

Analisis Kestabilan Lereng Lahan Bekas Tambang Biji Nikel di Wilayah Tambang X, Kabupaten Luwu Timur Sulawesi Selatan

Rafiuddin^{1*}, Muhammad Chaidir Wahyuddin¹

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Perjuangan Republik Indonesia Makassar, Jl. Baruga Raya-Antang Makassar 90234

*Corresponding Author

E-mail Address: rafiuddinfatek@gmail.com

ABSTRAK

Analisis kestabilan lereng dilakukan pada wilayah bekas tambang bertujuan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng lahan bekas tambang tersebut dipastikan keamanannya. Serangkaian data yang diperlukan meliputi data topografi dan litologi dan data sifat fisik dan mekanik material lereng. Selanjutnya dilakukan perhitungan stabilitas lereng (faktor keamanan) menggunakan metode kesetimbangan batas dengan pendekatan metode *Simplified Bishop* melalui *software Rocscience Slide*. Dibuat 5 sayatan yang diharapkan dapat mewakili kondisi aktual pada lereng yang dikaji. Nilai faktor keamanan minimum yang digunakan yaitu $FK \geq 1,3$. Hasil perhitungan faktor keamanan lereng diperoleh 2 sayatan termasuk kategori stabil yaitu sayatan A-A' dan C-C' dengan nilai FK yaitu 1,434 dan 1,658. Sayatan B-B', D-D' dan E-E' masuk kategori lereng tidak stabil dengan nilai FK sebesar 1,27, 0,796, dan 0,766. Guna mempertahankan faktor keamanan minimum maka lereng yang tidak stabil dilakukan desain ulang dengan cara mengubah geometri lereng. Hasil optimalisasi geometri lereng keseluruhan sayatan B-B' didapatkan tinggi lereng 28 meter dengan sudut lereng 17° menghasilkan nilai FK 1,342, untuk lereng keseluruhan pada sayatan D-D' didapatkan tinggi lereng 47,68 meter dengan sudut lereng 19° menghasilkan nilai FK 1,301 dan lereng keseluruhan pada sayatan E-E' didapatkan tinggi lereng 67,14 meter dengan sudut lereng 17° menghasilkan nilai FK 1,398.

Kata Kunci : Kestabilan Lereng Tambang; Metode Kesetimbangan Batas "Simplified Bishop"

ABSTRACT

Slope stability analysis carried out in ex-mining areas aims to determine the level of stability of the slopes of ex-mining land to ensure its safety. The series of data needed includes topography and lithology data and data on the physical and mechanical properties of the slope material. Furthermore, the calculation of slope stability (safety factor) is carried out using the boundary equilibrium method with the Simplified Bishop method approach through the Rocscience Slide software. 5 incisions are made which are expected to represent the actual conditions on the studied slope. The minimum safety factor value used is $FK \geq 1.3$. The results of the calculation of the slope safety factor obtained 2 incisions belonging to the stable category, namely A-A' and C-C' incisions with FK values of 1.434 and 1.658. The B-B', D-D' and E-E' incisions are in the unstable slope category with FK values of 1.27, 0.796 and 0.766. In order to maintain the minimum safety factor, the unstable slopes are redesigned by changing the slope geometry.

The results of optimizing the overall slope geometry of the B-B' incision obtained a slope height of 28 meters with a slope angle of 17° resulting in an FK value of 1.342, for the overall slope of the D-D' incision obtained a slope height of 47.68 meters with a slope angle of 19° resulting in an FK value of 1.301 and the overall slope of the E-E' incision obtained a slope height of 67.14 meters with a slope angle of 17° resulting in an FK value of 1.398.

Keywords: *Mine Slope Stability; Limit Equilibrium Method "Simplified Bishop", Slope Geometry*

