

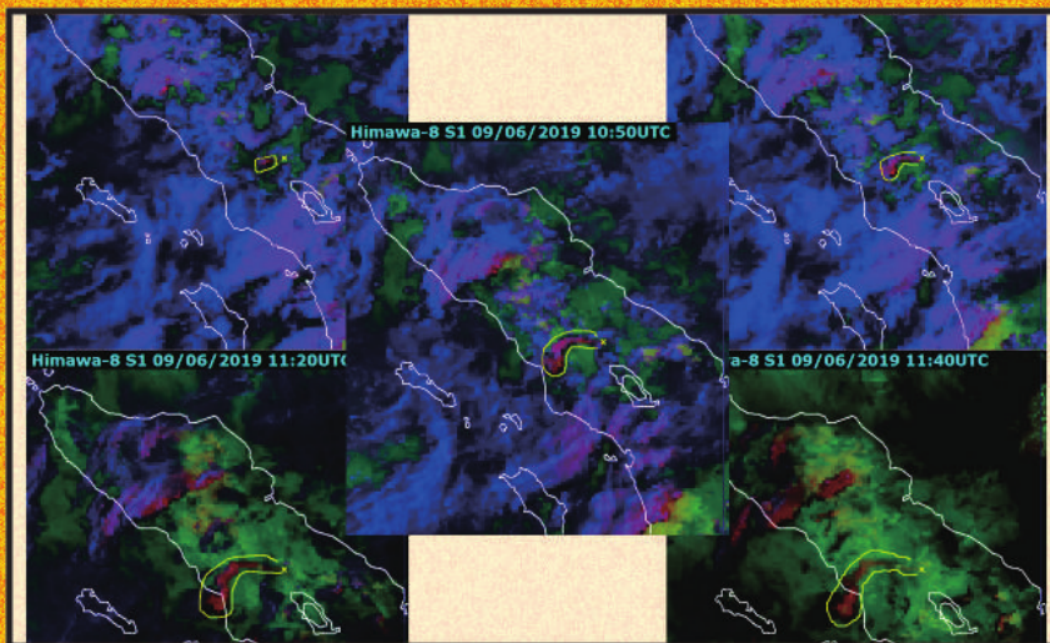
Analisis Geologi Teknik Pada Kestabilan Lubang Bukaan Tambang Bawah Tanah Menggunakan Metode Elemen Hingga

By A.A Inung Arie Adnyano

P-ISSN : 1693 - 4873
E-ISSN: 2541-514X

Bulletin of Scientific Contribution **GEOLGY**

Volume 17, No.3, Desember 2019






Penerbit :
Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN
Publisher :
Faculty of Geological Engineering
PADJADJARAN UNIVERSITY

Bulletin of Scientific Contribution : GEOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.24198/bsc%20geology.v17i3>

Daftar Isi

PENENTUAN DISTRIBUSI SLIP DAN ASPERITAS GEMPABUMI MENGGUNAKAN METODE INVERSI GELOMBANG BADAN TELESEISMIK STUDI KASUS: GEMPABUMI LOMBOK Mw 6,9 (9 AGUSTUS 2018)	153-160 
 10.24198/bsc_geology.v17i3.24181	
 <i>Ramadhan Priadi, Admiral Musa Julius, Iman Suardi</i>	
PALYNOSPORE PADA LAPISAN BATUBARA FORMASI BAYAH, RANGKASBITUNG	161-166 
 10.24198/bsc_geology.v17i3.23994	
 <i>. Winantris</i>	
ANALISIS GEOLOGI TEKNIK PADA KESTABILAN LUBANG BUKAAN TAMBANG BAWAH TANAH MENGGUNAKAN METODE LEMEN HINGGA	167-172 
 10.24198/bsc_geology.v17i3.24900	
 <i>A.A Inung Arie Adnyano, Rizqi Fahrizal Fallah</i>	
STRATIGRAFI VULKANIK DI LERENG UTARA GUNUNG TANGKUBAN PARAHU, DAERAH CISALAK, KABUPATEN SUBANG, PROVINSI JAWA BARAT	173-186 
 10.24198/bsc_geology.v17i3.24985	
 <i>Yuyun Yuniardi, . Hendarmawan, Vijaya Isnaniawardhani, . Abdurrokhim, Panji Ridwan</i>	
Deteksi Sebaran Debu Vulkanik Menggunakan Citra Satelit Himawari-8 (Studi Kasus Gunung Sinabung 9 Juni 2019)	187-192 
 10.24198/bsc_geology.v17i3.25582	
 <i>Deka Agung Pratama, M. Fakhru Islam Masruri, Mahmudi Bagus Saputro, Nanda Dewi Pamungkas Siwi, Rahpeni Fajarianti, Relly Margiono</i>	
PENDEKATAN KUANTITATIF DALAM PENENTUAN ASOSIASI FASIES LAUT DALAM FORMASI HALANG PADA SUNGAI KALIGINTUNG, JAWA TENGAH	193-204 
 10.24198/bsc_geology.v17i3.23503	
 <i>MUHAMAD AGAM SUBAGJA, Djadjang Jedi Setiadi, Lia Jurnaliah, Ildrem Syafri, Syaiful Alam, Dhanu Elftra</i>	
Karakteristik Kimia Organik Pada Akifer Bebas di Beberapa Lokasi Pemanfaatan Lahan Daerah Jatinangor Dan sekitarnya	205-212 
 10.24198/bsc_geology.v17i3.23120	
 <i>. wahyudi, Bombom Rahmat Suganda, Sapari Dwi Hadian, Yoga Andriana Sendjaja, Budi Irawan</i>	

