

**ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN DATA
VWP (*VIBRATING WIRE PIEZOMETER*) PADA
PT. NEWMONT NUSA TENGGARA
NUSA TENGGARA BARAT**

Rio Fathurrahman Zhani¹, Djamaluddin², Hasbi Bakri¹

Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia.

1. Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

SARI

Kestabilan lereng merupakan hal terpenting dalam penggunaan sistem tambang terbuka (*open pit*). Tujuan penelitian menentukan besarnya pengaruh tekanan air tanah (*groundwater pressure*) terhadap nilai faktor keamanan (*safety factor*) dari suatu lereng di *phase5* untuk mendapatkan kondisi lereng yang stabil saat *ultimate pit* mencapai *phase6*. Data air tanah di peroleh dari data VWP (*Vibrating Wire Piezometer*). analisis dilakukan dengan metode GLE/Morgenstern-price dan bishop simple. Metode analisis pada model yang di pakai adalah dengan melakukan pengujian penurunan *pressure* pada tiap sensor dan pengurangan *pressure* pada kedalaman horisontal. Berdasarkan hasil analisis gambar simulasi nilai FK yaitu 1.308 pada kelipatan kedalaman 25 Meter pada tekanan 400 Kpa, tekanan 450 Kpa, FK 1.211, 500 Kpa, FK 1,001 sedangkan pada kedalaman kelipatan 50 meter hanya berbeda tekanan akan tetapi dengan FK yang sama yaitu 800 Kpa, 900 Kpa, 1000 Kpa, kesimpulan umum berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pengaruh *water pressure* terhadap faktor keamanan lereng, semakin besar tekanan air tanah maka semakin turun nilai factor keamanan pada lereng, serta dengan mengurangi besar *water pressure* pada suatu dinding lereng akan berarti meningkatkan nilai faktor keamanan lereng.

Keyword : GroundWater Preassure, Vibrating Wire Piezometer, Slope, Stability, Safety Factor

ABSTRACT

Slope stability that is important of open pit system . The aims of this research to determine the influence of groundwater pressure to the value of safety factor from some slope in phase5 to get stable slope conditions when ultimate pit reach phase6. Data of Groundwater obtained from the data of VWP (Vibrating Wire Piezometer). This analysis was conducted using GLE/Morgenstern-price and bishops simple. Analysis methods that using on the model is pressure drop testing from each censor and pressure drop in the horizontal depth. Analysis picture simulation from safety factor is 1.308 pressure drop 25 meter at pressure 400 Kpa, pressure 450 Kpa, FK 1.211, 500 Kpa, FK 1,001 and pressure drop 50 meter only pressure different however whit same safety factor is 800 Kpa, 900 Kpa, 1000 Kpa. General conclusions based on the result of research found that the effect of water pressure on slope safety factor, more big of groundwater pressure so descend slope value of safety factor. By reducing the water pressure on a wall slope it means increase the value of the slope safety factor.

Keyword : GroundWater Preassure, Vibrating Wire Piezometer, Slope, Stability, Safety Factor

PENDAHULUAN

Aktivitas penambangan dengan sistem tambang terbuka (*open pit*) membentuk jenjang untuk menjaga kestabilan batuan. Tetapi pada kenyataannya, jenjang yang dibentuk oleh kegiatan penambangan sangat sering mengalami longsor (*failure*) akibat kegiatan penambangan itu sendiri, seperti kegiatan peledakan (*blasting*), kegiatan pemuatan, pengangkutan, dan penimbunan demi mengejar target produksi. Disamping pengaruh kegiatan penambangan itu sendiri, keadaan alam sekitar juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi turunnya nilai kestabilan lereng, seperti adanya kekar (*joint*), sesar (*fault*), lipatan (*fold*), kondisi massa batuan, tekanan air bawah tanah, serta intensitas curah hujan. Dengan adanya kegiatan penambangan dan keadaan alam tersebut, kestabilan lereng akan terganggu dan akan menuju kestabilan baru dalam bentuk longsor yang akan mengakibatkan kerugian baik jiwa maupun properti perusahaan.