PENDAHULUAN

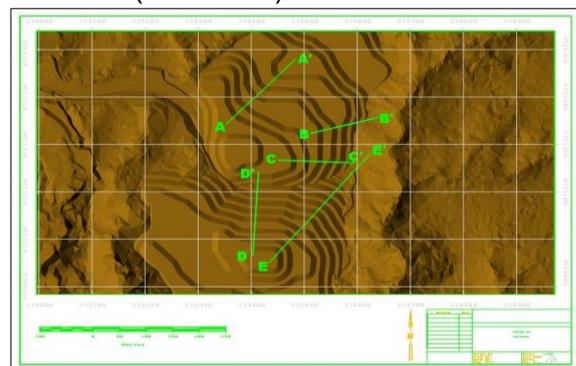
Lereng bekas tambang merupakan struktur alam terbuka yang memiliki potensi terjadinya longsor akibat adanya faktor-faktor penyebab terjadinya kelongsoran lereng, yaitu sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng, geometri lereng, kondisi air tanah, struktur geologi, serta gaya-gaya yang berasal dari luar lereng. Patahan Matano telah lama diketahui sebagai sesar aktif di Kabupaten Luwu Timur dan masih merupakan keberlanjutan dari sesar Palu-Koro, yang pada 2018 memicu gempa bumi M 7,4 diikuti tsunami dan likuefaksi (Peta Sumber Gempa Bumi Nasional tahun 2017). Kehadiran patahan ini berpotensi memicu longsor tidak hanya pada Pit yang sementara di tambang tetapi juga pada lereng bekas tambang yang tentunya akan berdampak terhadap keselamatan manusia dan alat yang berada di bawah lereng pada Lokasi yang sementara di tambang. Oleh karena itu, untuk mencegah kecelakaan tersebut maka analisis kestabilan lereng perlu dilakukan. Suatu cara yang umum untuk menyatakan tingkat kestabilan lereng adalah dengan faktor keamanan (FK). Faktor ini merupakan perbandingan nilai antara kuat geser tanah yang tersedia dengan kuat geser tanah yang diperlukan untuk keseimbangan. Jika tingkat kestabilan lereng telah diketahui maka teknik perencanaan untuk mendapatkan lereng yang aman bagi suatu kegiatan dapat ditentukan. Metode yang digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng adalah metode kesetimbangan batas dengan pendekatan Metode *Simplified*

Bishop dan dianalisis menggunakan perangkat lunak (software) Rocscience Slide.

METODOLOGI

Desain Geometri Lereng Aktual

Desain geometri lereng didasarkan pada kondisi aktual Pit Petea Blok D2. Pemodelan lereng dilakukan dengan mengambil data topografi pit dan data model litologi kawasan lereng melalui *software* Vulcan. Dari Vulcan akan didapatkan sayatan yang akan dianalisis. Pembuatan sayatan menggunakan perintah *Section by line* pada model triangulasi data topografi dari berbagai perlapisan di lokasi penelitian. Sayatan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi aktual dari lereng pada daerah penelitian. Untuk selanjutnya sayatan ini dinamakan sayatan A-A', B-B', C-C', D-D' dan E-E' (Gambar 1)



Gambar 1. Pengelompokan Sayatan di lokasi penelitian

Uji Sifat Fisik Dan Mekanik Tanah

Setelah tahap pengambilan sampel di lapangan kemudian dilakukan pengujian sampel untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari sampel tersebut. Pengujian

yang dilakukan antara lain adalah pengujian sifat fisik, yang terdiri dari pengujian kadar air (water content), batas cair (liquid limit), batas plastis (plastic limit), indeks plastisitas (plastic index), distribusi ukuran butir (grain size analisis), berat isi (unit weight) dan berat jenis (specific gravity). Sedangkan pengujian sifat mekanik yaitu uji triaksial. Pengujian mekanik ini dilakukan untuk menentukan sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) dari tanah. Setiap parameter tanah untuk analisis kestabilan lereng yaitu berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam dirataratakan agar menghasilkan satu angka yang dianggap mewakili karakteristik pada setiap parameter di daerah tersebut. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah dapat dilihat pada lampiran.

Analisis Kestabilan Lereng dengan Rocscience Slide

Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap model lereng menggunakan *software* Rocscience Slide berdasarkan data geometri lereng dan data masukan berupa hasil uji sifat fisik dan sifat mekanik material penyusun lereng yaitu berat isi, kohesi, dan sudut geser dalam. Dari data-data tersebut kemudian dianalisis sehingga dihasilkan data keluaran yaitu faktor keamanan untuk lereng yang dianalisis. Adapun tahapan analisis kestabilan lereng dengan Rocscience Slide adalah sebagai berikut:

