

ANALISIS KESTABILAN LERENG DISPOSAL MENGUNAKAN METODE KESETIMBANGAN BATAS DI TAMBANG TERBUKA NIKEL KABUPATEN KONAWA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

¹Rizka Satria Herlambang, ²Maryanto, S.Si., M.T., ³Indra Karna Wijaksana, S.pd.,M.T.

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

Isatriaherlambang07@gmail.com , 2maryanto.geo@gmail.com, 3indra_k_wijaksana@yahoo.com

Abstract. The company, which is located in the Konawe district, is engaged in the nickel mining industry in Southeast Sulawesi with an open pit mining system. The rocks that make up the research site are ultramafic ophiolites, which have weathered dominated by peridotite, harzburgite which are serpentinized and are characterized by the type of laterite nickel deposits. Nickel mining companies operating in block a want to know the geometric design of disposal slopes to achieve slope stability. Factors that affect slope stability are: rock characteristics (physical-mechanical properties), factors from outside the slope system such as earthquakes, slope geometry and so on. The laboratory test results of the physical properties of bedrock, namely average natural density = 2,29 gr/cm³ and disposal material = 1,75 gr/cm³. While the test results of the mechanical properties of bedrock, namely the average cohesion of 353,95 kPa, and the inner shear angle = 29,13°. Disposal material has an average cohesion value of 49,2 kPa, and the inner sliding angle value = 21,40°. The simulation results of the single slope stability analysis produce a single slope geometry with a height of 5 m and a slope angle of 35°. The geometry of the single slope is stable and safe with the FK value = 2,589 and the PK value = 0%. The recommended overall slope design in saturated conditions is an overall height of 25 m with an overall slope of 20 °. The overall slope geometry is stable and safe with FK value = 1,131 and PK value = 0%. The results of the analysis of the stability of the bedrock obtained the value of FK = 2,828 with PK = 0%, so it is stated that the subgrade in a stable state can withstand the disposal load on it.

Keywords: disposal slope, rock characteristics, slope stability, bedrock stability

Abstrak. Perusahaan yang berlokasi di kabupaten Konawe ini bergerak di industri pertambangan nikel di Sulawesi Tenggara dengan sistem penambangan tambang terbuka. Batuan penyusun lokasi penelitian adalah batuan ultramafik ofiolit yang mengalami pelapukan didominasi oleh peridotit, harzburgite yang terserpentinisasi dan memiliki ciri-ciri tipe endapan nikel laterit. Perusahaan tambang nikel yang beroperasi pada blok A ingin mengetahui perancangan geometri lereng disposal untuk mencapai

kestabilan lereng. Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu: karakteristik batuan (sifat fisik-mekanik), faktor dari luar sistem lereng seperti gempa, geometri lereng dan sebagainya. Hasil uji laboratorium sifat fisik batuan dasar (bedrock), yaitu natural density rata-rata = 2,29 gr/cm³ dan material disposal = 1,75 gr/cm³. Sedangkan hasil uji sifat mekanik batuan dasar, yaitu kohesi rata-rata sebesar 353,95 kPa, dan sudut geser dalam = 29,13°. Material disposal mempunyai nilai kohesi rata-rata sebesar 49,2 kPa, dan nilai sudut geser dalam = 21,40°. Hasil simulasi analisis stabilitas lereng tunggal menghasilkan geometri lereng tunggal tinggi 5 m, dan sudut kemiringan 35°. Geometri lereng tunggal tersebut dalam keadaan stabil dan aman dengan nilai FK= 2,589 dan nilai PK= 0%. Rekomendasi desain lereng keseluruhan dalam kondisi jenuh yaitu, tinggi keseluruhan 25 m dengan kemiringan keseluruhan (overall slope) 20°. Geometri lereng keseluruhan tersebut dalam keadaan stabil dan aman dengan nilai FK= 1,131 dan nilai PK= 0%. Hasil analisis stabilitas batuan dasar didapatkan nilai FK= 2.828 dengan PK= 0%, sehingga dinyatakan tanah dasar dalam keadaan stabil mampu menahan beban disposal di atasnya.