Pimpinan Editorial

Muhammad Kurniawan Alfadli, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Indonesia

Anggota Editorial

Yudhi Listiawan, Fakultas Teknik Geologi UNPAD, Indonesia
Nanda Natasia, Indonesia

Penelaah Makalah

Zamzam Zamzam Akhmad Jamaluddin Tanuwijaya, Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika - ITB, Indonesia
Nana Sulaksana, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Indonesia
Boy Yoseph Cahya Sunan Sakti Syah Alam, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran
Winantris -, Fakultas Teknik Geologi UNPAD, Indonesia
Lili Fauzielly, Indonesia
Emi Sukiyah, Indonesia
ZZ Zufaldi Zakaria, Fakultas Teknik Geologi, UNPAD Universitas Padjadjaran, Indonesia
abdurrokhim . Abdurrokhim, Geology, Universitas Padjadjaran, Indonesia
Ildrem Syafri, Indonesia



ANALISIS GEOLOGI TEKNIK PADA KESTABILAN LUBANG BUKAAN TAMBANG BAWAH TANAH MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

19 A. A. Inung Arie Adnyano, Rizqi Fahrizal Fallah
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Sleman-Yogyakarta
Email: inungarie@itny.ac.id

ABSTRACT

One of the problems often faced in underground mining systems is the stability of the opening hole. The potential instability that occurs in underground opening holes will always require special handling, especially to maintain the safety of workers, and prevent disruption of production (Koesnaryo, 1999). The stability of the opening hole and the role of the thickness of the pillar left behind are closely related to the use of a buffer system. The role of the pillar is important for mining activities, the thinner the pillar is left, the greater the acquisition of ore, but the potential for collapse will be even greater. shows that the pillar must be strong and able to withstand the load within a certain period so that the mining process can take place properly. Therefore, stability analysis and pillar dimensions are needed so that the risk of instability can be overcome. This research was conducted at CKN_975_XC12_STH PT. Cibaliung Sumberdaya, located in Cimanggu District, Pandeglang Regency, Banten Province. This research was conducted to determine the strength of the rock excavated by estimating the value of the Safety Factor (FK) of the opening hole. The rock classification was carried out with the RMR system and FK values were obtained using the Mohr-Coulomb collapse criteria. Open hole modeling using the finite element method. Based on the characterization of rock mass around the opening hole is class IV (poor) with a range of values of RMR. The opening hole studied is the buffer system existing 30-35. CKN_975_XC12_STH double drift with a distance of 5 meters which is feasible to use.

Keywords : geotechnical engineering, underground mining, safety factor.

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang sering dihadapi pada sistem penambangan bawah tanah adalah kestabilan lubang bukaan. Potensi ketidakstabilan yang terjadi pada lubang bukaan bawah tanah akan selalu membutuhkan penanganan khusus terutama untuk menjaga keselamatan pekerja, dan mencegah terganggunya produksi (Koesnaryo, 1999). Kestabilan lubang bukaan dan peranan ketebalan pilar yang ditinggalkan berkaitan erat dengan penggunaan sistem penyangga. Peranan pilar penting untuk aktifitas penambangan, semakin tipis pilar yang ditinggalkan, semakin besar perolehan bijih, akan tetapi potensi terjadi keruntuhan akan semakin besar. menunjukkan bahwa pilar harus kuat dan mampu menahan beban dalam jangka waktu tertentu agar proses penambangan dapat berlangsung dengan baik. Maka dari itu, diperlukan analisis kestabilan dan dimensi pilar agar risiko akibat ketidakstabilan dapat teratasi. Penelitian ini dilakukan di CKN_975_XC12_STH PT. Cibaliung Sumberdaya, yang terletak di Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan batuan yang digali dengan memperkirakan nilai Faktor Keamanan (FK) lubang bukaan. Pengklasifikasian batuan dilakukan dengan RMR system dan nilai FK diperoleh menggunakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb. Pemodelan lubang bukaan dengan menggunakan metode elemen hingga. Berdasarkan karakterisasi massa batuan disekitar lubang bukaan adalah terkekarkan kelas IV (poor) dengan kisaran nilai RMR 30 – 35. Lubang bukaan yang diteliti adalah Sistem penyangga existing CKN_975_XC12_STH double drift dengan jarak 5 meter layak digunakan.