1. Mengatur *Project Setting* berupa pemilihan parameter utama analisis pada model lereng, seperti *failure direction, units of measurement, analysis methods*. Metode yang digunakan pada penenelitian adalah metode *Simplified Bishop*.
2. *Import external* dan *material boundaries* yaitu memasukan *file .dxf* model geometri lereng yang telah dikerjakan pada *software* Vulcan.
3. Menentukan *Slip Surface Type* dengan memilih tipe *Circular*

4. Memasukkan *Material Properties* berdasarkan parameter geoteknik pada menu *define material properties*
5. Memasukan *material properties* pada setiap zona yang akan digambarkan dengan warna yang berbeda di setiap material dengan menggunakan perintah *assign properties*.
6. Melakukan *compute* atau proses perhitungan terhadap lereng yang dianalisis kemudian *Interprate* untuk melihat hasil perhitungan.
7. Hasil analisis data menggunakan Rocscience Slide akan menampilkan model lereng lengkap dengan nilai faktor keamanan minimumnya dan bentuk bidang gelincir yang berpotensi terjadi longsor.

HASIL DAN PEMBAHASAN Geometri Lereng Aktual

Geometri lereng yaitu tinggi dan kemiringan lereng diperoleh data dari ke 5 sayatan tersebut adalah sebagai berikut (Tabel 1)

Tabel 1. Geometri Lereng Pit Petea D2

No.	Sayatan	Panjang Sayatan (m)	Lereng Keseluruhan	
			Tinggi (m)	Sudut (°)
1	A-A'	189,519	35	15
2	B-B'	132,756	28	19
3	C-C'	144,678	37,519	18
4	D-D'	178,091	51,909	21
5	E-E'	300,837	67,037	20

Parameter Kekuatan Tanah

Dari sampel pengeboran inti diketahui jenis material penyusun (perlapisan) lereng tambang di lokasi penelitian terdiri dari : limonit, saprolit dan batuan dasar (bedrock). Limonit dan saprolit merupakan material yang mengandung bijih nikel yang memiliki kekuatan hampir mendekati tanah (lunak), sedangkan *bedrock* merupakan batuan dasar yang sangat keras yang terletak di

dasar pemodelan lereng. Hasil uji laboratorium diperoleh parameter kekuatan tanah pada masing-masing lapisan tanah adalah sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Parameter Kekuatan Tanah di lokasi Penelitian

Litologi	Statistika	Berat Isi (γ) kN/m ³	Kohesi (c) kN/m ²	Sudut Geser Dalam (ϕ) ^o
Limonit	Min.	10,07	2,59	1,31
	Maks.	11,43	89,58	18,05
	Rerata	10,87	50,97	8,81
	Median	10,91	60,70	9,83
	Std. Dev.	0,31	31,54	5,19
Saprolit	Min.	5,21	8,18	0,48
	Maks.	9,21	24,32	3,75
	Rerata	6,75	13,95	2,56
	Median	6,43	9,36	3,46
	Std. Dev.	1,21	9,00	1,81
Bedrock	Min.	20		Infinite Strength
	Maks.			
	Rerata			
	Median			
	Std. Dev.			

Analisis Kestabilan Lereng Aktual

Pemodelan lereng dibuat dan dianalisis menggunakan *software* Vulcan Maptek dan Rocscience Slide. Bidang longsor diasumsikan berbentuk lingkaran dengan menggunakan total 25 irisan dan arah longoran (failure direction) dari kanan ke kiri. Dengan meng-input nilai parameter-parameter tanah ke dalam geometri lereng maka diperoleh nilai faktor keamanan untuk setiap model lereng adalah sebagai berikut (Tabel 3).

Tabel 3. Faktor Keamanan Lereng (FK) Lereng Aktual

No.	Sayatan	FK	Keterangan
1	A-A'	1,434	Stabil

2	B-B'	1,207	Tidak Stabil
3	C-C'	1,658	Stabil
4	D-D'	0,796	Tidak Stabil
5	E-E'	0,766	Tidak Stabil

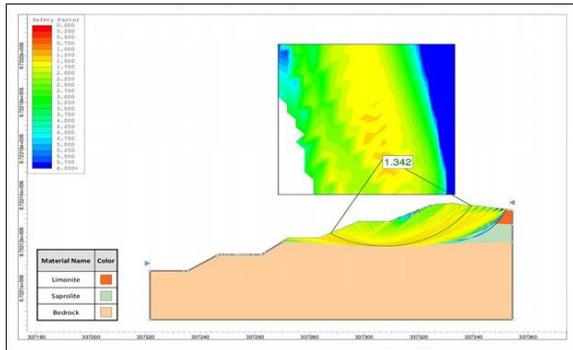
Hasil perhitungan faktor keamanan lereng aktual diketahui sayatan B-B', D-D' dan E-E' didapatkan nilai FK yang lebih rendah dari FK minimum yaitu $FK \geq 1,3$ Hal ini artinya lereng tersebut tidak stabil sehingga perlu dilakukan stabilisasi. Dalam penelitian ini, digunakan metode stabilisasi lereng dengan cara mengubah geometri lereng (*redesign*).