Kata Kunci : lereng disposal, karakteristik batuan, kestabilan lereng, stabilitas batuan dasar

1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan sangat berhubungan dengan keselamatan kerja terutama kegiatan penggalian, dan pengangkutan bahan galian. Kestabilan lereng merupakan faktor penting dalam suatu kegiatan tambang terutama keselamatan kerja, dan kelancaran produksi. Lereng yang tidak stabil akan mengakibatkan tambang longsor yang berdampak besar pada kegiatan produksi tambang. Untuk menghindari hal tersebut, perlu perancangan lereng yang baik.

Penelitian dilakukan di perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan nikel, berlokasi di Kecamatan Molawe, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Sistem penambangan yang digunakan adalah tambang terbuka.

Perusahaan tambang nikel yang akan beroperasi pada blok A ini ingin mengetahui desain geometri lereng disposal. Karakteristik batuan yang lemah, ditambah terdapat sumber mata air serta curah hujan cukup tinggi, dapat mengakibatkan tanah di area timbunan ini rawan sekali terjadinya longsor.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan studi geoteknik dengan judul; “Analisis Kestabilan Lereng Disposal Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas di Tambang Terbuka Nikel Kabupaten Konawe Provinsi Sulawesi Tenggara”.

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan lokasi penelitian.
- b. Merekomendasikan geometri lereng tunggal disposal yang aman berdasarkan faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran.
- c. Merekomendasikan geometri lereng keseluruhan disposal yang aman berdasarkan faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran.
- d. Mengetahui kestabilan batuan dasar akibat adanya beban disposal.

2. Landasan Teori

Kestabilan Lereng

Kemantapan atau kestabilan suatu lereng tergantung pada besarnya gaya penahan dan gaya penggerak yang terdapat pada bidang gelincirnya. Gaya penahan adalah gaya yang menahan terjadinya suatu longsor sedangkan gaya penggerak merupakan gaya yang menyebabkan terjadinya longsor. Kestabilan suatu lereng dapat dinyatakan dengan nilai Faktor Keamanan (FK) yang merupakan perbandingan antara gaya penahan dengan gaya penggerak. (Bagus Wiyono,

2006).

Banyak faktor yang berpengaruh terhadap stabilitas atau kelongsoran lereng, yang menurut penulis (Gde Suratha), dapat dikelompokkan menjadi 5 faktor utama, yaitu sebagai berikut:

- Geometri lereng, yaitu tinggi dan kemiringan lereng.
- Sifat fisik-mekanik, kekuatan (terutama kuat geser) dan bobot isi massa batuan pembentuk lereng.
- Orientasi umum struktur diskontinuitas massa batuan lereng terhadap orientasi muka lereng bukaan tambang.
- Adanya air tanah di dalam massa batuan lereng.
- Faktor Luar Sistem Lereng.

Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/CoF)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (probability of Failure (maks) PoF (FK≤1)
Lereng Tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Sumber : Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/ 30/MEM / 2018

Analisis Kesetimbangan Batas

Metode analisis yang umum digunakan untuk kestabilan lereng adalah analisis kesetimbangan batas, metode ini relatif sederhana mudah digunakan serta telah terbukti dalam rekayasa selama bertahun-tahun. Pada metode kesetimbangan batas perhitungan analisis kestabilan lereng hanya menggunakan kondisi kesetimbangan statik dan mengabaikan adanya hubungan tegangan dan regangan pada lereng, dengan asumsi lain adalah geometri dari bentuk bidang runtuh, harus diketahui dan ditentukan terlebih dahulu.

Analisis kestabilan lereng pada umumnya berdasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (Hardiyatmo, 2010):

- Kelongsoran lereng terjadi disepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
- Massa tanah yang longsor dianggap berupa benda yang pasif.
- Tahanan geser dari massa tanah yang setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis.
- Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang

longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsoran. Jadi kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar 1.