Suatu longsor tidak terjadi secara tiba-tiba. Salah satu tanda bahwa lereng tersebut akan runtuh yaitu diawali dengan adanya runtuhnya batuan (*raveling*) pada muka jenjang (*bench face*) yang terjadi secara terus-menerus. Longsor akan terjadi apabila gaya penahan dari suatu jenjang lebih kecil dibanding gaya pendorongnya. Gaya-gaya tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat batuan itu sendiri, seperti nilai sudut geser dalam, kohesi, kekuatan batuan, dan kondisi air tanah.

Dalam hal ini kondisi air tanah merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kestabilan suatu lereng. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa pengaruh tekanan air tanah (*ground water pressure*) terhadap kestabilan lereng tersebut. Analisa diperlukan untuk mengetahui tingkat keamanan dari lereng dengan menggunakan metode *safety factor* (SF) dimana gaya penahan dibagi dengan

gaya pendorong dari lereng tersebut. Analisa yang dilakukan terhadap pengaruh tekanan air tanah (*ground water pressure*) terhadap kestabilan lereng menggunakan metode *Limit Equilibrium* dengan bantuan media *software Slide v5.0* dengan memasukkan beberapa parameter seperti densitas batuan, kohesi, sudut geser dalam serta besar tekanan air tanah yang terjadi pada lereng tersebut.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah diantaranya meliputi:

1. Study Literatur

Dilakukan dengan cara mencari dan mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian yang berasal dari materi kuliah, buku referensi, dan hasil penelitian PT. Newmont Nusa Tenggara guna menganalisis permasalahan yang ada untuk mencari alternatif penyelesaian masalah.

2. Wawancara

Dilakukan dengan cara tanya jawab dan diskusi dengan beberapa orang yang menekuni bidang geoteknik seperti staff *Geotechnical and Hydrogeological Engineering*.

3. Pengambilan Data

1. Data VWP (*ReadOut manual dan Data Logger*)
2. Line *mapping* geoteknik.
3. Data geologi daerah penelitian seperti peta penyebaran domain, peta geologi, litologi, dan stratigrafi.
4. Data curah hujan daerah penelitian
5. Data sifat mekanik
6. batuan berdasarkan hasil *logging geotech*.
7. Data *Horizontal drill*

4. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data hasil pengukuran langsung di lapangan yaitu menentukan arah umum longsor dengan bantuan *software Dips*, melakukan permodelan penampang dengan bantuan *software*

Minesight, serta melakukan analisa kestabilan lereng dengan menggunakan software rock lab dan *Slide v5.0*.

Analisa hasil pengolahan data
Menganalisa hasil pengolahan data untuk mengambil kesimpulan.

PENELITIAN LAPANGAN

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data-data yang merupakan gambaran kenyataan yang ada di lapangan pada PT. Newmont Nusa Tenggara dengan urutan sebagai berikut :

Observasi Lapangan

Hal ini dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dengan cara mengamati secara langsung proses kegiatan di lapangan guna mempermudah dalam mengerjakan objek penelitian tersebut.

Daerah Penelitian

Penelitian terletak pada areal penambangan emas dan tembaga khusus pada daerah *SouthEast Wall* PT. Newmont Nusa Tenggara Batuhijau open pit. Metode penambangan pada daerah ini menggunakan metode peledakan untuk material yang relatif keras, sedangkan untuk material yang lunak menggunakan metode *Freedig*.



Gambar Kondisi Lereng, Litologi dan Struktur Kekar Daerah Penelitian

TAHAPAN PENGOLAHAN DATA

Tahapan ini dilakukan dengan menggabungkan antara data primer maupun data skunder pada PT. Newmont Nusa Tenggara. Untuk mencapai tujuan yang diharapkan dilakukan tahapan penelitian, yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap analisis dan tahap penyelesaian serta penyajian data.

DATA PENELITIAN

Untuk mengetahui besarnya pengaruh *Water Pressure* terhadap kestabilan lereng, dalam hal ini nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*), maka diperlukan beberapa data, baik itu data hasil pengukuran sebelumnya maupun data hasil pengukuran langsung di lapangan (Data Primer). Data yang dimaksud meliputi pengambilan data geologi (*Corring Orientation*), data VWP (*Vibrating Wire Piezometer*), foto lokasi penelitian, serta penampang (*section*) daerah penelitian.