Optimasi Desain Lereng

Upaya dalam optimalisasi desain lereng dengan cara mengubah geometri lereng dapat dilakukan dengan membuat lereng lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan lereng, memperkecil ketinggian lereng, melebarkan *berm* ataupun membuat lereng menjadi lereng berjenjang (multi slope). Hal ini dapat dilakukan pada *software* Rocscience Slide dengan membuat serangkaian model lereng percobaan pada geometri lereng aktual dengan tetap mempertahankan faktor keamanan yang diperbolehkan. Percobaan ini merupakan percobaan cobacoba (trial and error), dimana perubahan geometri lereng akan terus dilakukan hingga didapatkan nilai faktor keamanan minimum ($FK \geq 1,3$).

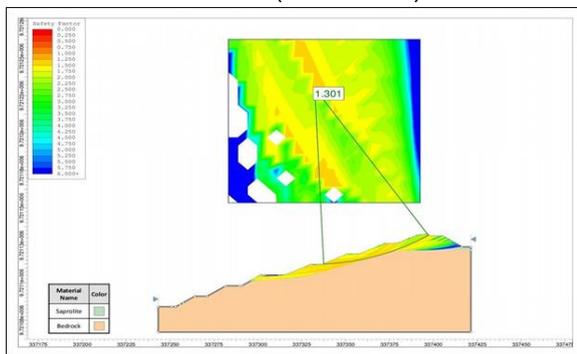
Sayatan B-B'

Modifikasi desain lereng pada sayatan B-B' dilakukan dengan melandaikan semua sudut lereng dari 23° menjadi 19° pada *Bench 1* yang berada di level 739 mdpl hingga 732 mdpl sampai dengan *Bench 2* yang berada di level 732 mdpl hingga 725 mdpl. Hasil redesign lereng keseluruhan sayatan B-B' didapatkan tinggi lereng 28 meter dengan sudut lereng 17° menghasilkan nilai FK sebesar 1,342 dengan kata lain lereng sudah dalam kondisi stabil (Gambar 2).



Gambar 2. Hasil Optimalisasi Lereng Sayatan B-B' Sayatan D-D'

Modifikasi desain lereng pada sayatan D-D' dilakukan dengan melandaikan semua sudut lereng dari 24° menjadi 20° pada *Bench 2* yang berada di level 706 mdpl hingga 699 mdpl sampai dengan *Bench 5* yang berada di level 685 mdpl hingga 678 mdpl. Hasil redesain lereng keseluruhan sayatan D-D' didapatkan tinggi lereng 47,68 meter dengan sudut lereng 19° menghasilkan nilai FK sebesar 1,301 dengan kata lain lereng sudah dalam kondisi stabil (Gambar 3).

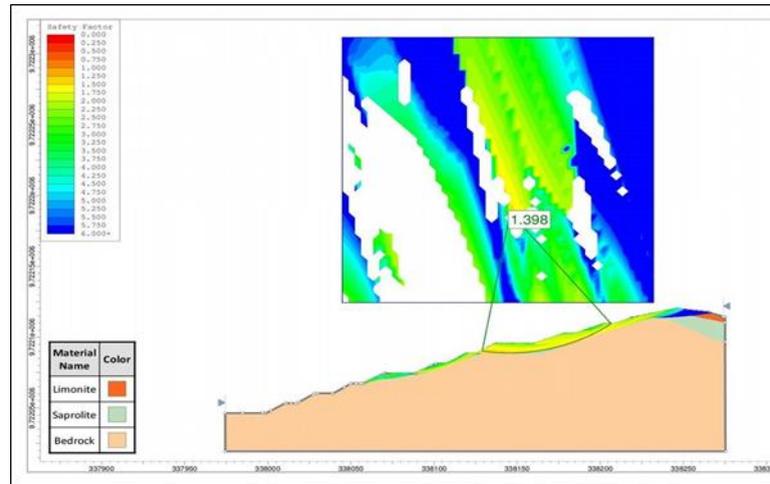


Gambar 3. Hasil Optimalisasi Lereng Sayatan D-D'