1. Metode Hoek's Charts

Banyak metode analisis yang didasarkan atas prinsip keseimbangan batas yang sudah dikenalkan yaitu metode *Hoek's Charts*. Jambu, Morgenstern Price, dan Bishop. Untuk aplikasi di pertambangan yang kondisi massa batumannya relatif lunak sampai agak keras seperti pada banyak tambang-tambang batubara, nikel di Sumatera, Sulawesi, dan Kalimantan, disarankan untuk menggunakan metode *Hoek's Charts* dan Bishop.

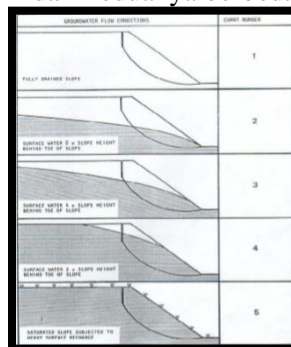
Metode *Circular Hoek's Charts* asumsi yang digunakan dalam membangun kurva ini adalah:

- Materials pembentuk lereng dianggap homogen, bersifat lunak.
- *Shear strength* materials ditentukan oleh parameter kohesi c , dan sudut gesek dalam, ϕ sesuai rumus: $\tau = c + \sigma \tan \phi$.
- Longsoran terjadi melalui bidang longsoran berbentuk *circular* melalui *toe*.
- Diasumsikan terdapat *vertikal tension cracks* di belakang *crest* atau di permukaan lereng.
- Lokasi *tension cracks* dan bidang longsoran terjadi pada nilai SF minimal untuk suatu geometri dan kondisi air tanah tertentu.
- Variasi kondisi *level* air tanah diasumsikan dari kering sampai *fully saturated*.

Penggunaan kurva Hoek untuk menentukan *safety factor* (SF) lereng secara cepat dapat dilakukan, baik untuk mendukung pekerjaan desain awal atau untuk melakukan evaluasi secara cepat. Hanya yang perlu diperhatikan adalah lereng-lereng yang dianalisis cepat itu harus memenuhi atau mendekati kondisi dalam asumsi-asumsi tersebut di atas.

Cara menggunakan *Hoek's Chart* adalah sebagai berikut:

- 1) Buat gambar model lereng yang akan dianalisis dengan geometri dan perkiraan kondisi *level* air mendekati sebenarnya. Kemudian pilih salah satu dari 5 model "*Ground Flow Condition*" sesuai dengan perkiraan kondisi air pada lereng (Gambar 3.3).
- 2) Hitung nilai: $c/(\gamma H \tan \phi)$ di mana, c = kohesi, γ = den.sitas material, H = tinggi lereng total, ϕ = sudut gesek dalam material
- 3) Dari titik pada kurva Hoek dengan nilai $c/(\gamma H \tan \phi)$, Tarik garis menuju pusat 0,0 sampai memotong sudut yang sama dengan sudut leeng, dan beri tanda.
- 4) Dari titik potong tersebut pada 3.6), Tarik garis horizontal dan vertikal sampai memotong sumbu $\tan \phi/F$ (vertikal) dan sumbu $c/(\gamma H \tan \phi)$ (horizontal). Beri tanda, dan baca nilainya masing-masing.
- 5) Tentukan *safety factor* lereng (F) dari nilai kedua titik potong pada sumbu $\tan \phi/F$, dan sumbu $c/(\gamma H \tan \phi)$. (Note biasanya F dari keduanya berbeda tipis).

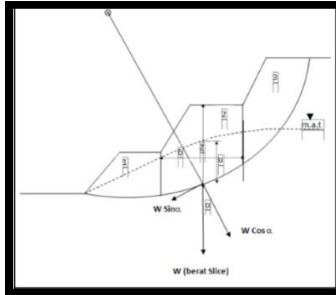


Sumber: *Hoek's Chart*, 1981

Kondisi Muka Air Tanah

2. Metode Bishop

Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran.