Data VWP (*Vibrating Wire Pizometer*) di ambil dari 8 sumur yang 6 diantaranya adalah *corring orientation well* dan 2 lainnya adalah *horizontal drilling* pada area *SouthEast Wall* PT. Newmont Nusa Tenggara Batuhijau *open pit*. Sensor VWP di pasang pada kedalaman tertentu sesuai dengan besar kemampuan sensor penerima tekanan pada masing-masing sensor VWP. Beberapa data adalah data sekunder dari pengukuran sensor sebelumnya yang telah terinstalasi. Pengambilan data VWP dilakukan setiap 2 hari, salah satu diantaranya pengukuran dilakukan setiap jam (*Data Logger*). Hasil pengukuran berupa *power pressure* yang akan di olah dengan kalibrasi tiap alat sensor VWP dan temperatur air pada masing-masing sensor VWP. Data kemudian di olah di studio dengan batuan *software AC-Quaire* atau *excel workshet* yang sebelumnya telah di buat formula sesuai

dengan kalibrasi masing-masing sensor VWP.

Data Geologi diperoleh dengan pengambilan data hasil *logging* geoteknik pada tiap-tiap sumur bor dari data sebelumnya serta beberapa *logging* data sumur baru selama Penelitian Tugas Akhir berlangsung yang bertujuan untuk mengklasifikasi sifat massa batuan (*Rock Mass Rating*) pada area penambangan. Selain pengambilan data hasil *logging* geoteknik juga dilakukan line mapping wall untuk mendukung keakuratan data *Rock Mass Rating*.

Terhadap data-data diatas kemudian dilakukan analisis lebih lanjut sehingga dapat ditentukan kondisi geologi, kondisi hidrogeologi bawah permukaan *slope area SouthEast Wall* serta nilai faktor keamanan lereng pada area *SouthEast Wall* dan PT. Newmont Nusa Tenggara Batuhijau *open pit*.

TAHAPAN PENELITIAN

Pada tahapan ini penulis menggunakan teori yang ada serta menggabungkan antara data sekunder dan data primer untuk dianalisis dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *MineSight*, *Excel workshet*, *Rocklab*, dan *Slide v.05* sehingga didapatkan pendekatan penyelesaian masalah. Untuk mencapai tujuan yang diharapkan dilakukan tahapan-tahapan penelitian, yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap analisis dan tahap penyelesaian serta penyajian data.

TAHAP PENGUMPULAN DATA

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pemantauan serta pengambilan data secara langsung di lapangan yang dilakukan oleh peneliti, serta data-data sekunder pendukung. Data yang dikumpulkan di analisa lebih lanjut untuk mempresentasikan secara maksimal kondisi hidrogeologi daerah penelitian.

Data primer di dapatkan dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan, pengukuran sensor VWP pada tiap-tiap sumur bor (*ReadOut manual* dan *Data Logger*) serta melakukan *logging* geoteknik. Pengukuran data di lapangan dimaksudkan untuk memperoleh data seaktual mungkin mengenai kondisi geologi serta besar nilai pengukuran data yang akan di olah. Data sekunder di peroleh dari hasil pemantauan sebelumnya, serta beberapa data pendukung yang didapatkan dari departemen terkait pada area konsen penambangan PT. Newmont Nusa Tenggara Batuhijau. Data sekunder lainnya meliputi lembar Peta Geologi Regional Nusa Tenggara barat dan beberapa literatur lainnya.

VWP (VIBRATING WIREPIEZOMETER)

Dalam menentukan kedalaman muka airtanah dapat di tentukan dari pembacaan VWP (*Vibrating Wire Piezometer*) yang telah terinstalasi. VWP mengkonversi tekanan air menjadi signal frekwensi melalui alat *diaphragm* dan kawat baja pra-tekan (*pre-tensioned steel wire*). Alat ini di disain untuk mengetahui perubahan tekanan *diaphragm* yang menyebabkan perubahan tekanan di kawat-kawat yang terhubung. Lalu kawat ini akan bergetar sesuai dengan frekwensi naturalnya. Frekwensi getaran di kontrol oleh tekanan kawat. Kuadrat frekwensi berbanding langsung dengan tekanan dalam *diaphragm* dan sangat linear.

$$Pore\ Pressure = (F_0 - F_1) C_p + (T_1 - T_0) C_r$$

Dimana:

