

ANALISIS PERHITUNGAN WAKTU RUNTUH DAN DIMENSI KERUNTUHAN TEROWONGAN BAWAH TANAH BERDASARKAN PERHITUNGAN RMR DI LOKASI CIBITUNG, KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN

Daniel Radityo^{1*}, Thema Arrisaldi¹, Hasan Tri Atmojo¹, Adam Raka Ekasara¹, Lilik Eko Saputro²

¹Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. SWK (104) Lingkar Utara, Condongcatur, Depok Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55283

*Email: daniel.radityo@upnyk.ac.id

²PT Cibaliung Sumberdaya. Kp. Citeluk Mulud Desa Mangu Alam Kec. Cimangu, Mangkualam, Kec. Pandeglang, Kabupaten Pandeglang, Banten 42284

ABSTRAK - Pengamanan kegiatan penambangan bawah tanah dilakukan bertujuan untuk menjaga stabilitas dan keamanan lubang bukaan terowongan dari reruntuhan batuan. Pengamanan kegiatan penambangan bawah tanah diperlukan kajian rekayasa geologi teknik seperti pemetaan lapangan, perhitungan *Rock Mass Rating* (RMR), tinggi bukaan terowongan bawah tanah, waktu runtuh (*stand-up time*), serta dimensi keruntuhan (beban runtuh, tinggi runtuh, dan beban luas atap). Penelitian ini menggunakan data kondisi geologi secara umum, pemetaan lapangan, perhitungan *Rock Mass Rating* (RMR), waktu runtuh (*stand-up time*), dimensi keruntuhan (beban runtuh, tinggi runtuh, dan beban luas atap). Kondisi geologi secara umum di daerah produksi CBT_1106_RMU_NTH dan CBT_1106_RMU_STH berupa batuan porfiritik andesit dengan dominan mineral kuarsa, memiliki jenis tekstur kuarsa *crusiform*, terdapat beberapa kekar menerus dengan panjang 1-3 m yang terisi dengan mineral *hard filling* lebar 1-5 mm, kekuatan batuan termasuk *medium strong*, sebagian teralterasi oleh mineral silika. Nilai RMR untuk daerah CBT_1106_RMU_NTH lebih tinggi dibandingkan CBT_1106_RMU_STH karena adanya pengaruh kondisi air tanah dengan tingkat pelapukan yang berbeda. Waktu runtuh daerah CBT_1106_RMU_NTH dapat bertahan lebih lama dibandingkan CBT_1106_RMU_STH karena daerah tersebut lebih stabil. Dimensi keruntuhan CBT_1106_RMU_NTH lebih pendek dan lebih ringan dibandingkan daerah CBT_1106_RMU_STH. Penelitian ini memberikan rekomendasi tinggi bukaan efektif tanpa penguatan.

Kata kunci: geologi teknik, RMR, waktu runtuh, tinggi runtuh, beban runtuh.

ABSTRACT - Securing underground mining activities is done purposely to maintain the stability and safety of underground mining openings from rock debris. Securing underground mining activities requires geological engineering studies such as field mapping, calculation of *Rock Mass Rating* (RMR), underground tunnel height, stand-up time, and collapse dimensions (collapse load, collapse height, and roof area load). This study uses data on general geological conditions, field mapping, calculation of *Rock Mass Rating* (RMR), stand-up time, collapse dimensions (collapse load, collapse height, and roof area load). The general geological conditions in the CBT_1106_RMU_NTH and CBT_1106_RMU_STH production areas are porphyritic andesitic rocks with dominant quartz minerals, have a *crusiform* quartz texture type, there are several continuous joints with a length of 1-3 m filled with hard filling minerals 1-5 mm wide, rock strength including medium strong, partially altered by silica minerals. The RMR value for the CBT_1106_RMU_NTH area is higher than CBT_1106_RMU_STH due to the influence of groundwater conditions with different levels of weathering. The collapse time for the CBT_1106_RMU_NTH area can last longer than CBT_1106_RMU_STH because this area is more stable. The CBT_1106_RMU_NTH collapse dimension is shorter and lighter than the CBT_1106_RMU_STH region. This study provides a high recommendation of effective aperture without reinforcement.

Keywords: engineering geology, RMR, stand-up time, collapse height, collapse load.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengamanan kegiatan penambangan bawah tanah dilakukan yang bertujuan untuk menjaga stabilitas dan keamanan lubang bukaan terowongan dari reruntuhan batuan. Pengamanan kegiatan penambangan bawah tanah diperlukan kajian rekayasa geologi teknik seperti pemetaan lapangan, perhitungan *Rock Mass Rating* (RMR), tinggi bukaan terowongan bawah tanah, waktu runtuh (*stand-up time*), serta dimensi keruntuhan (beban runtuh, tinggi runtuh, dan beban luas atap). Perhitungan RMR merupakan salah satu parameter untuk menghitung waktu runtuh. Parameter lainnya adalah tinggi bukaan terowongan. Selain itu kebutuhan data mengenai dimensi keruntuhan (beban runtuh, tinggi runtuh dan beban luas atap) dibutuhkan agar dapat mengetahui runtuh yang kemungkinan terjadi jika terowongan bawah tanah tersebut tidak diberikan penguatan. Beberapa parameter data diatas dapat memberikan rekomendasi sistem penguatan batuan untuk mencapai stabilitas pada terowongan tambang bawah tanah. Daerah Cibitung merupakan salah satu

kawasan yang dilalui aktifitas penambangan bawah tanah terutama di bagian bukaan produksi (*crosscut*). Pemetaan lapangan dan kajian geologi teknik diperlukan agar dapat memberikan rekomendasi penguatan pada daerah tersebut. Bukaan produksi (*crosscut*) terowongan bawah tanah merupakan bukaan terowongan yang terdapat aktifitas penambangan bijih utama yang berupa urat kuarsa. Penguatan terowongan menggunakan beberapa alat seperti *rockbolt*, *wiremesh*, dan *shotcrete*.