Sumber : Bishop, A.W. 1955

Analisis Stabilitas Lereng Metode Bishop

Pada metode ini ada beberapa asumsi, diantaranya:

1. Pada metode ini keruntuhan diasumsikan akibat gerakan rotasi dari tanah tersebut yang mana keruntuhan tersebut berbentuk lingkaran. Metode ini tidak bisa digunakan untuk menghitung faktor keamanan dari sebuah keruntuhan yang tidak memiliki bidang keruntuhan berbentuk lingkaran.
2. Nilai dari gaya horizontal pada kedua sisi dapat diabaikan karena tidak diketahui nilainya dan sulit untuk dihitung.
3. Gaya normal yang bekerja diasumsikan bekerja ditengah bidang irisan dan diperoleh dengan menjumlah gaya-gaya dalam arah vertikal.

Rumus bishop disederhanakan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$F = \frac{1}{\sum W \cdot \sin \alpha} \sum \left[c' \cdot b + W(1 - r_u) \tan \phi' \cdot \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \cdot \tan \alpha}{F}} \right]$$

Dimana :

- W = gaya yang diberikan oleh beban tanah.
- c = kohesi material batuan.
- α = sudut momen.
- ϕ = sudut gesek dalam.
- b = lebar irisan.
- r_u = tekanan air pori.

Metode Perhitungan Probabilitas Kelongsoran

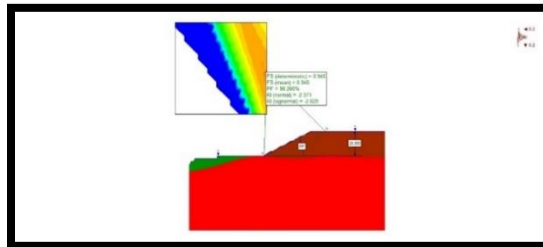
Metode yang paling banyak digunakan dalam perhitungan probabilitas kelongsoran (PK) adalah metode kesetimbangan batas dengan simulasi Monte Carlo. Berikut ini dijelaskan perhitungan PK berdasarkan metode ke-setimbangan batas dengan simulasi Monte Carlo. Simulasi Monte Carlo merupakan metode yang banyak digunakan pada analisis probabilitas. Metode ini sangat berguna dalam pemecahan permasalahan yang berkaitan dengan variabel acak. Selain sederhana, metode ini juga lebih fleksibel dalam menggabungkan suatu varietas distribusi probabilitas yang cukup besar tanpa banyak penafsiran serta memiliki kemampuan untuk

memodelkan korelasi di antara variabel dengan mudah (Hammah dan Yacoub, 2009). Pada metode kesetimbangan batas (limit equilibrium method) nilai FK merupakan rasio antara gaya penahan dan gaya penggerak, di mana masing-masing parameter merupakan fungsi dari variabel acak yang bersifat tak tentu (uncertain) dan berdistribusi probabilitas tertentu. Oleh karena itu, penggunaan simulasi Monte Carlo sangat cocok untuk menyelesaikan permasalahan ketidakpastian pada nilai FK hingga akhirnya akan didapatkan nilai probabilitas kelongsoran. Stacey (2009) membuat hubungan sederhana untuk kriteria probabilitas kelongsoran pada lereng tambang

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Analisis Kesabilan Lereng Dengan Design Awal

Desain final disposal yang telah dirancang oleh perusahaan adalah geometri lereng keseluruhan dengan tinggi 25 m, dan sudut kemiringan 28°, dengan lereng tunggal 5 m, dan sudut kemiringan 35°. Berdasarkan hasil analisis dari geometri lereng keseluruhan yang telah dirancang perusahaan didapatkan nilai FK= 0,945 dengan nilai probabilitas kelongsoran 98,2% (gambar 4.8). Maka dengan hasil tersebut, geometri yang dirancang oleh perusahaan perlu dilakukan redesain.