F_0 = Frekwensi selama proses instalasi

F_1 = Frekwensi Pembacaan

C_p = Koefisien Tekanan

T_0 = Ambient Temperature

T_1 = Temperature Pembacaan

C_r = Koefisien Thermal

Sumber : *Vibrating wire pressure transducer calibration report*

Nilai Cp, T0, Cr memiliki nilai yang berbeda untuk masing-masing sensor sesuai nomor seri sensor, nilai tersebut merupakan tetapan oleh produsen pembuat sensor tersebut. Ketika getaran kawat terjadi di dekat koil *magnetic* yang sudah terdapat didalam sensor frekwensi getaran tersebut terdeteksi oleh koil dan kemudian ditertransmisikan ke alat pembacanya (*readout*) melalui kabel sensor VWP dikalibrasi oleh pembuat yang diberikan dalam grafik sesuai nomor seri masing-masing sensor.

Secara garis besar pada analisa data VWP (*Vibrating Wire Piezometer*) dapat di ringkas sebagai berikut:

1. Membuat pemodelan serta interpretasi dari data pembacaan VWP menjadi data sebaran *water pressure* pada tiap sayatan
2. Melakukan pengujian penetapan ambang batas tekanan pada kedalaman tertentu pada masing-masing sayatan sebaran *water pressure*.
3. Melakukan penentuan ambang batas yang akan diaplikasikan pada penggunaan *horizontal drilling*.

GEOMETRI ATAU *SCAN LINE MAPPING*

Pengambilan data scanline dari arah utara dan timur dinding dengan jarak rata-rata 53.5 m. Dengan mengukur kekar pada dinding untuk menambah keakuratan data pada nilai RMR pada daerah penelitian.

RMR (*ROCK MASS RATING*)

Dalam mekanika batuan dikenal sebagai istilah RQD *rock quality designation* yaitusuatu penadaan atau penilaian kualitas batuan berdasarkan kekar. RQD penting dalam pembobotan massa batuan atau bisa dikatakan dengan RMR (*Rock Mass Rating*) dan pembobotan massa lereng (*Slope mass Rating*) SMR. Adapula yang disebut dengan Slope Mass Rating (SMR) adalah penerapan nilai RMR untuk memperkirakan sudut kemiringan lereng.

Perhitungan RQD dapat dihitung dari retakan – retakan pada dinding penelitian.

$$RQD = 100 (0.1 \lambda + 1)e^{-0.1 \lambda}$$

λ = rasio antara jumlah kekar dengan panjang scan-line (kekar/meter)

makin besar RQD, maka frekuensi retakannya kecil begitu dengan sebaliknya nilai retakan makin banyak maka nilai RQD makin kecil.

Tabel Penilaian RQD

RQD (%)	Nilai
90-100	Sangat buruk
75- 90	Buruk
50-75	Sedang
25-50	Baik
<25	Sangat baik

Sumber : *rock mass classification-rocscience*

RMR adalah pembobotan massa batuan. RMR dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel. Penilaian RMR

DESKRIPSI	NO KELAS	RATING
Sangat buruk	V	<21
Buruk	IV	21-40
Sedang	III	41-60
Baik	II	61-80
Sangat baik	I	81-100

Sumber : *Edumine-propesional development and training for mining and the geosciences*

Mengaitkan nilai RMR dengan faktor penyesuaian dari orientasi kekar terhadap orientasi lereng serta sistem

pengupasan lereng dalam bentuk angka atau rating (pembobotan) yaitu :

Tabel Perbandingan nilai SMR dan Nilai RMR

Sudut lereng, (pembobotan massa lereng, SMR)	Nilai RMR (pembobotan Massa Batuan)
75°	81-100
65°	61-80
55°	41-60
45°	21-40
35°	00-20