Permasalahan

Perumusan permasalahan dan identifikasi dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan penguatan pada terowongan tambang bawah tanah di daerah Cibitung berupa dibutuhkannya kondisi geologi regional, klasifikasi geologi teknik sistem RMR, dan karakteristiknya serta butuhnya waktu dan dimensi keruntuhan dari perhitungan yang sudah dilakukan sebelumnya.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan kondisi geologi secara umum, klasifikasi dan karakteristik geologi teknik sistem RMR.
2. Menjelaskan waktu runtuh serta rekomendasi tinggi bukaan terowongan yang efektif tanpa menggunakan penguatan berdasarkan klasifikasi geologi teknik sistem RMR.
3. Menjelaskan dimensi keruntuhan berdasarkan klasifikasi geologi teknik sistem RMR.

Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah menggunakan metode *Rock Mass Rating* (RMR), perhitungan waktu runtuh (*stand-up time*), dimensi keruntuhan, serta rekomendasi tinggi terowongan yang efektif tanpa menggunakan penguatan pada terowongan tambang bawah tanah Cibitung. Bagian bukaan terowongan tambang bawah tanah yang diteliti adalah daerah produksi (*crosscut*) CBT_1106_RMU_NTH dibagian sebelah utara dan CBT_1106_RMU_STH dibagian sebelah selatan. Rekomendasi yang dikaji adalah saran tinggi bukaan terowongan yang efektif tanpa menggunakan penguatan.

METODE PENELITIAN

Daerah dan Objek Penelitian

Daerah penelitian berada di lokasi tambang daerah Desa Mangkualam dan Desa Padasuka, Kecamatan Cimanggu, Provinsi Banten (Gambar 1). Objek penelitian merupakan massa batuan yang dibuka setelah peledakan tambang yang berada di bagian produksi Cibitung terdiri dari CBT_1106_RMU_NTH dibagian sebelah utara dan CBT_1106_RMU_STH dibagian sebelah selatan. Objeknya berupa massa batuan porfiritik andesit dominan kuarsa jenis *Crusiform Quartz* yang terdapat pada sepanjang atap, dinding dan depan terowongan setelah peledakan tambang.



Gambar 1. Peta lokasi terowongan tambang bawah tanah Cibaliung dan Cibitung (Yusuf dan Trisetyo, 2005).

Tahap-tahap Penelitian

Penelitian menggunakan tiga tahapan penelitian yaitu tahapan literatur, lapangan, dan studio. Tahapan penelitian literatur merupakan tahapan untuk mengkaji penelitian yang sudah pernah dilakukan dan relevan dengan penelitian ini. Tahapan literatur menggunakan teori yang sudah ada dan dijadikan sumber pustaka pada penelitian ini. Tahapan penelitian lapangan merupakan tahapan untuk penyelidikan lapangan terutama objek penelitian berupa massa batuan yang terbuka akibat peledakan tambang. Tahapan lapangan ini merupakan proses pengambilan data primer berupa kondisi geologi dan struktur secara umum, kondisi geologi dan diskontinuitas setiap bukaan peledakan tambang, dan dimensi terowongan. Tahapan penelitian studio merupakan tahapan untuk pengolahan, perhitungan dan penentuan klasifikasi massa batuan sistem RMR, dimensi keruntuhan dan waktu runtuh setiap bukaan peledakan tambang, yang kemudian dilanjutkan analisis hasil penelitian, penarikan kesimpulan serta penulisan laporan.

TINJAUAN PUSTAKA

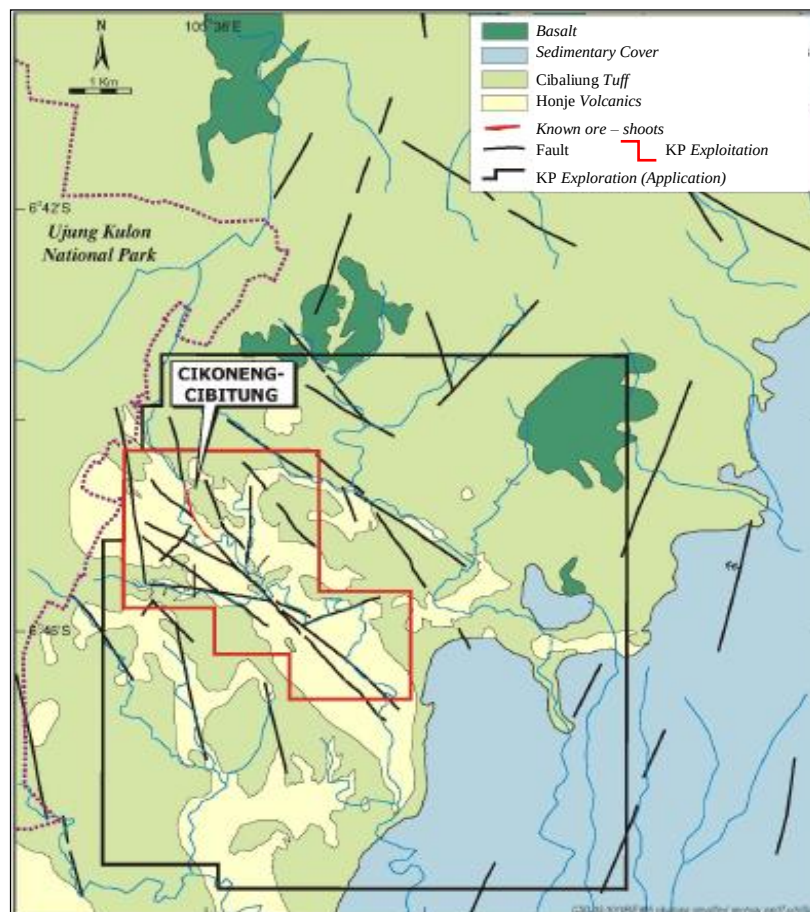
Geomorfologi

Geomorfologi secara umum di daerah penelitian memiliki bentuk lahan perbukitan rendah. Ketinggian perbukitan rendahnya beragam sekitar 30-300 mdpl dengan kemiringan sekitar 7-20%. Daerah penelitian memiliki titik tertinggi pada Gunung Honje dengan ketinggian 620 mdpl. Sungai utama di sekitar daerah penelitian yaitu Sungai Cikoneng, Sungai Citeluk, dan Sungai Cibeber membentuk pola pengaliran rektangular dari utara ke selatan. Pola aliran rektangular menidikasikan daerah tersebut struktural. Hal ini sejalan dengan banyaknya diskontinuitas di daerah penelitian.