Kata Kunci : geoteknik, tambang bawah tanah, faktor keamanan.

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang sering dihadapi pada sistem penambangan bawah

5 nah adalah kestabilan lubang bukaan. Potensi ketidakstabilan yang terjadi pada lubang bukaan bawah tanah akan selalu membutuhkan penanganan khusus terutama untuk menjaga keselamatan pekerja, dan mencegah terganggunya produksi (Koesnaryo,1999). Kestabilan lubang bukaan dan peranan ketebalan pilar yang ditinggalkan berkaitan erat dengan penggunaan sistem penyangga. Peranan pilar sangatlah penting untuk aktifitas penambangan di level tersebut dan di sisi lain ketebalan pilar yang ditinggalkan sangat mempengaruhi perolehan bijih. Semakin tipis pilar yang ditinggalkan, semakin besar perolehan bijih, akan tetapi potensi terjadinya keruntuhan akan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa pilar harus kuat dan mampu menahan beban dalam jangka waktu tertentu yang diperlukan agar proses penambangan dapat berlangsung dengan baik.. Maka dari itu, diperlukan analisis kelayakan sistem penyangga dan dimensi pilar agar resiko akibat ketidakstabilan dapat teratasi. Penelitian ini dilakukan di Blok Cikongeng PT. Cibaliung Sumberdaya, yang terletak di Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Kegiatan tambang bawah tanah sangat beresiko tinggi sehingga sangat diperlukan penanganan yang ekstra hati-hati dalam pengerjaannya. Pembongkaran batuan akan berpengaruh langsung terhadap kekuatan dan bentuk batuan yang dibongkar, dengan demikian batuan akan mencari keseimbangan baru setelah adanya perlakuan yang diberikan terhadapnya. Dengan sifat alami batuan tersebut maka batuan akan mencari bidang bebas untuk berdeformasi dan memungkinkan tercapainya keseimbangan baru, perilaku ini ditunjukkan dengan adanya perpindahan pada dinding, atap dan pilar terowongan, longsoran ataupun ambruk pada terowongan.

15

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kelas massa batuan pada lubang bukaan CKN_975_XC12_STH.
2. Mengevaluasi sistem penyanggaan yang digunakan oleh PT. Cibaliung Sumberdaya melalui analisis menggunakan metode elemen hingga.
3. Menentukan sistem penyangga dan dimensi pilar yang tepat untuk mengatasi ketidakstabilan lubang bukaan melalui permodelan numerik.

TAHAPAN PENELITIAN

Dalam kegiatan penelitian, tahapan metodologi penelitian diperlukan agar pengambilan dan pengolahan data lebih efisien dan terarah. Adapun tahapan

metodelogi penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut :

1. Studi Pustaka
 - a. Metode tambang bawah tanah dan terowongan.
 - b. Klasifikasi Massa Batuan.
 - c. Permodelan Numerik (*Finite Element Method*)
 - d. Sistem Penyangga (Hoek, E. Kaiser, 1995)
2. Observasi Lapangan
 - a. Observasi dan pengamatan secara langsung dilapangan serta mencari data – data pendukung.
 - b. Menentukan titik dan batas lokasi pengamatan agar penelitian tidak meluas, tidak keluar dari permasalahan yang ada, serta data yang diambil dapat dimanfaatkan secara efektif.
 - c. Melakukan observasi lapangan dengan pengamatan secara langsung terhadap kondisi *hangingwall* dan *footwall*.
3. Pengambilan Data
Pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - a. Data Primer:
 - 1) Kuat Tekan Batuan.
 - 2) RDQ Batuan.
 - 3) Spasi Bidang Diskontinu.
 - 4) Kondisi Bidang Diskontinu.
 - 5) Kondisi Air Tanah.
 - 6) Orientasi Bidang Diskontinu Terhadap Arah Penggalian.
 - 7) Pengukuran Dimensi Lubang Bukaan.
 - b. Data Sekunder:
 - 1) Peta Lokasi Penelitian.
 - 2) Peta Geologi Regional (Batuan, stratigrafi, dan struktur geologi).
 - 3) Propertis *Split-set (tensile capacity, tributary area, bolt modulus, bond strength, and bond shear stress)*, dan *Shotcrete (thickness, young's modulus, poisson's ratio, compressive strength, and tensile strength)*.
 - 4) Propertis Batuan (*unit weight, young's modulus, intact compressive strength, mb, and s*).
 - c. Alat yang digunakan :
 - 1) Kompas Geologi
 - 2) Palu Geologi
 - 3) Alat Tulis
 4. Analisis Data
 - a. Karakterisasi dan klasifikasi massa batuan.
 - b. Analisis dengan menggunakan permodelan numerik.
 - c. Jumlah dan kombinasi sistem penyangga (*split-set*, dan *shotcrete*).
 - d. Penentuan faktor keamanan pada lubang bukaan dengan

menggunakan kriteria runtuh Mohr-Coulomb.

TOPOGRAFI DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

PT. Ciabaliung Sumberdaya merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian antara 300 hingga 620 meter dpl dengan kemiringan lereng 7 – 20 %. Perbukitan tertinggi terletak di sebelah barat daerah KP. Eksplorasi Cibaliung, yakni Gunung Honje dengan ketinggian 620 m di atas permukaan laut dan termasuk dalam kawasan Taman Nasional Gunung Kulon.

Sungai utama yang mengalir di daerah ini adalah Sungai Citeluk, Sungai Cikoneng, dan Sungai Cibeber, yang mengalir dari utara ke selatan dan umumnya membentuk pola pengaliran rektangular.

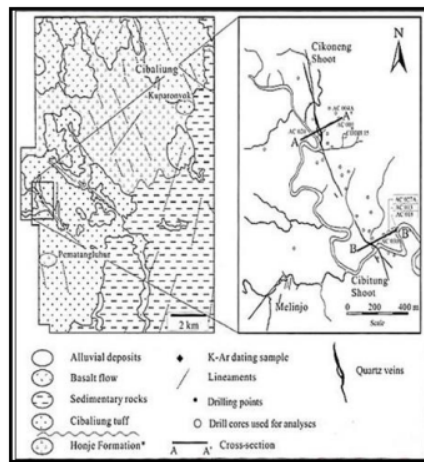
Sejarah geologi daerah penelitian dimulai dengan terendapkannya Formasi Honje yang diperkirakan berumur Miosen Akhir. Formasi ini terdiri dari lava andesit dan breksi vulkanoklastik dengan beberapa sisipan sedimen tufaan. Kemudian, intrusi andesit sampai diorit dan terkadang granodiorit menerobos Formasi Honje. Intrusi ini berasosiasi dengan *Heterolithic Milled Matrix Breccia* (HMMB) atau *diatreme*, yang terbentuk setelah intrusi tapi sebelum terbentuknya urat epitermal, dimana HMMB ini merupakan pemicu terbentuknya mineralisasi di daerah penelitian. Kemudian terjadi perlipatan pada Formasi Honje karena penerobosan intrusi tersebut. Setelah Formasi Honje tersingkap dan tererosi, lalu diendapkan Formasi Tuf Cibaliung di atas Formasi Honje secara tidak selaras. Kemudian dilanjutkan dengan pensesaran berarah baratlaut-tenggara, utara baratlaut-selatan tenggara, dan timurlaut-baratdaya. Setelah itu, diendapkan Formasi *Younger Sediment Rock* berumur Pliosen di atas Formasi Honje bagian timurlaut secara tidak selaras. Dimana, formasi ini dilapisi oleh aliran lava basalt tipis yang menebal ke arah timur karena merupakan hasil dari erupsi pusat vulkanisme yang terletak di sebelah timur daerah penelitian.

Cebakan bijih di KP. Eksploitasi Cikoneng - Cibitung terbentuk pada kompleks dilational jog yang bertepatan dengan pola struktur "sigmoid bends" pada daerah perpotongan antara sistem patahan berarah baratlaut-tenggara, utara baratlaut- selatan tenggara, dan timurlaut-baratdaya. Sehingga zona mineralisasi vertikal terbentuk lebih panjang daripada lateralnya, dimana hal ini merupakan hasil kombinasi efek dilatasi dari patahan utama.