Sumber : *rock mass classification-rocscience*

ANALISIS KESTABILAN LERENG

Analisis data di lakukan dengan *software slide v.05*, dengan membandingkan metode Morgenstern-Price dan *Bishop Simplified*, yang nantinya akan dipilih metode mana yang menunjukkankondisi terburuk (*worst case*) terhadap nilai *safety factor* yang didapat. serta tipe data yang akan digunakan yaitu *streghGeneralise Hoek-Brown*. Data-data yang akan dianalisa sebelumnya diolah menggunakan *software Rocklab* sebelum dianalisa menggunakan *software slide v.05*, termasuk dalam pembuatan pemodelan geometri lereng, batas litologi, penempatan struktur serta letak masing-masing sensor pada beberapa lokasi *drill hole* yang masuk kedalam *section* lereng. Adapun data-data yang di masukan adalah data-data geometri lereng, stuktur mayor, batas *Rock Mass Rating*, batas *Disturbance Factor* D0 dan D1 serta hasil pengujian laboratorium yang meliputi UCS, GSI, *Intac Rock Constant* (mi) dan data *Disturbance Faktor*. Selain data-data tersebut data dari tiap-tiap *water pressure* di masukan sebagai data penyebaran *water pressure grid*.

Data-data tersebut dianalisa dengan membuat berbagai macam interpetasi dasar seperti konsep-konsep tekanan hidrostatik, pembebanan dan mekanika batuan. Dari berbagai analisa serta ujicoba yang di lakukan akan di buat rekomendasi akhir untuk memepertahankan stabilitas lereng tambang sesuai dengan nilai *Safety Factor* yang di inginkan.

TAHAP ANALISIS

Tahap analisis data melewati beberapa tahapan untuk dapat mencapai tujuan penelitian, yaitu analisisdata VWP (*Vibrating Wire Piezometer*) dan analisiskestabilan lereng dengan menggunakan *software Rocklab* dan *Slide v.05*. Data yang di input kedalam kedua *software* tersebut antara lain data geometri lereng *phase 5* dan *phase 6* pada *section* N117°E dan N163°E, data batas nilai RMR (*Rock Mass Rating*), data penyebaran besarnya tekanan air (*water pressure*), serta data batas *disturbance Factor* (D). Setelah semua data telah di input, maka akan terlihat permodelan batas batuan serta penyebaran *water pressure* yang ada pada masing-masing *section* tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi dengan bantuan sofwere Slide V.5 dari data VWP (*Vibrating Wire Piezometer*) bahwasanya didapatkan Faktor keamanan yang didapatkan dari hasil analisis gambar simulasi nilai FK yaitu 1.308 pada kedalaman 25 Meter pada tekanan 400 Kpa kemudian pada kedalaman 25 meter selanjutnya dengan tekanan 450 Kpa, FK 1.211 dan kedalaman 25 meter selanjutnya dengan tekanan 500 Kpa, FK 1,001 sedangkan pada kedalaman kelipatan 50 meter hanya berbeda tekanan akan tetapi dengan FK yang sama yaitu 800 Kpa, 900 Kpa, 1000 Kpa, pada section N117°E.

Pada section N163°E dengan kelipatan kedalaman yang sama nilai FK dan tekanan berbeda yaitu pada kelipatan kedalaman 25 meter didapatkan tekanan

yaitu sebesar 300Kpa dengan FK 1.387, 350 Kpa dengan FK 1.206, 400 Kpa dengan FK 1.113, sedangkan pada kedalaman 50 meter sebesar 600 Kpa dengan FK 1.387, 750 dengan FK 1.206, 800 Kpa dengan FK 1.113.

Nilai faktor keamanan yang diminta oleh perusahaan untuk merekomendasikan phase 6 adalah 1.2 untuk mensinkronisasikan phase 5 dan phase 6, untuk mendapatkan nilai FK yang stabil.

Berdasarkan hasil simulasi phase 6 pada software Slide V.5 dengan menggunakan metode limit equilibrium yaitu metode Bishop dan Morgenstern Price dengan tambahan data VWP (*Vibrating Wire Piezometer*) dan *line Mapping geotechnical* maka didapatkan nilai FK yang diminta oleh perusahaan serta untuk mensinkronkan phase 5 dan phase 6 dalam proses *cut bance* yaitu 1,211 pada section N117°E dengan menjaga tekanan air pada kedalaman 25 meter dari muka lereng sebesar 450 Kpa dan pada kedalaman 50 meter dari permukaan lereng sebesar 900 Kpa, sedangkan pada section N163°E yaitu dengan nilai FK 1.206 dengan menjaga tekanan air pada kedalaman 25 meter dari permukaan lereng sebesar 350 Kpa serta pada kedalaman 50 Meter dari permukaan lereng sebesar 750 Kpa, untuk mensinkronkan antara phase 5 yang mempunyai nilai FK yang cukup tinggi dibandingkan nilai FK pada phase 6, agar untuk menjaga tekanan air berdasarkan uraian diatas karena salah satu pengaruh atau penyebab dari tidak stabil suatu lereng yaitu tekanan air (*water pressure*).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang diperoleh, Kondisi awal *water pressure phase 5* apabila diaplikasikan pada kondisi *phase 6* akan menyebabkan penurunan nilai *safety factor* yang drastis, dimana hal tersebut dapat menimbulkan longsor, karena disebabkan letak *water surface* yang sangat dekat dengan *wall surface* sehingga *water pressure* yang diterima dinding tambang cukup tinggi. Untuk mendapatkan