Stratigrafi

Menurut Sudana dan Santosa (1992), daerah penelitian terdapat beberapa formasi geologi (Gambar 2) seperti:

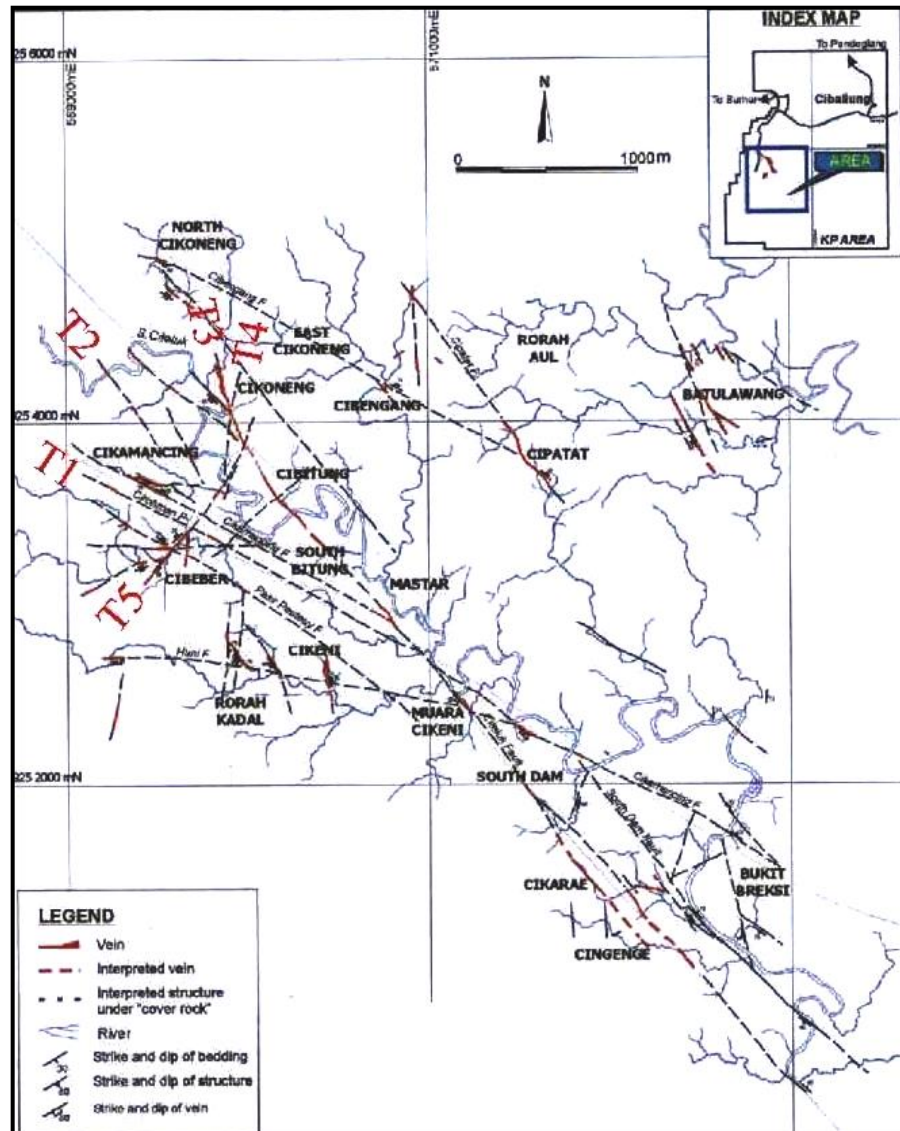
1. Formasi Honje berisi lava basaltik dan andesitik, breksi gunungapi dengan beberapa sisipan sedimen tufan, aglomerat, tuf lapili, tuf batuapung dan breksi tuf, serta intrusi andesit-diorit. Berumur miosen akhir (Sudana dan Santosa, 1992)
2. Formasi Tuf Cibaliung berisi lapisan tuff yang memiliki urat kuarsa, satuan vulkanoklastik rhydasitik dengan lapisan bawah konglomeratan. Formasi ini tidak selaras dan menindih dengan Formasi Honje (Sudana dan Santosa, 1992).
3. Formasi Batuan Sedimen berisi konglomerat, batupasir calcareous, batugamping, batuan vulkanoklastik, dan aliran basalt tipis kemudian menebal ke timur. Formasi ini menindih tidak selaras dengan Formasi Honje.



Gambar 2. Peta Geologi di sekitar terowongan tambang bawah tanah Cibaliung Cibitung (Yusuf dan Trisetoyo, 2005).

Struktur Geologi

Daerah penelitian termasuk ke dalam daerah struktural terbukti dengan dominan mineralisasi kuarsa mengisi zona lemah berupa diskontinuitas atau rekahan. Daerah Cibaliung memiliki zona mineralisasi yang lebih panjang terhadap sumbu vertikal daripada sumbu lateral. Kondisi ini terjadi karena mineralisasi cebakan bijih terbentuk pada zona lemah kompleks struktur geologi. Pola struktur sigmoid bends berarah barat-laut-tenggara yang berada di potongan patahan daerah penelitian (Gambar 3). Zona kompleks struktur daerah penelitian dapat terjadi akibat hasil dari proses dilatasi tiga set patahan utama dengan arah struktur dominan barat-laut-tenggara.