Hasil Analisis Kestabilan Lereng *Lowwall* Design Awal.

Hasil Analisis Kesabilan Lereng Dengan Redesign Pit

Sehubungan dengan tidak amannya design pit yang sudah dirancang, maka perlu dikakukannya redesign geometri lereng. Berikut adalah hasil simulasi redesign geometri lereng:

Tabel Hasil Analisis Kesetimbangan Batas Lereng *Lowwall*

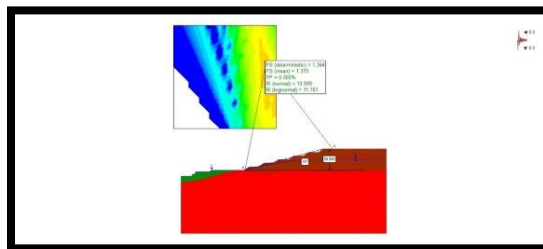
FK Lereng Tunggal 5m, Sudut Lereng 35°						
Metode	Tinggi (m)	Sudut	MAT Aktual		MAT Jenuh	
			FK	PK	FK	PK
Bishop	20	15	1.574	0	1.392	0
		20	1.466	0	1.259	0
		25	1.403	0	1.122	0
		30	1.286	0	1.089	0
	25	15	1.521	0	1.237	0
		20	1.356	0	1.131	0
		25	1,269	0	1.003	41.5

		30	1.143	0	0.912	100
	30	15	1.364	0	1.135	0
		20	1.215	0	0.976	75.9
		25	1.155	0	0.873	100
		30	1.116	0	0.795	100

Rekomendasi

5. Keterangan:

Dengan dilakukannya simulasi ulang geometri lereng, maka geometri lereng yang direkomendasikan adalah sebagai berikut: sudut 20° dengan tinggi lereng 25 meter. Karena dari semua simulasi analisis kestabilan lereng, FK yang didapat yang berkisar dari 1,131-1,356 dengan PK 0% memenuhi kriteria berdasarkan KEPMEN ESDM nomor 1827 k/30/MEM/2018.



Rekomendasi Geometri Lereng *Lowwall*

4. Kesimpulan

1. Material disposal adalah material overburden dan waste bijih nikel yang mempunyai kadar dibawah 1,5%. Hasil uji karakteristik material disposal : unit weight 17.504 kN/m³, Kohesi 49.23 kPa, dan nilai sudut geser dalam 21.398°, dan batuan dasar (bedrock) : unit weight 22.9 kN/m³, kohesi 353,95 KPa, dan nilai sudut geser dalam 29.13°.
2. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng tunggal maka didapat geometri lereng tunggal yang aman dan stabil adalah tinggi 5 m dan sudut kemiringan 35 derajat mempunyai nilai FK= 2,589, dan nilai PK= 0%,
3. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng keseluruhan maka didapat geometri lereng keseluruhan yang aman dan stabil adalah tinggi 25 m dan sudut kemiringan 20°, mempunyai nilai FK= 1,131, dan nilai PK= 0%
4. Berdasarkan hasil analisis stabilitas batuan dasar maka didapat nilai FK= 2.828 dan nilai PK 0%, maka dapat dinyatakan batuan dasar mampu menahan beban disposal di atasnya.

5. Saran

1. Langkah pemantauan, pemeliharaan pada lereng disposal sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng disposal tetap dalam kondisi aman
2. Keberadaan air tanah berpengaruh signifikan terhadap kemandapan lereng disposal, maka perlu terus dipantau dan dikontrol. Metode yang dapat dilakukan dengan cara pemasangan piezometer untuk mengontrol elevasi muka air tanah, dan pemasangan horizontal drain hole untuk mengalirkan air tanah keluar dari timbunan (material disposal).