Sayatan E-E'

Modifikasi desain lereng pada sayatan E-E' dilakukan dengan melandaikan semua sudut lereng dari 23° menjadi 17° pada *Bench 1* yang berada di level 724.112 mdpl hingga 720 mdpl sampai dengan *Bench 3* yang berada di level 713 mdpl hingga 706 mdpl. Kemudian menambah lebar *berm* dari 7 meter menjadi 24 meter pada *Bench 3* yang berada di level 706 mdpl. Hasil redesain lereng keseluruhan sayatan E-E' didapatkan tinggi lereng 67,14 meter dengan sudut

lereng 17° menghasilkan nilai FK sebesar 1,398 dengan kata lain lereng sudah dalam kondisi stabil (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil Optimalisasi Lereng Sayatan E-E'

PENUTUP

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah 5 sayatan yang diteliti diperoleh nilai FK lereng aktual terdapat 3 lereng yang tidak stabil yaitu sayatan B-B' dengan nilai FK 1,207, sayatan D-D' dengan nilai FK sebesar 0,796, dan sayatan E-E' dengan nilai FK 0,766. Hasil optimalisasi desain geometri lereng keseluruhan pada sayatan B-B' didapatkan tinggi lereng 28 meter dengan sudut lereng 17° menghasilkan FK 1,342, untuk lereng keseluruhan pada sayatan D-D' didapatkan tinggi lereng 47,68 meter dengan sudut lereng 19° menghasilkan FK 1,301 dan lereng keseluruhan pada sayatan E-E' didapatkan tinggi lereng 67,14 meter dengan sudut lereng 17° menghasilkan FK 1,398.

REFERENCES

- Abramson L.W. et al. 2002. *Slope Stability and Stabilization Methods Second Edition*. New York: John Wiley and Sons, inc.
- Arief, Saifuddin. 2008. *Metode-Metode dalam Analisis Kestabilan Lereng*. Sorowako: Buku kompilasi tidak diterbitkan.

- Azizi, M. A., Hakim, R. N., dan Nugraha, A. D. 2019. *Optimalisasi Geometri Lereng Tambang Nikel Menggunakan Metode Probabilistik pada Hill Pit 05, PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan*. Jurnal Geomine, 7(2): 92-100.
- Bishop, A.W. 1995. *The Use the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes*. Geotechnique, Vol. 5, No. 1, hal 7-17. London.
- Dahmal, Ardiansyah. 2018. *Analisis Kestabilan Lereng dan Probabilitas Kelongsoran PT. Vale Indonesia, Tbk. Tugas Akhir*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Diterjemahkan oleh Mochtar, N., E. dan Mochtar, I., B. Surabaya: Erlangga.
- Duncan, J. M., Buchignani, A. L., dan De Wet, M. 1987. *An Engineering Manual for Slope Stability Studies*. Virginia: Virginia University of Technology, Blacksburg.
- Duncan, J. M., Wright, S. G., dan Brandon, T. L. 2014. *Soil Strength and Slope Stability (Second ed.)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Hakam, Abdul. 2008. *Stabilitas Lereng dan Dinding Penahan Tanah: Untuk Mahasiswa dan Sarjana Teknik Sipil*. Padang: Univesitas Andalas Press.
- Hoek, E., dan Bray, J. W. 1977. *Rock Slope Engineering*. London: The Institute of Mining and Metallurgy.
- Huang, Yang H. 2014. *Slope Stability Analysis by the Limit Equilibrium Method*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Hustrulid, W., Kuchta, M., dan Martin, R. 2006. *Open Pit Mine Planning & Design 3rd. (ed)*. London: CRC Press.
- Read, J., dan Stacey, P. 2009. *Guidelines for Open Pit Slope Design*. Australia: CSIRO Publishing.
- Rocscience Inc. 2010. *Slide v6.0-Tutorial Manual*. Toronto: Rocscience Inc.
- Wesley, L. D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Diterjemahkan oleh Wesley, L. D. dan Pranyoto, S. Yogyakarta: Andi.