Gambar 3. Pola sesar di sekitar terowongan tambang bawah tanah Cibaliung Cibitung (Yusuf dan Trisettyo, 2005).

Klasifikasi Massa Batuan Metode *Rock Mass Rating*

Metode dalam penentuan klasifikasi massa batuan merupakan salah satu metode empiris yang digunakan untuk membuat model sesuai dengan perhitungan dan pendekatan kondisi keadaan yang sebenarnya. Metode klasifikasi massa batuan ini digunakan untuk dapat menggambarkan komposisi dan karakteristik dari massa batuan yang terbuka akibat peledakan tambang yang ada di terowongan bawah tanah. Hasil perhitungan dan pengolahan akan menghasilkan rekomendasi dan model penguatan yang digunakan. Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating* (RMR) yang ditemukan oleh Bieniawski (1973) dengan objek terowongan batuan sedimen (Kaiser et al., 1986; dalam Singh dan Goel, 2006). Klasifikasi ini dapat memudahkan komunikasi bagi para profesional dari berbagai rumpun ilmu yang dapat memberikan solusi pemecahan masalah geologi teknik. Hasilnya berupa klasifikasi massa batuan dan rekomendasi kestabilan terowongan tambang bawah tanah atau lereng. Klasifikasi sistem RMR merupakan salah satu metode perhitungan empiris dengan beberapa parameter pembobotan nilai dari suatu massa batuan, sehingga dapat diketahui nilai dan klasifikasi massa batuan tersebut. Selain digunakan untuk terowongan bawah tanah, metode klasifikasi sistem RMR dapat digunakan juga untuk perhitungan kestabilan lereng maksimum (Bieniawski, 1973; Nurfalah 2010).

Klasifikasi sistem RMR menggunakan enam parameter (Tabel 1), berupa:

1. Kekuatan batuan (*Rock strength*)
2. *Rock Quality Designation* (RQD)
3. Jarak diskontinuitas (*Spacing of discontinuities*)
4. Kondisi diskontinuitas (*Condition of discontinuities*)
5. Kondisi Airtanah (*Groundwater condition*)
6. Orientasi diskontinuitas (*Orientation of discontinuities*)

Berikut adalah tabel klasifikasi massa batuan sistem *Rock Mass Rating* (RMR) berdasarkan Bieniawski (1973):

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality <i>RQD</i>		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 . m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)									
Strike and dip orientations			Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable		
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12			
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25			
	Slopes	0	-5	-25	-50				
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS									
Rating			100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21		
Class number			I	II	III	IV	V		
Description			Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock		
D. MEANING OF ROCK CLASSES									
Class number			I	II	III	IV	V		
Average stand-up time			20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span		
Cohesion of rock mass (kPa)			> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100		
Friction angle of rock mass (deg)			> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15		
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions									
Discontinuity length (persistence)			< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
Rating			6	4	2	1	0		
Separation (aperture)			None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
Rating			6	5	4	1	0		
Roughness			Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided		
Rating			6	5	3	1	0		
Infilling (gouge)			None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm		
Rating			6	4	2	2	0		
Weathering			Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed		
Rating			6	5	3	1	0		
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**									
Strike perpendicular to tunnel axis					Strike parallel to tunnel axis				
Drive with dip - Dip 45 - 90°			Drive with dip - Dip 20 - 45°		Dip 45 - 90°		Dip 20 - 45°		
Very favourable			Favourable		Very unfavourable		Fair		
Drive against dip - Dip 45-90°			Drive against dip - Dip 20-45°		Dip 0-20 - Irrespective of strike°				
Fair			Unfavourable		Fair				

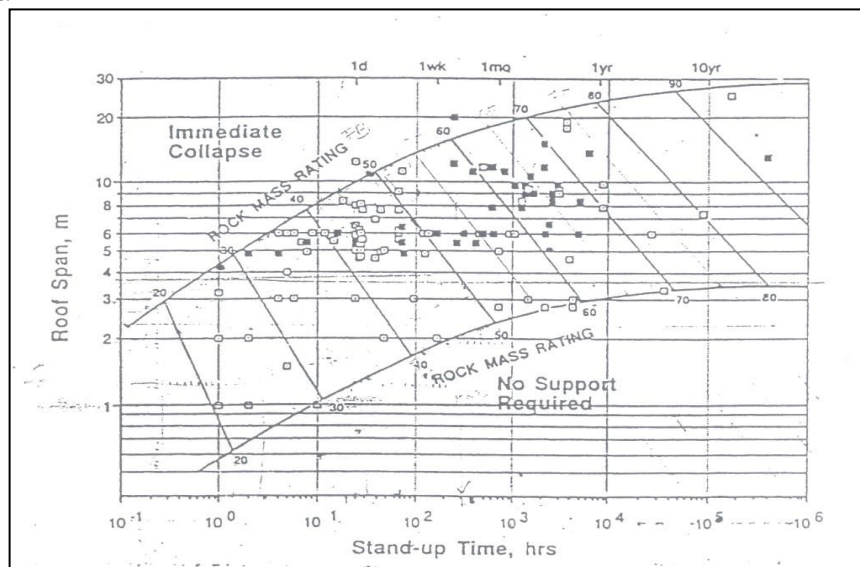
* Some conditions are mutually exclusive. For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.