kondisi lereng *SouthEast Wall phase 6* yang stabil berdasarkan permintaan perusahaan, maka perlu menjaga *water pressure* pada kedalaman 25 meter pada angka 350 – 450 Kpa serta pada kedalaman 50 meter pada angka 750 – 900 Kpa dengan FK (Faktor Keamanan) sebesar 1.2

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada pemimpin perusahaan PT NEWMONT NUSA TENGGARA untuk tempat, waktu dan kesempatan guna melaksanakan tugas akhir serta karyawan yang telah membimbing dan memberikan motivasi.

1. Peter Yapianto selaku karyawan pada bagian *dump and project engineering*.
2. Toni A Renjani selaku karyawan pada Bagian *Geotech engineering*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouwer, H. 1978. *Ground hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York.
- Chae, B.G, Yichikawa, G.C, 1981, ISMR (*International society for rock mechanics*), *international symposium, weak rock-soft, fractured and weathered rock*, Tokyo, Japan.
- Das, B. (1994). *Principles of Geotechnical Engineering*. Boston: PWS Publishing Company.
- Eberhardt, Erik. 2003. *Rock slope stability analysis – utilization of advanced numerical techniques*. University of British Columbia.
- Geoff Baele, 6 Oct 2009, *Review of hydrogeology and pit slope drainage program, Technical Memorandum*, Batu Hijau, Sumbawa. Not published
- Gouw Tjie Liong, Dave Juven George Herman HATTI-PIT-XVI 2012
- Hoek, E. and Bray, J.W., "Rock Slope Engineering" 3rd Ed., *The Institution Of Mining and Metallurgy* London, 1

- Hudson, J.A & Harrison, J.P. (1997). *Engineering Rock Mechanics: an introduction to the Principles*. Elsevier Sien: Oxford, 444 pp.
- Irianto. B., and Clark, G.H. 1995. *The Batu Hijau porphyry copper-gold deposit, Sumbawa Island*, Indonesia. In Maluk, J.L. and St. George, J.D. eds. 1995 Pacrim Congress. Auckland. New Zealand. November 19-22. 1995. Glenside. South Australia. Australia Mineral Fondation. Proceedings. P. 299-304
- Peterson, Jennifer Lynn. 1999. *Probability Analysis of Slope Stability*, thesis at west Virginia University, Morgantown, West Virginia
- Proffett, I & Mitchell, P. 1997. *Tonalite Porphyry Intrusion and Wal-Rock Alteration. Batu Hijau Porphyry Cu-Au Deposit. Sumbawa. Island. Indonesia*. A Newmont Interium Report
- Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsoran*, SKBI .3.06.1987 UDC 624.13 (083.7), Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit PU.
- Sullivan, T.D. 1990. Understanding Pit Slope Movements*, In Geotechnical Instrumentation And Monitoring In Open Pit And Under Ground Mining (Ed: Szwedzicki) pp 435-445 (Balkema: Rotterdam).
- Samang Lawalenna, Azikin Busthan. Analisis Stabilitas Lereng. September 2005. Universitas Hasanuddin.
- Vibrating Wire Preassure Transducer calibrasi report. January 14. 2011*
- Yonsaputra, R.R, 2012, *Analisis Pengaruh Water Pressure Terhadap Kestabilan Lereng South East Wall Pahse 6 Di Area Pertambangan PT. Newmont Nusa Tenggara, Kabupaten Sumbawa Barat*, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Zakaria, zaulfida. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*, geologi teknik, FMIPA-UNPAD.