untuk mengetahui lereng dalam keadaan jenuh atau adanya air dalam permukaan tanah dalam kondisi aman atau tidak aman.

Hasil simulasi pada penampang Timur dengan menambahkan *water table* pada ketinggian 10 meter setengah dari tinggi keseluruhan lereng, dan 5 meter dari seperempat tinggi keseluruhan lereng, Sedangkan dengan mengubah variabel sudut *overall slope* titik optimal pada sudut 40° dengan ketinggian *water table* seperempat dari tinggi keseluruhan lereng, nilai Faktor Keamanan yaitu 1.210.

Hasil simulasi pada penampang Selatan dengan menambahkan *water table* pada ketinggian 12 setengah dari tinggi lereng, dan 6 meter seperempat dari tinggi lereng, dan hasil yang diperoleh yakni jika mengubah variable sudut *overall slope* ke 30° dan tinggi *overall slope* 30 meter serta ketinggian muka air tanah seperempat dari tinggi *overall slope* atau 6 meter, maka didapatkan titik optimal faktor keamanan lereng yakni 1.211

d. Hasil dari simulasi geometri lereng dengan adanya muka air tanah serta mengubah tinggi *overall slope*.

Hasil simulasi pada penampang Timur mendapatkan titik optimal atau efektif pada ketinggian lereng 20 meter dan sudut kemiringan *overall slope* 47° pada simulasi mengubah variabel tinggi *overall slope* nilai

Faktor Keamanan yaitu 1.219 dengan ketinggian water table seperempat dari tinggi keseluruhan lereng yakni 5 meter.

Hasil simulasi pada penampang Selatan dengan menambahkan water table pada ketinggian 12 meter setengah dari tinggi keseluruhan lereng, dan 5 meter dari seperempat tinggi keseluruhan lereng, mendapatkan titik optimal atau efektif pada ketinggian lereng 25 meter pada simulasi mengubah variabel tinggi overall slope nilai Faktor Keamanan yaitu 1.235 dengan ketinggian water table seperempat dari tinggi keseluruhan lereng atau 5 meter.

KESIMPULAN

Kondisi lereng pada PT. Antam Tbk memiliki lapisan penyusun yaitu topsoil, limonit, saprolit, dan bedrock dengan ketebalan yang beragam. Lereng pada bagian Timur dan Selatan PT. Antam Tbk memiliki tinggi *overall slope* yaitu 24 meter dan 30 meter dan sudut *overall slope* 47 derajat dan 36 derajat. Masing-masing memiliki 5 *bench* dengan lebar 2,1m.

Berdasarkan data analisa didapatkan nilai faktor keamanan pada penampang Timur yaitu 1.163 dan pada penampang Selatan kondisi didapatkan nilai faktor keamanan 1,186 yang dapat disimpulkan bahwa lereng dalam kondisi tidak stabil karena menurut Kepmen ESDM nomor 1827 lereng yang stabil atau aman yaitu >1,20.

Dari hasil simulasi atau *trial and error* lereng pada penampang Timur dan Selatan di front Mafhia menghasilkan titik optimal nilai faktor keamanan. Pada penampang Timur dengan mengubah variabel tinggi *overall slope* menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1,219. Sedangkan dengan mengubah variabel sudut *overall slope* menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1,210. Dengan ini dari hasil kedua simulasi rekomendasi lereng pada penampang Timur nilai faktor keamanan yang lebih efektif yaitu dengan mengubah variabel sudut *overall slope*. Pada penampang Selatan dengan mengubah

variabel tinggi *overall slope* menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1,235. Sedangkan dengan mengubah variabel sudut *overall slope* menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1,211. Dengan ini dari hasil kedua simulasi rekomendasi lereng pada penampang Selatan nilai faktor keamanan yang lebih efektif yaitu dengan mengubah variabel tinggi *overall slope*. sehingga mendapatkan rekomendasi lereng yang sesuai menurut Kepmen ESDM nomor 1827 lereng harus >1,20 dapat dikatakan stabil atau aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Hedianto, Ma'rief, A. A., Mahyuni, E. T., & Afasedanja, M. M. T. (2022). Potensi Longsor Berdasarkan Karakteristik Geologi Teknik Pada Jalan Poros Malino Desa Lonjoboko, Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa. *Jurnal Teknik AMATA*, 3(1), 13–21. <https://doi.org/10.55334/jtam.v3i1.263>
- Ma'rief, A., Hedianto, H., Okviyani, N., Mahyuni, E. T., & Affan, A. (2022). Limit Equilibrium Method for the Slope Stability Analysis of Coal Mining at PT. Kalimantan Prima Nusantara. *JURNAL GEOCELEBES*, 117–125. <https://doi.org/10.20956/geocelebes.v6i2.19891>
- Mahyuni, E. T., Amran, Hedianto, Khaidir Noor, M., Faizah, A. A., & Ma'rief, F. (2023). Potensi Pembentukan Air Asam Tambang Pada Batuan Menggunakan Analisis XRD Dan Mikroskopi Pada Tambang Batubara, Blok Timur, Site Bontang, PT. Indominco Mandiri, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik AMATA*, 04(1), 63–68.
- Munir, A. S., Jafar, N., Anwar, H., Ajwad, M., 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. <https://doi.org/10.33536/jg.v9i2.952>
- Pane, R. A., & Anaperta, Y. M. (2020).

Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 4(3), 218–232.

Syafar, Z. (2017). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop Pada Penambangan Nikel. *Jurnal Geomine*, 4(3), 90–93.
<https://doi.org/10.33536/jg.v4i3.70>

Wardana, I. G. N. (2011). PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR TANAH DAN TERASERING TERHADAP PERUBAHAN KESTABILAN LERENG I G. N. Wardana. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 83–92.