** Modified after Wickham et al (1972).

Tabel 1. Klasifikasi massa batuan sistem *Rock Mass Rating* (RMR)

Waktu Runtuh (*Stand-up Time*)

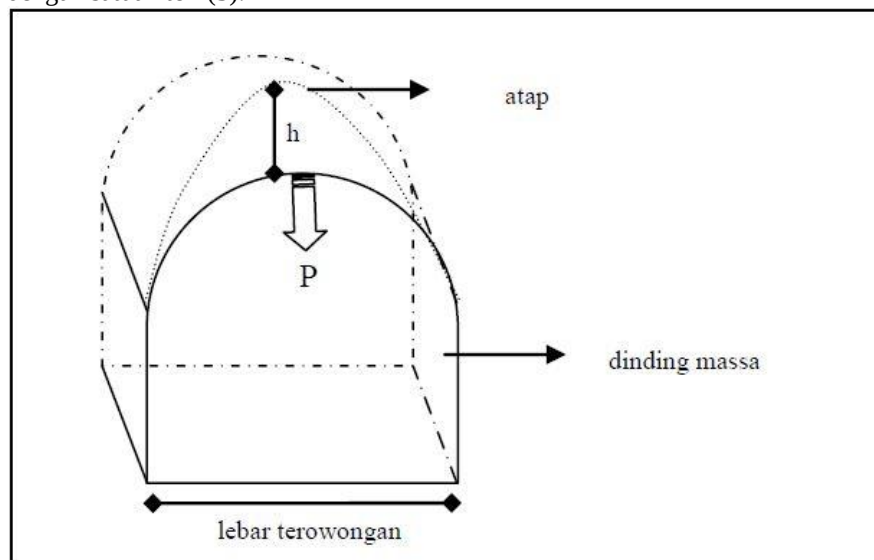
Waktu runtuh atau *stand-up time* adalah waktu yang dibutuhkan suatu massa batuan pada atap lubang bukaan tidak runtuh atau tetap stabil. Waktu runtuh ini dapat diterapkan pada massa batuan tanpa pemasangan penguatan, pada saat pemasangan penguatan, maupun setelah pemasangan penguatan. Parameter yang digunakan dalam menerapkan waktu runtuh adalah nilai RMR dan tinggi bukaan terowongan (*roof span*) dalam satuan meter. Hasil yang didapat berupa waktu lamanya suatu massa batuan tetap stabil dalam satuan jam (bagian bawah grafik) dan satuan hari, minggu, bulan, serta tahun (bagian atas grafik). Penerapan waktu runtuh menggunakan grafik interpolasi waktu runtuh geologi teknik (Grafik 1). Batuan akan segera runtuh, jika tidak ada penguatan melewati waktu yang sudah ditentukan pada grafik. Oleh sebab itu, wajib dilakukan penguatan pada terowongan bawah tanah tersebut. Rekomendasi tinggi bukaan terowongan yang efektif tanpa menggunakan penguatan dapat dilakukan dengan cara menarik garis interpolasi pada grafik *stand-up time*. Rekomendasi ini dapat memberikan bukaan terowongan maksimal, akan tetapi wajib dengan segera dilakukan penguatan karena semakin lebar tinggi terowongan yang dibuka maka akan semakin lemah kestabilan massa batuan tersebut. Sebuah terowongan bawah tanah jika dibuka terlalu lebar dan atau tinggi, maka waktu runtuhnya akan semakin cepat.



Grafik 1. Grafik interpolasi waktu runtuh geologi teknik (Bieniawski, 1989).

Dimensi Keruntuhan

Dimensi keruntuhan adalah beberapa perhitungan mengenai tinggi runtuh (h_t), dan beban runtuh (P_{RMR}), dan beban luas atap (Gambar 4). Tinggi runtuh adalah perhitungan mengenai tinggi massa batuan atap terowongan yang akan runtuh dengan satuan meter (1). Beban runtuh adalah perhitungan mengenai beban massa batuan atap terowongan yang akan runtuh dengan satuan ton/m^2 (2). Beban luas atap adalah perhitungan mengenai beban yang akan runtuh pada luasan atap massa batuan dengan satuan ton (3).



Gambar 4. Dimensi keruntuhan massa batuan (modifikasi Hoek, 1995)

Perhitungan dimensi keruntuhan menggunakan persamaan Unal (1983) sebagai berikut:

$$ht = \frac{100 - RMR}{100} \times B \dots\dots\dots (1)$$

$$P_{RMR} = ht \times \rho \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Beban Luas Atap} = P_{RMR} \times A \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

ht = tinggi runtuh (m)

RMR = hasil bobot nilai massa batuan

B = lebar terowongan (m)

ρ = massa jenis (ton/m^3)

P_{RMR} = beban runtuh (ton/m^2)

A = luas kemajuan bukaan akibat peledakan tambang (m^2)

Beban Luas Atap memiliki satuan ton.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi

Kondisi geologi daerah penelitian terowongan tambang bawah tanah bagian produksi CBT_1106_RMU_NTH dan CBT_1106_RMU_STH berupa batuan porfiritik andesit dengan dominan mineral kuarsa, memiliki jenis tekstur kuarsa *crusiform*, terdapat beberapa kekar menerus dengan panjang 1-3 m yang terisi dengan mineral *hard filling* lebar 1-5 mm, kekuatan batuan termasuk *medium strong*, sebagian teralterasi oleh mineral silika.

Penilaian Klasifikasi Massa Batuan RMR

Pemetaan RMR dilakukan setiap kemajuan terowongan tambang bawah tanah untuk masing-masing bagian produksi CBT_1106_RMU_NTH dan CBT_1106_RMU_STH. Terdapat 10 pengukuran dengan kemajuan yang berbeda-beda di setiap daerahnya. Berikut rata-rata RMR di setiap daerahnya:

Batuan yang terdapat di daerah CBT_1106_RMU_NTH sebelah utara dengan kemajuan dari 19,2 meter hingga 48,2 meter berupa batuan porfiritik andesit dengan dominan mineral kuarsa dengan jenis tekstur *crusiform*. Daerah CBT_1106_RMU_NTH memiliki jarak antar diskontinuitasnya lebar dengan kondisi yang cukup baik. Kondisi air tanah yang berada di massa batuan adalah kering dengan tingkat pelapukan kecil. Nilai RMR rata-rata sebesar 50 batuan termasuk dalam klasifikasi *Fair Rock* dengan tingkat kestabilan menengah dan termasuk tidak aman. Perlu segera dilakukan penguatan di daerah ini agar kondisi batuan menjadi lebih stabil (Tabel 2).

Chainage	Kemajuan	Is	RQD	Spacing of Discontinuities	Condition Of Discontinuities	Ground Water condition	Effect of Discontinuities Strike and Dip	RMR	ROCK CLASS	Rock Description
19,2	3	7	8	10	18	15	-7	51	Fair	III
22,2	3	7	8	8	18	15	-7	49	Fair	III
26,2	4	7	8	8	19	15	-7	50	Fair	III
29,2	3	7	8	8	18	15	-7	49	Fair	III
32,2	3	7	8	8	18	15	-7	49	Fair	III
35,2	3	7	8	10	18	15	-7	51	Fair	III

39,2	4	7	8	8	20	15	-7	51	Fair	III
42,2	3	7	8	8	19	15	-7	50	Fair	III
45,2	3	7	8	8	20	15	-7	51	Fair	III
48,2	3	7	8	10	18	15	-7	51	Fair	III
RMR rata-rata								50	Fair	III

Tabel 2. Hasil pemetaan RMR CBT_1106_RMU_NTH

Batuan yang terdapat di daerah CBT_1106_RMU_STH sebelah utara dengan kemajuan dari 15,2 meter hingga 42,3 meter berupa batuan porfiritik andesit dengan dominan mineral kuarsa dengan jenis tekstur *crusiform*. Daerah CBT_1106_RMU_STH memiliki jarak antar diskontinuitasnya lebar dengan kondisi yang cukup baik. Kondisi air tanah yang berada di massa batuan adalah lembab dengan tingkat pelapukan sedang. Nilai RMR rata-rata sebesar 47 batuan termasuk dalam klasifikasi *Fair Rock* dengan tingkat kestabilan menengah dan termasuk tidak aman. Perlu segera dilakukan penguatan di daerah ini agar kondisi batuan menjadi lebih stabil (Tabel 3)

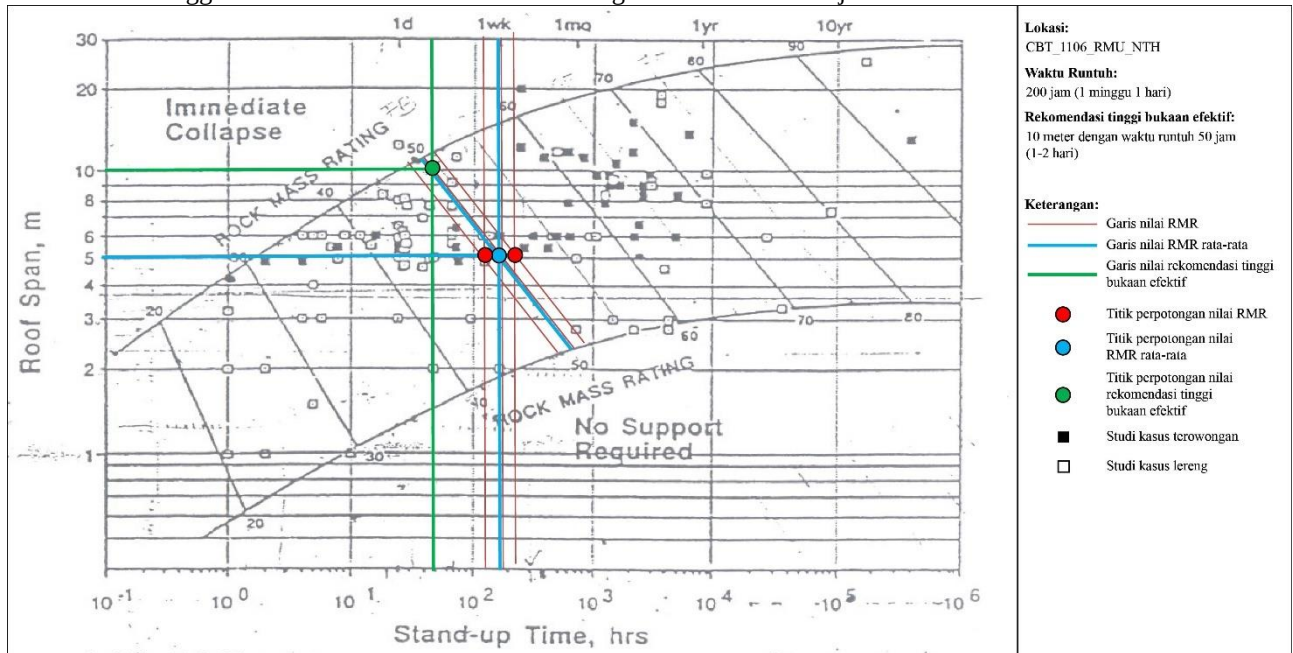
Chainage	Kemajuan	Is	RQD	Spacing of Discontinuities	Condition Of Discontinuities	Ground Water condition	Effect of Discontinuities Strike and Dip	RMR	ROCK CLASS	Rock Description
15,2	3	7	8	8	22	10	-7	48	Fair	III
18,2	2,7	7	8	10	19	10	-7	47	Fair	III
21,2	3	7	8	8	19	10	-7	45	Fair	III
24,2	3	7	8	10	18	10	-7	46	Fair	III
27,7	3,5	7	8	8	21	10	-7	47	Fair	III
30,6	2,9	7	8	8	20	10	-7	46	Fair	III
33,9	3,3	7	8	8	19	10	-7	45	Fair	III
36,7	2,8	7	8	10	20	10	-7	48	Fair	III
39,4	2,7	7	8	8	20	10	-7	46	Fair	III
42,3	2,9	7	8	10	20	10	-7	48	Fair	III
RMR rata-rata								47	Fair	III

Tabel 3. Hasil pemetaan RMR CBT_1106_RMU_STH

Klasifikasi massa batuan antara daerah CBT_1106_RMU_NTH dengan CBT_1106_RMU_STH termasuk kedalam kelas *Fair Rock* tetapi terdapat sedikit perbedaan pada parameter kondisi air tanah dan tingkat pelapukan. Daerah CBT_1106_RMU_NTH memiliki nilai RMR rata-rata yang lebih tinggi (50) karena kondisi air tanah kering dengan tingkat pelapukan kecil, sedangkan CBT_1106_RMU_STH memiliki nilai RMR rata-rata yang lebih rendah (47) karena kondisi air tanah yang lembab dengan tingkat pelapukan sedang. Perbedaan nilai RMR ini nantinya akan berpengaruh terhadap waktu runtuh serta rekomendasi tinggi bukaan yang efektif tanpa penguatan, karena terdapat perbedaan dalam jumlah jam suatu massa batuan untuk tetap stabil tanpa penguatan.

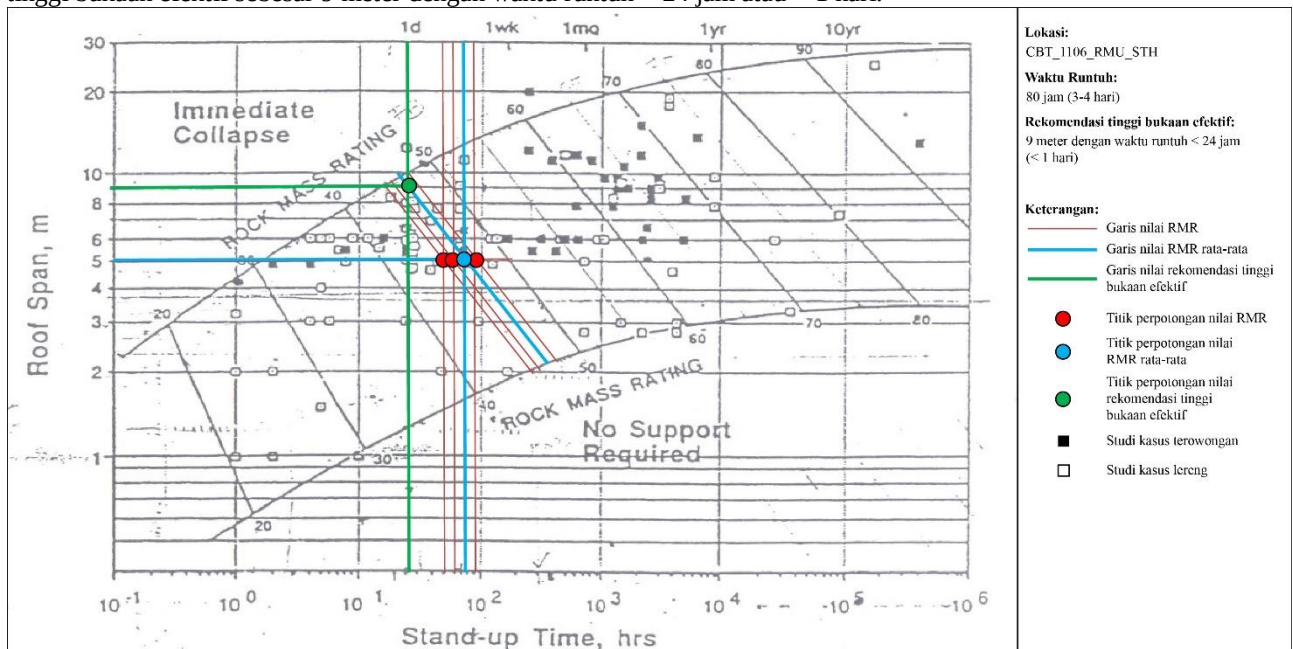
Nilai Waktu Runtuh (*Stand-up Time*)

Nilai waktu runtuh pada daerah CBT_1106_RMU_NTH untuk kelas massa batuan sedang (*Fair Rock*) selama 200 jam atau 1 minggu 1 hari. Hal ini berarti bahwa massa batuan akan stabil dalam kondisi waktu yang menengah (Grafik 2). Rekomendasi tinggi bukaan efektif sebesar 10 meter dengan waktu runtuh 50 jam atau 1-2 hari.



Grafik 2. Hasil plot nilai waktu runtuh dan rekomendasi tinggi bukaan efektif daerah CBT_1106_RMU_NTH.

Nilai waktu runtuh pada daerah CBT_1106_RMU_STH untuk kelas massa batuan sedang (*Fair Rock*) selama 80 jam atau 3-4 hari. Hal ini berarti bahwa massa batuan akan stabil dalam kondisi waktu yang cepat (Grafik 3). Rekomendasi tinggi bukaan efektif sebesar 9 meter dengan waktu runtuh < 24 jam atau < 1 hari.



Grafik 3. Hasil plot nilai waktu runtuh dan rekomendasi tinggi bukaan efektif daerah CBT_1106_RMU_STH.

Waktu runtuh daerah CBT_1106_RMU_NTH akan lebih lama stabil tanpa penguatan dibandingkan dengan CBT_1106_RMU_STH karena nilai RMR rata-rata CBT_1106_RMU_NTH lebih tinggi daripada nilai RMR rata-rata CBT_1106_RMU_STH. Hal ini sejalan dengan pengaruh kondisi air tanah dan tingkat pelapukan dari masing-masing daerah. Daerah CBT_1106_RMU_NTH memiliki kondisi air tanah yang kering dengan tingkat pelapukan kecil. Daerah CBT_1106_RMU_STH memiliki kondisi air tanah yang lembab dengan tingkat pelapukan sedang.

Nilai Dimensi Keruntuhan

Dimensi keruntuhan untuk daerah CBT_1106_RMU_NTH sebagai berikut tinggi runtuh sebesar 2,49 meter, beban runtuh sebesar 6,15 ton/m², dan beban luas atap sebesar 98,40 ton (Tabel 4).

Lokasi	CBT_1106_RMU_NTH
Lebar Buka B (m)	5
RMR rata-rata	50,2
Kemajuan rata-rata <i>chainage</i> (m)	3,2
Tinggi Runtuh ht (m)	2,49
Beban Runtuh P _{RMR} (ton/m ²)	6,1503
Beban Luas Atap (ton)	98,4048

Tabel 4. Dimensi keruntuhan CBT_1106_RMU_NTH

Dimensi keruntuhan untuk daerah CBT_1106_RMU_STH sebagai berikut tinggi runtuh sebesar 2,67 meter, beban runtuh sebesar 6,59 ton/m², dan beban luas atap sebesar 98,26 ton (Tabel 4).

Lokasi	CBT_1106_RMU_STH
Lebar Buka B (m)	5
RMR rata-rata	46,6
Kemajuan rata-rata <i>chainage</i> (m)	2,98
Tinggi Runtuh ht (m)	2,67
Beban Runtuh P _{RMR} (ton/m ²)	6,5949
Beban Luas Atap (ton)	98,26401

Tabel 5. Dimensi keruntuhan CBT_1106_RMU_STH

Dimensi keruntuhan pada daerah CBT_1106_RMU_NTH memiliki dimensi yang lebih kecil dan lebih ringan dibandingkan dengan dimensi keruntuhan pada daerah CBT_1106_RMU_STH. Daerah CBT_1106_RMU_STH memiliki tinggi runtuh yang lebih tinggi, dan beban runtuh serta beban luas atap yang lebih berat yang dipengaruhi oleh kondisi air tanah yang lebih basah dan tingkat pelapukan yang lebih tinggi dibandingkan CBT_1106_RMU_NTH. Hal ini menyebabkan daerah CBT_1106_RMU_STH merupakan daerah yang lebih tidak stabil dibandingkan CBT_1106_RMU_NTH.

PENUTUP

Kesimpulan

Penelitian ini dapat ditarik kesimpulan

- Kondisi geologi secara umum pada daerah CBT_1106_RMU_NTH dan CBT_1106_RMU_STH berupa batuan porfiritik andesit dengan dominan mineral kuarsa, memiliki jenis tekstur kuarsa *crusiform*, terdapat beberapa kekar menerus dengan panjang 1-3 m yang terisi dengan mineral *hard filling* lebar 1-5 mm, kekuatan batuan termasuk *medium strong*, sebagian teralterasi oleh mineral silika. Daerah CBT_1106_RMU_NTH memiliki jarak antar diskontinuitasnya lebar dengan kondisi yang cukup baik. Kondisi air tanah yang berada di massa batuan adalah kering dengan tingkat pelapukan kecil. Nilai RMR rata-rata sebesar 50 batuan termasuk dalam klasifikasi *Fair Rock* dengan tingkat kestabilan menengah dan termasuk tidak aman. Perlu segera dilakukan penguatan di daerah ini agar kondisi batuan menjadi lebih stabil. Daerah CBT_1106_RMU_STH memiliki jarak antar diskontinuitasnya lebar dengan kondisi yang cukup baik. Kondisi air tanah yang berada di massa batuan adalah lembab dengan tingkat pelapukan sedang. Nilai RMR rata-rata sebesar 47 batuan termasuk dalam klasifikasi *Fair Rock* dengan tingkat kestabilan menengah dan termasuk tidak aman. Perlu segera dilakukan penguatan di daerah ini agar kondisi batuan menjadi lebih stabil.
- Nilai waktu runtuh pada daerah CBT_1106_RMU_NTH untuk kelas massa batuan sedang (*Fair Rock*) selama 200 jam atau 1 minggu 1 hari. Hal ini berarti bahwa massa batuan akan stabil dalam kondisi waktu yang menengah. Rekomendasi tinggi bukaan efektif sebesar 10 meter dengan waktu runtuh 50 jam atau 1-2 hari. Nilai waktu runtuh pada daerah CBT_1106_RMU_STH untuk kelas massa batuan sedang (*Fair Rock*) selama 80 jam atau 3-4 hari. Hal ini berarti bahwa massa batuan akan stabil dalam kondisi waktu yang cepat. Rekomendasi tinggi bukaan efektif sebesar 9 meter dengan waktu runtuh < 24 jam atau < 1 hari.
- Dimensi keruntuhan untuk daerah CBT_1106_RMU_NTH sebagai berikut tinggi runtuh sebesar 2,49 meter, beban runtuh sebesar 6,15 ton/m², dan beban luas atap sebesar 98,40 ton. Dimensi keruntuhan untuk daerah CBT_1106_RMU_STH sebagai berikut tinggi runtuh sebesar 2,67 meter, beban runtuh sebesar 6,59 ton/m², dan beban luas atap sebesar 98,26 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski, Z.T., 1984, *Rock Mechanic Design in Mining and Tunneling*, A Halsted Press, John Willey and Sons, New York - Toronto.
- Bieniawski, Z.T., 1989, *Engineering Rock Mass Clasification: A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*, John Wiley & Sons Inc., Canada.
- Hadjigeorgiou, J., and Yves, P., 2011, *Hard Rock Ground Control with Steel Mesh and Shotcrete*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Hoek, E. dan Kaiser, P. K., 1995, *Support of Underground Excavation in Hard Rock*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Hutchinson, D.J., and Diederichs, M.S., 1996, *Cablebloting in Underground Mines*, Geomechanics Research Centre, Canada.
- Nurfalah, E. P., 2010, *Perbandingan Sistem Geomekanik Antara Rock Mass Rating (RMR) dengan Norwegian Geotechnical Institute (NGI) untuk Sistem Penyanggan Decline dan Ramp-up Pada Tambang Bawah Tanah Cibitung, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten* [Skripsi], Skripsi tidak diterbitkan, Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- Price, D.G., 2009, *Engineering Geology: Principles and Practice*, German: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Singh, B. dan Goel, R. K., 2006, *Tunnelling in Weak Rocks*, Elsevier Ltd, Kidlington, Oxford.
- Sudana, D. dan Santosa. S, 1992, *Peta Geologi Lembar Cikarang Skala 1 : 100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Yusuf, A. H. dan Trisetyo, B., 2005, *Draft Geologi Daerah Proyek Tambang Emas, PT. Cibaliung Sumberdaya*. Intern Mine Department, PT. Cibaliung Sumberdaya.