Secara struktur geologi, prospek emas di KP. Eksplorasi Cibaliung terletak dalam koridor struktur yang berarah baratlaut-tenggara

dengan lebar 3,5 km dan panjang 6 km. Dua struktur yang berarah utara baratlaut-selatan tenggara, yang kaya cadangan emas adalah urat Cikoneng di sebelah utara dan urat Cibitung di sebelah selatan. Urat yang mengandung emas ini masing-masing memiliki ukuran tebal 1- 10 meter, panjang 140-200 meter, dengan kedalaman sampai lebih 300 meter dan masih menerus ke bawah.

Mineralisasi emas - perak di KP. Eksplorasi Cibaliung terdapat di dalam urat kuarsa yang dapat dikategorikan sebagai mineralisasi tipe "low sulphidation epithermal adularia-sericite" (Hayba, 1985; Bonham, 1986) atau "epithermal quartz gold-silver vein" (Corbett & Leach, 1998; Leach & Corleet, 2000).



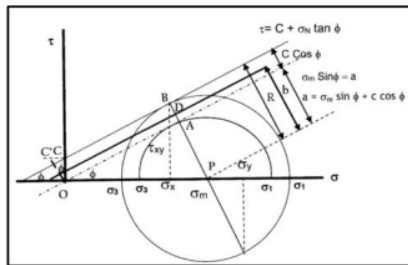
Gambar 1. Peta Lokasi KP. Eksplorasi dan KP. Eksploitasi (PT. Cibaliung Sumberdaya, 2009)

18 SAR TEORI KLASIFIKASI MASSA BATUAN

Klasifikasi massa batuan pada penelitian ini menggunakan sistem *Rock Mass Rating* (Bieniawski, 1989). Dalam klasifikasi geomekanika, diperlukan adanya pengamatan dan perlakuan khusus dari batuan untuk dapat mengetahui karakteristik dari batuan yang akan diteliti. Perlakuan tersebut dapat berupa pengukuran maupun pengujian sifat fisik dan sifat mekanik pada batuan. Untuk itu perlu dilakukan pengambilan contoh dari batuan untuk diuji pada laboratorium. Dalam hubungannya untuk mengetahui karakteristik massa batuan, perlu dilakukan uji sifat fisik dan sifat mekanik batuan. Sehingga dapat diperoleh data klasifikasi massa batuan.

KRITERIA KERUNTUHAN MOHR-COULOMB

Pendekatan klasik yang digunakan untuk mendesain suatu model keteknikan adalah dengan mempertimbangkan hubungan antara kapasitas C (kekuatan atau gaya penahan) dari suatu elemen terhadap penekan atau penggerak D (tegangan atau gaya penggerak). Faktor keamanan (*safety factor*) dari suatu model keteknikan adalah $F = C/D$, dan keruntuhan diasumsikan terjadi apabila F kurang dari 1. Untuk perhitungan angka keamanan (S.F = *Safety Factor*) dipakai kriteria *Mohr-Coulomb*, angka keamanan (*safety factor*) dihitung berdasarkan rumusan berikut :



Gambar 2. Perhitungan FK menurut Kriteria Runtuh Mohr-Coulomb.

$$\begin{aligned}
 a &= PA + AB \dots\dots\dots 1 \\
 b &= \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \dots\dots\dots 2 \\
 \frac{PA}{OP} &= \sin\phi \dots\dots\dots 3 \\
 PA &= OP \sin\phi \dots\dots\dots 4 \\
 PA &= \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right) \sin\phi \dots\dots\dots 5 \\
 AB &= C' O = CO \cos\phi \dots\dots\dots 6 \\
 CO &= Cohesi = \tilde{C} \dots\dots\dots 7 \\
 AB &= \tilde{C} \cos\phi \dots\dots\dots 8 \\
 a &= PA + AB \dots\dots\dots 9 \\
 FK &= \frac{a}{b} = \frac{\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right) \sin\phi + \tilde{C} \cos\phi}{\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)} \dots\dots\dots 10
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- FK = faktor keamanan
- σ_1 = tegangan mayor (MPa)
- σ_3 = tegangan minor (MPa)
- ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$)
- C = kohesi (MPa)

11
 Apabila nilai $FK > 1$ maka batuan dinyatakan dalam kondisi aman, jika nilai $FK < 1$ maka batuan dinyatakan runtuh dan jika nilai $FK = 1$ maka batuan dinyatakan dalam keadaan kondisi kritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN
HASIL KEGIATAN LAPANGAN

Data hasil kegiatan lapangan adalah pengklasifikasian batuan. Pengklasifikasian batuan menggunakan Rock Mass Rating System (Bianawski, 1984). Pengklasifikasian kelas batuan berdasarkan sistem RMR ini

berdasarkan penilaian kuantitatif terhadap kondisi kualitatif dan kuantitatif masa batuan yang terdiri atas kuat tekan batuan utuh, *Rock Quality Designation*, spasi joint, kondisi retakan, kondisi air tanah di *stope* (hasil *mapping*). Data tersebut, kemudian dikoreksi (*adjustment*) dengan orientasi *strike/dip* batuan terhadap *stope*.