Daftar Pustaka

- Anonim, 2013, “Data Curah Hujan Kabupaten Sulawesi Tenggara”, Badan Meteorologi dan Geofisika (Stasiun Klimatologi Wolter Monginsidi), Konawe Selatan.
- Almanera, Raimundo dan Nasution, Yuda, 2007, “Rock Slope Stability Concepts (Presentasi Stabilitas Lereng)”, PT. Newmont, Nusa Tenggara.
- Arief, Saifuddin, 2017, “Metode-Metode Dalam Analisis Kestabilan Lereng”. Buku kompilasi tidak diterbitkan
- Arif, Irwandy, 2016, “Geoteknik Tambang”, Gramedia, Bandung.
- Azizi, Masbagus A., dkk., 2010, “Analisis Probabilitas & Sensitivitas Kestabilan Lereng Penambangan Menggunakan Pendekatan Probabilistik dengan Metode General Hoek & Brown”, TPT XIX PERHAPI, Balikpapan.
- Bertuzzi, Robert, Durran, Alex, 2006, “Waste Dumps”, Pells Sullivan Meynink, Australia.
- Bishop, A.W., 1955, “The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique”, Vol 5. London.
- Budi, Gogot Setyo, 2011, “Pengujian Tanah di Laboratorium, Penjelasan dan Panduan”, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Braja M.Das., 1995, “Mekanika Tanah Jilid I”, Erlangga, Surabaya.
- Das, Braja M., 2009, “Principles of Geotechnical Engineering (5th Edition)”. Washington Cengage Learning, Washington.
- Day, Robert W., 2001, “Geotechnical Earthquake Engineering Handbook”, McGraw-Hill Professional, California.
- Djarwadi, Didiek. 2012, “ Pengantar Geoteknik PT. Pamapersada Nusantara”. PT. Pamapersada Nusantara
- El-Ramly, H., er al., 2002, ”Probabilistic Slope Stability Analysis for Praticce”, Jurnal. NRC Research Press.
- Ed. E. T. Brown, 1981, “Rock Characterization, Testing, and Monitoring”, International Society for Rock Mechanics, Oxford.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010, “Mekanika Tanah II”, Yogyakarta, Gajah Mada University Press
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981, “Rock Slope Engineering”, Institution of Mining and Metallurgy, London
- Joseph E. Bowles, Hainim J.K., 1989, Sifat – sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Edisi kedua Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Krahn, J., 2004, “Stability Modeling with SLOPE/W”, 1st Edition, GEOSLOPE/W International, Ltd. Canada.
- Purnomo, Rochmat Aldy, 2017, Analisis Statistik Ekonomi dan Bisnis dengan SPSS. Wade group, Ponorogo.
- Rai, M.A., Kramadibrata, S., Wattimena, R.K., 2014, “Mekanika Batuan”, Laboratorium Geomekanika dan Peralatan Tambang – ITB, Bandung.
- Read, J. and Stacey, P., 2009, “Guidelines for Open Pit Slope Desain”, CSIRO Publishing, Australia.
- Simanjuntak, dkk., 1993, “Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara”, Puslitbang Geologi, Bandung
- Efendi Rihan, Yulhendra, 2020, “Quarterly Plan Penambangan Nikel Tahun 2020 pada Pit X PT. Elit Kharisma Utama Menggunakan Software Maptec Vulcan 9.1”. Jurnal Bina Tambang, Vol. 4, No.1.
- Suratha, Gde., 1994, “Kemantapan Lereng”, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Tenaga Pertambangan, Bandung.

- Wiyono, Bagus, dkk., 2006, “Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Jenjang pada Dinding Akhir Penambangan”, PERHAPI, Jakarta.
- Wood, David Muir., 1991, “Soil Behavior and Critical State Soil Mechanics”. Cambridge University Press, Inggris.
- Wyllie, Duncan C. & W. Mah, Christopher, 2004, “Rock Slope Engineering 4th Edition Civil and Mining (Based on 3rd Edition by E. Hook & J. Bray)”, Spon Pres, Londong and New York.