Hasil penilaian menunjukkan batuan di lubang bukaan CKN_975_XC12_STH berada pada kelas IV (*poor*) dengan kisaran nilai RMR 30 - 35, klasifikasi massa batumannya dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 1. Hasil Pembobotan Klasifikasi Massa Batuan Lokasi Penelitian

Parameter	Kondisi	Rating				
		20/2019	28/2019	10/2019	11/2019	
Uniaxial Compressive Strength	25 - 50 Mpa	4	4	4	4	
Rock Quality Designation	13	8	8	8	8	
Spasi Batang Dekontaminasi	00 - 200 mm	8	8	10	8	
	Panjang Kesenjangan Bukaan/Retakan	1 - 10 m	2	2	2	2
Kondisi Ketidakmencarian	1 - 5 mm	1	1	1	1	
	Ketersisian Peretakan	Agak Kencar	4	4	4	4
	Kedalaman Peretakan	Keras > 5 mm	4	4	4	4
	Pelapukan	Sedang	4	4	4	4
Kondisi Air Tanah	Lubang	10	7	7	7	
	Buka Sesuai Arah Kemiringan Lubang Bukaan (Dip < 45 - 90)	-12	-12	-12	-12	
RMR		31	30	35	30	
KELAS MASSA BATUAN		IV	IV	IV	IV	

Tabel 2. Dimensi dan Kondisi Lubang Bukaan Saat Penelitian Dilakukan.

Lokasi	Tanggal	Dimensi		Batuan	Tinggi	Kedalaman	Ketebalan
		Lebar (m)	Tinggi (m)				
CKN_975_XC12_STH	25 Maret 2019	3,3	4,33	Andesit & Quartz Vein	975	207	Production
	28 Maret 2019	4,2	4,40	Andesit & Quartz Vein	975	207	Production
	10 Maret 2019	3,4	4,49	Andesit & Quartz Vein	975	207	Production
	31 Maret 2019	4,2	3,77	Andesit & Quartz Vein	975	207	Production

Parameter yang akan diinterpretasi berdasarkan hasil model *numeric* berupa sigma 1, sigma 3, dan faktor keamanan, di sekitar lubang bukaan (*right/left wall, roof, dan pilar*).

Material *back filling* diambil dari material disekitar lubang bukaan. Material sekitar lubang bukaan terdiri dari batuan andesit dan material lainnya (*waste*).

Beberapa pendekatan yang digunakan dalam uji model *numeric* adalah :

1. Ukuran *stope* sesuai dengan hasil pengukuran lapangan.
2. Penggambaran kondisi *stope*, baik *filling floor*, tinggi *pillar*, maupun *filling* diatas *pillar* akan digambarkan sesuai dengan *stope*.
3. Permodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Phase²*.

PEMBAHASAN

Penentuan kekuatan suatu lubang bukaan didasarkan pada kekuatan batuan yang dibongkar untuk pembuatan lubang bukaan itu sendiri. Dalam hal ini analisis kestabilan lubang bukaan pada CKN_975_XC12_STH dengan metode *Cut and Fill* ditentukan dari kestabilan batuan pada *stope*. Setiap *stope* memiliki kestabilan yang berbeda-beda, mulai dari kondisi aman, kritis hingga kondisi tidak aman. Bentuk dan geometri dari *vein* itu sendiri juga mempengaruhi kestabilan lubang

bukaan. Sehingga dalam pembahasan ini akan dilakukan analisis terhadap kestabilan lubang bukaan dan pilarnya.

HASIL PERMODELAN NUMERIK

Hasil pemodelan numerik akan memberikan penilaian terhadap lubang bukaan hasil penggalian. Pemodelan dengan menggunakan perangkat lunak *phase²* menghasilkan luaran yang dapat digunakan untuk menghitung besar sigma 1, sigma 3, dan factor keamanan. Perhitungan akan dilakukan pada CKN_975_XC12_STH.

FAKTOR KEAMANAN

Nilai Faktor Keamanan (FK) juga menggunakan perangkat lunak *phase²* dalam penentuan nilainya. Perhitungan nilai faktor keamanan didasarkan pada kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb yakni perbandingan antara kekuatan batuan dengan beban yang diberikan kepadanya. Adapun parameter yang digunakan pada penentuan nilai FK ini adalah sudut geser dalam (ϕ), kohesi (C), sigma 1 (σ_1) dan sigma 3 (σ_3).

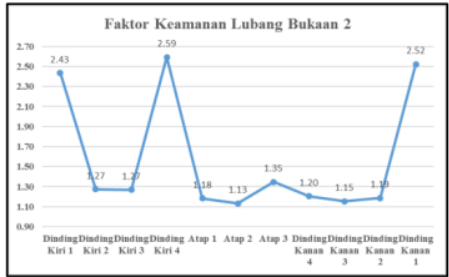
Nilai Faktor Keamanan setelah dilakukannya analisis terlihat mengalami kenaikan pada semua sisi lubang bukaan. Hal ini terjadi karena kestabilan batuan dapat terjaga dan mengalami kenaikan sehingga dapat mencegah terjadinya keruntuhan.. Gaya-gaya yang berada pada semua sisi lubang bukaan tidak dapat menekan kearah bukaan karena telah disangga sehingga dapat menjaga kestabilan batuan. Jika dilihat dari hasil perhitungan Faktor Kamanan ini maka dapat dipastikan bahwa batuan ini aman dan tidak *failure*. 27 hasil perhitungan faktor keamanannya dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 3. Nilai Faktor Keamanan

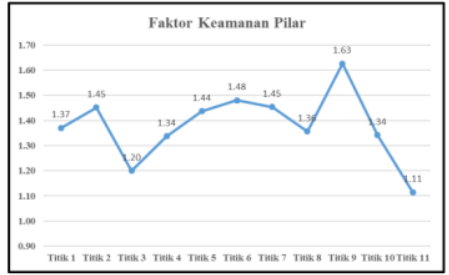
Titik Pengamatan	Lubang Bukaan		Pilar	
	Lubang Bukaan 1	Lubang Bukaan 2	Titik Pengamatan	Faktor Keamanan
Dinding Kiri 1	2.16	2.43	Titik 1	1.37
Dinding Kiri 2	1.34	1.27	Titik 2	1.45
Dinding Kiri 3	1.51	1.27	Titik 3	1.20
Dinding Kiri 4	2.13	2.59	Titik 4	1.34
Atap 1	1.27	1.18	Titik 5	1.44
Atap 2	1.05	1.13	Titik 6	1.48
Atap 3	1.30	1.35	Titik 7	1.45
Dinding Kanan 4	1.20	1.20	Titik 8	1.36
Dinding Kanan 3	1.21	1.15	Titik 9	1.63
Dinding Kanan 2	1.20	1.19	Titik 10	1.34
Dinding Kanan 1	2.33	2.52	Titik 11	1.11



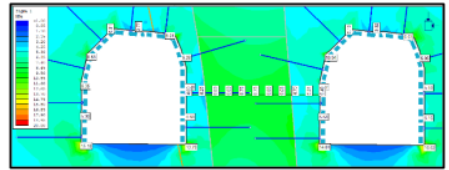
Gambar 3. Grafik Faktor Keamanan Lubang Bukaan 1



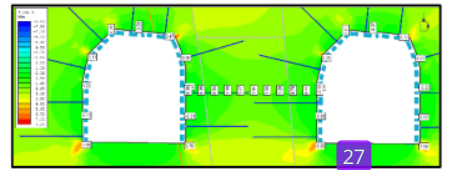
Gambar 4. Grafik Faktor Keamanan Lubang Bukaan 2



Gambar 5. Grafik Faktor Keamanan Pilar



Gambar 6. Nilai Sigma 1



Gambar 7. Nilai Sigma 1

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis adalah :

1. Berdasarkan karakterisasi massa batuan, klasifikasi massa batuan CKN_975_XC12_STH adalah kelas IV (*poor*) dengan kisaran nilai RMR 30 – 35.
2. Berdasarkan hasil analisis, sistem penyangga yang digunakan pada lubang bukaan CKN_975_XC12_STH *double drift* dengan jarak 5 meter layak digunakan.
3. Kombinasi penyangga rekomendasi PT. Cibaliung Sumberdaya dapat meningkatkan nilai $FK > 1$ pada seluruh sisi lubang bukaan dan pada pilar CKN_975_XC12_STH. Maka dari itu, kombinasi penyangga dapat diterapkan untuk mengatasi ketidaklayakan penyangga pada lubang bukaan CKN_975_XC12_STH dengan dimensi pilar sebesar 5 meter.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. Cibaliung Sumberdaya dan semua yang telah membantu dalam kegiatan penelitian di lokasi, serta Tim dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizi, M., S. Kramadibrata, R. Wattimena, I. Djati, Y. Adriyansyah. 2012. *Analisis Resiko Kestabilan Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral x)*. Prosiding Simposium dan Seminar Geomekanika ke-1 Tahun 2012.
- Barton, N. *Forty years For The Q System In Norway And Abroad*.
- Bieniawski, Z. T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. Canada : John Wiley and Sons Corp.
- Brady, B. H. G. Brown, E. T. 1994. *Rock Mechanics For Underground Mining 2nd Edition*. UK.
- Brown, E. T. *Rock characterization testing and monitoring. ISRM suggested method*, Oxford, Peramon. 1981.
- Deere, D. U. 1989. *Rock Quality Designation (RQD) After 20 Years*. Florida.
- Hoek, E. 1987. *Support In Undergorund Hard Rock Mines*. Canada.
- Hoek, E., J. Bray. 2005. *Rock Slope Engineering 4th Edition*. New York : Institute of Mining and Metallurgy.
- Hoek, E., E. T. Brown. 1988. *The Hoek - Brown Failure Criterion*. Canada.
- Hoek, E., P. K. Kaiser, W. F. Bawden. 1995. *Support Of Underground Excavations In Hard Rock*. Rotterdam : Mining Research Directorate.
- Palmstrom, A. 1996. *The Rock Mass Index (RMI) Applied in Rock Mechanics And Rock Engineering*. Norway.
- Rai, M. A., S. Kramadibrata, R. K. Wattimena. 2012. *Mekanika Batuan*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- 2019, Data Geoteknik, Departemen Quality Control, PT Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Pandeglang.

Analisis Geologi Teknik Pada Kestabilan Lubang Bukaan Tambang Bawah Tanah Menggunakan Metode Elemen Hingga

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	doku.pub Internet	206 words — 7%
2	journal.sttnas.ac.id Internet	57 words — 2%
3	id.scribd.com Internet	35 words — 1%
4	docplayer.info Internet	30 words — 1%
5	ecampus.sttind.ac.id Internet	30 words — 1%
6	repository.uts.ac.id Internet	27 words — 1%
7	websitpertambangan.blogspot.com Internet	25 words — 1%
8	repository.unisba.ac.id Internet	24 words — 1%
9	www.deq.state.mi.us Internet	22 words — 1%

10	scholarsmine.mst.edu Internet	18 words — 1%
11	www.slideshare.net Internet	17 words — 1%
12	nwmo.ca Internet	16 words — 1%
13	www.scribd.com Internet	16 words — 1%
14	qspace.library.queensu.ca Internet	15 words — < 1%
15	idoc.pub Internet	14 words — < 1%
16	jurnal.tekmira.esdm.go.id Internet	14 words — < 1%
17	media.neliti.com Internet	12 words — < 1%
18	repository.trisakti.ac.id Internet	12 words — < 1%
19	core.ac.uk Internet	11 words — < 1%
20	www.ofite.com Internet	11 words — < 1%
21	id.123dok.com Internet	10 words — < 1%

22	jgsm.geologi.esdm.go.id Internet	10 words — < 1%
23	repository.unmuhjember.ac.id Internet	10 words — < 1%
24	repozitorij.unizg.hr Internet	10 words — < 1%
25	tel.archives-ouvertes.fr Internet	10 words — < 1%
26	ejournal.unp.ac.id Internet	9 words — < 1%
27	repository.its.ac.id Internet	9 words — < 1%
28	Ciceron A. Angeles. "Geology and Alteration-Mineralization Characteristics of the Cibaliung Epithermal Gold Deposit, Banten, Indonesia", Resource Geology, 12/2002 Crossref	8 words — < 1%
29	ejurnal.itats.ac.id Internet	8 words — < 1%
30	hdl.handle.net Internet	8 words — < 1%
31	joern.jernsletten.name Internet	8 words — < 1%
32	www.skb.se Internet	8 words — < 1%

33

Internet

8 words — < 1%

34

Z Zakaria, R I Sophian, N Gusriani. " Environmental Aspect in Infrastructure Planning Using Model ", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019

Crossref

6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON