

# EVALUASI TEKNIS SISTEM PENYANGGAAN MENGGUNAKAN METODE *ROCK MASS RATING (RMR) SYSTEM* PADA *DEVELOPMENT AREA (CKN\_DC)* TAMBANG EMAS BAWAH TANAH PT. CIBALIUNG SUMBERDAYA

**Frisky Alfathoni<sup>1</sup>, Syamsul Komar<sup>2</sup>, dan Fuad Rusydi Suwardi<sup>3</sup>**  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km.32 Inderalaya, 30662, Indonesia  
E-mail: frisky.alfathoni@yahoo.com

## ABSTRAK

*PT. Cibaliung Sumberdaya adalah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan emas. Penambangan emas di PT. Cibaliung sumberdaya menggunakan sistem tambang bawah tanah dengan metode cut and fill. Penambangan dilakukan dengan membuat decline sebagai jalan masuk utama dan akses menuju endapan bijih. Penggalan masa batuan untuk membuat decline menyebabkan tegangan pada masa batuan tersebut terganggu sehingga diperlukan pemasangan sistem penyanggaan. Sistem penyanggaan harus ditentukan secara cermat sehingga penggunaannya optimal. Pada daerah cikoneng decline Ch. 126,61 m – 150,60 m penggunaan sistem penyanggaan dinilai kurang optimal dari segi teknis. Penggunaan split set dinilai berlebihan untuk mencapai faktor keamanan sebesar dua. Jumlah split set yang digunakan rata-rata berjumlah 23 buah split set per kemajuan dengan faktor keamanan rata-rata 2,58. Penggunaan shotcrete jugadinilai kurang tepat karena shotcrete belum dipasang hingga kemajuan 24 m. Evaluasi perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi dan kelas masa batuan serta menilai penggunaan sistem penyanggaan. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metode Rock Mass Rating (RMR)-System. Penyelidikan geoteknik dilakukan untuk memperoleh nilai RMR. Nilai RMR berkisar antara 41,34 – 59,34 yang berarti masa batuan dikategorikan kedalam batuan kelas III (fair rock). Split set yang digunakan sebaiknya berjumlah 17 buah per kemajuan. Penggunaan split set sebanyak 17 buah perkemajuan membuat faktor keamanan bernilai 2,05 yang berarti sesuai dengan faktor keamanan yang diharapkan. Shotcrete sebaiknya dipasang dengan ketebalan 5 cm untuk daerah dengan RMR 40 – 45 dan 4 cm untuk daerah dengan RMR > 45 serta shotcrete harus telah dipasang setidaknya 10 m dari front penambangan.*

Kata Kunci: Evaluasi, Rock Mass Rating System, Split set, Shotcrete

## 1. PENDAHULUAN

PT. Cibaliung sumberdaya adalah salah satu perusahaan di bidang pertambangan emas. Penambangan emas di PT. Cibaliung sumberdaya menggunakan sistem tambang bawah tanah (*underground mining*) dengan metode *cut and fill*. Endapan emas di PT. Cibaliung sumberdaya berbentuk *vein* yang vertikal dan memanjang dari tenggara ke barat laut. Penggalan masa batuan untuk membuat *decline* menyebabkan tegangan pada masa batuan tersebut terganggu sehingga terbentuk daerah tidak stabil pada lubang bukaan untuk itu perlu dilakukan pemasangan sistem penyanggaan. Penggunaan sistem penyanggaan yang tepat dan optimal akan menjamin keamanan pada daerah *decline* dan lokasi kerja di daerah *decline*. Keamanan pada daerah *decline* harus di perhitungkan secara cermat karena daerah *decline* merupakan daerah yang selalu dialui oleh pekerja dan alat berat. Selain itu, *decline* yang merupakan akses menuju endapan bijih akan terus dikembangkan untuk membuat akses menuju daerah produksi yang baru.

Berdasarkan pengamatan terhadap daerah cikoneng *decline*(CKN\_DC) Ch. 126,61 m – 150,6 m PT. Cibaling Sumberdaya sistem penyanggaan yang digunakan tidak sesuai dengan perhitungan jumlah penyangga berdasarkan nilai RMR untuk mencapai faktor keamanan yang telah ditetapkan pada daerah *decline* yakni sebesar dua. Jumlah *split set* yang digunakan rata-rata berjumlah 23 buah *split set* per meter, sedangkan pada perhitungan jumlah *split set* berdasarkan nilai RMR jumlah *split set* yang digunakan adalah sebaiknya adalah 17 buah *split set* per meter. Selain itu, pada lokasi kerja di daerah penelitian belum dilakukan pemasangan *shotcrete* dimana seharusnya *shotcrete* harus sudah dipasang paling tidak 10 m dari *front* kerja.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi dan kelas masa batuan, menentukan sistem penyanggaan yang sesuai berdasarkan klasifikasi masa batuan *rock mass rating (RMR) system*, mengetahui kondisi sistem penyanggaan yang diterapkan, mengevaluasi penggunaan sistem penyanggaan, memberikan rekomendasi dan permodelan sistem penyanggaan yang sesuai untuk diterapkan.

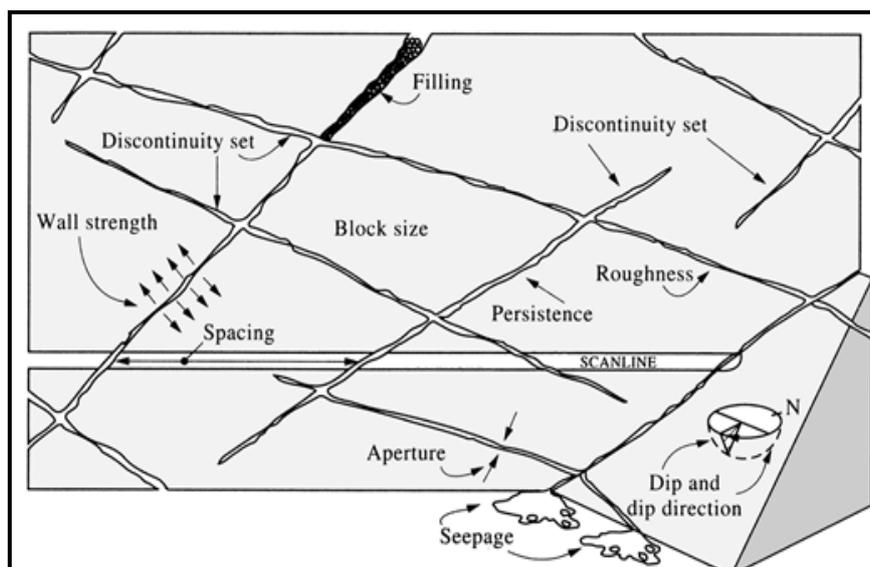
Masa batuan pada dasarnya merupakan batuan utuh yang dipisahkan oleh struktur geologi dengan perilaku yang berbeda-beda. Kekuatan masa batuan erat kaitannya dengan batuan utuh, *joints*, dan *strength* [1]. Nilai *Uniaxial compressive stress (UCS)* batuan ditentukan berdasarkan uji laboratorium dengan menggunakan mesin tekan (*compression machine*) yang sesuai dengan prosedur standar pengujian. Nilai UCS didapatkan dari pengujian menggunakan *compression machine* untuk menekan sampel batuan yang telah dipreparasi berbentuk silinder [2]. Sampel yang disarankan untuk uji *Uniaxial compressive stress* ialah sampel yang berbentuk silinder dengan syarat ukuran sample  $2 < L/D < 2,5$ . Sampel kemudian diletakkan pada *compression machine* dan diberi gaya hingga terjadi deformasi yang ditandai dengan terbentuknya rekahan sampai pergeseran disepanjang bidang rekahan.

*Rock quality designation* dikembangkan oleh Deere (1964) untuk memberikan analisis kuantitatif terhadap kualitas masa batuan berdasarkan perolehan hasil inti pemboran. *Rock Quality Designation (RQD)* merupakan persentase masa batuan utuh yang didapat dari hasil inti pengeboran. RQD diperoleh dengan membandingkan jumlah inti bor yang memiliki panjang lebih dari 10 cm dengan kedalaman lubang bor (*core run*) [3]. *Spasi of discontinuity* adalah jarak antara bidang *discontinuity* yang saling berdekatan dalam pengukuran menggunakan *scanline* dan masih berada dalam satu set *joint* [4].

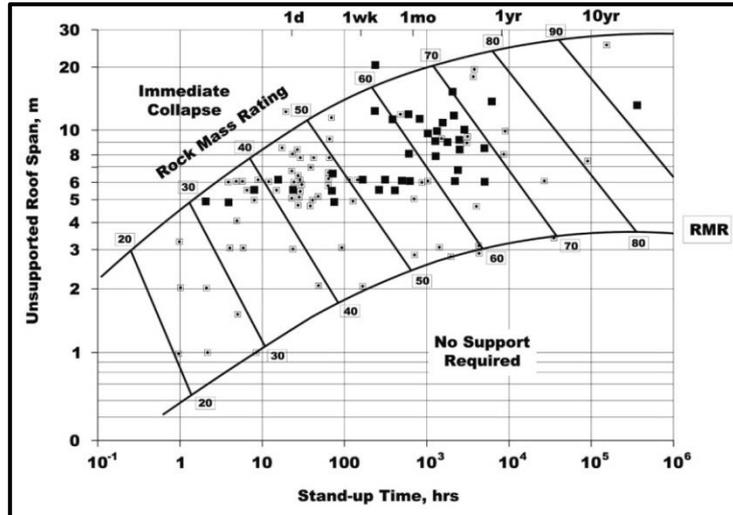
Kondisi air tanah akan mempengaruhi nilai dari masa batuan, semakin besar debit air tanah yang mengalir atau yang ada pada batuan maka nilai dari masa batuan berdasarkan klasifikasi geomekanika *RMR system* akan semakin kecil [5]. Kondisi air tanah diklasifikasikan berdasarkan debit aliran air yang mengalir pada setiap *joint set*. Kondisi air tanah dapat diamati secara visual dilapangan dengan melihat aliran air pada heading, dinding, dan atap terowongan serta dapat dilakukan dengan meraba permukaan batuan. Kondisi air tanah secara umum diklasifikasikan menjadi beberapa kondisi yaitu : kering, lembab, basah, menetes, dan mengalir.

Orientasi atau letak bidang ketidakterusan di dalam suatu ruang dapat digambarkan dengan dip pada pengukuran ketidakterusan di permukaan dalam keadaan horizontal, dan dip direction atau azimuth dari garis ini, diukur searah jarum jam dari arah utara sebenarnya [6].

Stand-up time didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan suatu lubang bukaan dapat tetap stabil tanpa penyangga. Nilai stand-up time dipengaruhi oleh beberapa factor yakni bentuk terowongan, metode penggalian, orientasi dari sumbu terowongan, dan metode penyangga [6]. Nilai *Stand-up time* dapat ditentukan dengan memplot nilai RMR dan nilai lebar terowongan pada grafik nilai *stand up time* (Gambar 2).



Gambar 1. Kondisi Discontinuity (Sumber : Hudson dan Hurrison, 1997)



Gambar 2. Hubungan antara stand up time dengan lebar span RMR (Sumber :Bieniawski, Z.T., 1989)

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 18 mei 2105 sampai dengan 14 juli 2015 di PT. Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Lokasi penelitian berada di *development area* cikoneng decline Ch. 126,61 m – 150,6 m. Data-data primer yang didapat dari kegiatan pengamatan yakni nilai kuat tekan batuan berdasarkan metode *hammer test* (ISRM), nilai *Rock Quality Designation* (RQD) batuan, spasi ketidakteraturan, kondisi kemenerusan berupa panjang kemenerusan, lebar bukaan/rekahan antar bidang ketidakteraturan, kekasaran permukaan *joint*, material pengisi antar *joint*, kondisi pelapukan, kondisi air tanah, orientasi keluarga kekar dan jumlah *split set* yang digunakan pada daerah penelitian. Alat yang digunakan untuk mengambil data primer adalah *scanline* yang digunakan dalam pengukuran kerapatan kekar, meteran, *stopwatch*, gelas ukur, kompas geologi, dan palu geologi. Data sekunder yang diambil yakni dimensi terowongan, rekomendasi sistem penyanggaan, sifat sifik dan mekanik batuan, dan *properties rockbolt* dan *shotcrete*. Tahap pemecahan masalah ialah dengan melakukan pengolahan data yang didapatkan dari proses mapping geoteknik untuk mendapatkan nilai *Rock Mass Rating* (RMR). Nilai RMR selanjutnya akan menjadi dasar pemilihan sistem penyanggaan dan penentuan *stand up time*. Data nilai RMR juga digunakan untuk mencari nilai tinggi runtuh dan beban runtuh batuan, jumlah *split set* dan ketebalan *shotcrete* yang digunakan. Setelah diketahui sistem penyanggaan yang sesuai dan kebutuhan *split set* dan *shotcrete* yang seharusnya digunakan, dilakukan evaluasi dengan membandingkan hasil analisis kebutuhan *split set* dan *shotcrete* terhadap keadaan aktual di lapangan.

Kriteria runtuh batuan dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan yang diajukan oleh Hoek dan Brown yang di beri nama *generalized Hoek and Brown criterion* sebagai berikut [7] :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \left[ m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right]^a \tag{1}$$

Keterangan:

- $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  = Tegangan maksimum dan minimum pada saat *failure*
- $m_b$  = Konstanta m dari massa batuan
- s dan a = Konstanta yang tergantung pada karakteristik massa batuan
- $\sigma_c$  = Nilai UCS sampel batuan utuh

Hoek *et. al.* (2002) memberikan persamaan untuk menghitung nilai  $m_b$ , s, dan a dari masa batuan sebagai berikut :

$$m_b = m_i \exp \frac{GSI - 100}{28 - 14D} \tag{2}$$

$$s = \exp \frac{GSI-100}{9-3D} \quad (3)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3}) \quad (4)$$

Rock Mass Rating (RMR) system merupakan klasifikasi geomekanika yang dikembangkan oleh Bienawski pada tahun 1974 [8]. Klasifikasi masa batuan ini memiliki 6 (enam) parameter yang digunakan untuk mengklasifikasikan masa batuan [2]. Keenam parameter tersebut adalah *Uniaxial compressive stress* (UCS), *Rock Quality Designation* (RQD), Spasi *discontinuity*, Orientasi *discontinuity*, Kondisi *discontinuity*, dan Kondisi air tanah

Priest and Hudson (1976) menemukan persamaan untuk menghitung nilai RQD berdasarkan frekuensi kehadiran *discontinuity* per meter [9]. Persamaan ini dapat digunakan apabila data inti bor tidak tersedia. Persamaan yang diajukan oleh Priest dan Hudson (1976) adalah sebagai berikut :

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1) \quad (5)$$

Kondisi *discontinuity* dinyatakan dalam lima parameter yakni panjang kemenerusan (*persistence*), bukaan/rekahan (*aperture*), kekasaran permukaan *joint* (*Roughness*), isian (*filling*), dan pelapukan (*weathering*) [9]. (Gambar 1).

Perhitungan tinggi runtuh (Ht) dan beban runtuh batuan ( $P_{RMR}$ ) berdasarkan klasifikasi masa batuan *Rock Mass Rating* (RMR) *System* dapat dihitung menggunakan persamaan yang diajukan oleh Unal (1983) sebagai berikut [10] :

$$Ht = \frac{(100-RMR)}{100} \times B \quad (6)$$

$$P_{RMR} = \frac{(100-RMR)}{100} \times B \times \gamma \quad (7)$$

Dimana :

- Ht = Tinggi runtuh batuan (m)
- $P_{RMR}$  = Beban batuan yang harus disangga (kN)
- B = Lebar bukaan (m)
- $\gamma$  = Densitas batuan ( $kg/m^3$ )

Perhitungan jumlah dan jarak antar splitset dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [10] :

$$n = \frac{W}{R} = \frac{B \times Ht \times c \times \rho}{R_{max} \times FK} = \frac{(B \times Ht \times c \times \rho) \times FK}{0,785 \times d^2 \times \sigma_n} \quad (8)$$

$$D = \frac{n}{B \times c} \quad (9)$$

$$s = \frac{B}{n} \quad (10)$$

Dimana :

- n = Jumlah *rockbolt* (buah)
- W = Berat batuan yang harus disangga (ton)
- R = berat yang ditanggung baut batuan ( $ton/m^2$ )
- Ht = tinggi runtuh batuan (m)
- c = jarak memanjang pemasangan baut batuan (m)
- $\rho$  = massa jenis batuan ( $ton/m^3$ )
- $R_{max}$  = kemampuan tarik baut batuan (ton)
- FK = Faktor keamanan
- d = diameter baut batuan
- $\sigma_n$  = kekuatan batang baja yang diinginkan/ *yield strength* ( $ton/m^2$ )
- D = kerapatan baut batuan ( $buah/m^2$ )
- s = spasi dalam 1 baris (m)

Rabcewicz mengusulkan persamaan untuk menentukan ketebalan *shotcrete* sebagai berikut [10]:

$$\delta = 0,434 \times \frac{P_{rnr} \times B}{\tau} \quad (11)$$

$$\tau = 0,2 \times \frac{\sigma_b}{FK} \quad (12)$$

Dimana :

- $\delta$  = Ketebalan *Shotcrete* (m)  
 $P_{rnr}$  = Beban runtuh batuan (ton/m<sup>2</sup>)  
 $B$  = Lebar bukaan (m)  
 $\tau$  = Tegangan geser ijin *shotcrete* (ton/m<sup>2</sup>)  
 $\sigma_b$  = Nilai UCS *Shotcrete* (ton/m<sup>2</sup>)  
 $FK$  = Faktor keamanan

Hasil evaluasi dijadikan pedoman untuk memberikan rekomendasi sistem penyanggaan yang optimal untuk diaplikasikan. Rekomendasi sistem penyanggaan dimodelkan dengan menggunakan *software phase2 v.8.0* untuk melihat apakah rekomendasi yang diberikan dapat diterapkan atau tidak.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kondisi Dan Kelas Masa Batuan

Nilai dan kelas masa batuan ditentukan dengan menggunakan klasifikasi masa batuan *Rock mass rating (RMR)-system*. Nilai RMR ditentukan berdasarkan pemetaan geoteknik untuk mendapatkan nilai dari setiap parameter yang ada didalam *RMR-system* yang mana nilai dari parameter-parameter tersebut akan dijumlahkan sehingga diperoleh nilai RMR dan kelas masa batuan. Nilai RMR (Tabel 1) berkisar antara 41,34 – 59,34 yang berarti bahwa masa batuan tergolong kedalam batuan kelas III (*fair rock*). Masa batuan dengan nilai RMR 41,34 – 59,34 memiliki nilai *stand up time* yang berkisar antara 45 jam – 3500 jam (Tabel 1) yang artinya lubang bukaan yang terbentuk pada masa batuan tersebut dapat bertahan selama 45 – 3500 jam tanpa dipasang sistem penyanggaan.

#### 3.2. Penentuan Sistem Penyangga

Sistem penyanggaan ditentukan berdasarkan nilai RMR dari masa batuan. Sistem penyanggaan yang sesuai berdasarkan metode *Rock Mass Rating (RMR) System* untuk daerah dengan nilai RMR 41,34 – 59,34 adalah menggunakan *rockbolt* yang di kombinasikan dengan *wire mesh* dan *shotcrete*. Penggunaan *rockbolt* didasarkan pada ketersediaan *rockbolt* di PT. Cibaliung Sumberdaya. *Rockbolt* yang digunakan adalah *rockbolt* dengan pengikatan geser (*split set*). *Split set* yang digunakan adalah *split set* tipe galvanis dengan panjang 1,42 m dikombinasikan dengan *split set* yang berukuran 2,4 m.

#### 3.3. Sistem Penyanggaan Aktual

Penggunaan *split set* secara aktual lebih banyak dibandingkan dengan rekomendasi yang diberikan oleh Departemen Kendali Mutu PT. Cibaliung Sumberdaya. Departemen Kendali Mutu PT. Cibaliung Sumberdaya merekomendasikan penggunaan *split set* sebanyak 15 buah *split set* per meter untuk daerah dengan nilai RMR 41 – 50 dan 13 buah *split set* per meter untuk daerah dengan nilai RMR >50. Departemen kendali mutu PT. Cibaliung Sumberdaya juga merekomendasikan penggunaan *shotcrete* dengan ketebalan 5 cm untuk daerah dengan nilai RMR > 40.

Tabel 1. Nilai RMR dan *Stand Up Time* pada Setiap *Chainage*

Stasiun	Chainage (m)		RMR	Kelas Batuan	Deskripsi	Stand Up Time(Jam)
	dari	ke				
1	126,61	128,00	57,94	III	Fair rock	1904
2	128,00	129,27	55,97	III	Fair rock	925
3	129,27	130,82	56,31	III	Fair rock	877
4	130,82	132,20	55,34	III	Fair rock	980
5	132,20	133,82	54,68	III	Fair rock	900
6	133,82	135,19	55,01	III	Fair rock	950
7	135,19	136,79	52,01	III	Fair rock	625
8	136,79	138,23	51,13	III	Fair rock	519

9	138,23	139,92	51,34	III	Fair rock	505
10	139,92	141,59	49,00	III	Fair rock	190
11	141,59	142,89	47,34	III	Fair rock	93
12	142,89	144,29	46,00	III	Fair rock	96
13	144,29	145,66	45,55	III	Fair rock	87
14	145,66	147,01	41,34	III	Fair rock	45
15	147,01	148,79	53,01	III	Fair rock	700
16	148,79	150,60	59,34	III	Fair rock	3500

Tabel 2. Penggunaan *Split set* Aktual di Lapangan

Chainage (m)		Lebar Bukaan (m)	Tinggi (m)	Kemajuan (m)	RMR	Ht	Hp	Beban Luas Atap	Rock Bolt aktual		FK
dari	ke								1,4m	2,4 m	
126,61	128	4,47	4,5	1,39	57,94	1,88	4,89	30,37	21	3	2,92
128	129,27	4,51	4,67	1,27	55,97	1,99	5,16	29,57	20	3	2,89
129,27	130,82	4,36	4,77	1,55	56,31	1,90	4,95	33,47	18	3	2,37
130,82	132,2	4,01	4,20	1,38	55,34	1,79	4,66	25,77	17	3	2,95
132,2	133,82	4,00	4,44	1,62	54,68	1,81	4,71	30,54	16	3	2,38
133,82	135,19	4,19	4,61	1,37	55,01	1,89	4,90	28,13	19	3	2,93
135,19	136,79	4,13	4,53	1,60	52,01	1,98	5,15	34,05	20	3	2,51
136,79	138,23	4,12	4,45	1,44	51,13	2,01	5,23	31,06	21	3	2,86
138,23	139,92	4,10	4,72	1,69	51,34	2,00	5,19	35,94	18	3	2,20
139,92	141,59	4,11	4,67	1,67	49,00	2,10	5,45	37,41	20	3	2,29
141,59	142,89	4,27	4,52	1,30	47,34	2,25	5,85	32,45	21	3	2,74
142,89	144,29	4,04	4,31	1,40	46,00	2,18	5,67	32,08	23	3	2,97
144,29	145,66	4,05	4,29	1,37	45,55	2,21	5,73	31,81	18	3	2,49
145,66	147,01	4,30	4,81	1,35	41,34	2,52	6,56	38,07	20	3	2,25
147,01	148,79	4,23	4,54	1,78	53,01	1,99	5,17	38,91	20	3	2,20
148,79	150,6	4,02	4,31	1,81	59,34	1,63	4,25	30,92	17	3	2,46

Pada kondisi aktual penggunaan *split set* tidak sesuai dengan rekomendasi yang diberikan PT. Cibaliung Sumberdaya. *Split set* yang terpasang secara aktual (Tabel 2) rata-rata berjumlah 23 buah *split set* per kemajuan hal ini dikarenakan adanya daerah *overbreak* yang menyebabkan penambahan lebar terowongan sehingga dengan spasi yang telah ditentukan jumlah *split set* yang harus digunakan tidak sesuai dan dilakukan juga dilakukan penambahan *split set* dengan panjang 2,4 m sebanyak 3 buah per meter untuk lebih menjamin keamanan lubang bukaan. Penambahan *split set* dengan panjang 2,4 meter selalu dilakukan pada setiap kemajuan sehingga nilai faktor keamanan akan bertambah secara signifikan dari faktor keamanan awal yang telah ditetapkan. Penggunaan *split set* dengan panjang 1,42 m seharusnya dapat dikurangi apabila ada penambahan *split set* dengan panjang 2,4 m setiap meternya. Pada kondisi aktual pemasangan *shotcrete* belum dilakukan hingga kemajuan 24 m.

#### 3.4. Evaluasi dan Rekomendasi Sistem Penyanggaan

Evaluasi sistem penyanggaan dilakukan dengan membandingkan penggunaan sistem penyanggaan aktual dan perhitungan yang diperoleh untuk mencapai faktor keamanan yang telah ditetapkan. Hasil evaluasi (Tabel 3) menunjukkan bahwa jumlah *split set* yang terpasang secara aktual dinilai berlebihan untuk mencapai faktor keamanan yang telah di tetapkan yakni sebesar dua. *Split set* yang digunakan secara aktual berjumlah 23 buah *split set* per kemajuan setelah dilakukan evaluasi, untuk mencapai faktor keamanan sebesar dua hanya di perlukan penggunaan *split set* sebanyak 17 buah *split set* per kemajuan. Faktor keamanan sebelum dilakukan evaluasi rata-rata bernilai 2,58 setelah dilakukan evaluasi faktor keamanan yang diperoleh rata - rata sebesar 2,05 (Tabel 4). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa faktor keamanan yang diharapkan dapat tercapai dengan melakukan pengurangan jumlah *split set* sehingga penggunaan *split set* akan menjadi optimal. Penggunaan *shotcrete* juga dinilai tidak sesuai berdasarkan metode RMR. Penggunaan *shotcrete* seharusnya dilakukan paling tidak 10 m dari front penambangan untuk menjamin keamanan bagi para pekerja. Untuk memperoleh kebutuhan *split set* dan *shotcrete* secara optimal maka penentuan kebutuhan *split set* akandiklasifikasikan berdasarkan rentang nilai RMR antara 41 – 45, 46 – 50, 51 – 55, dan RMR > 55. Rekomendasi penggunaan *split set* dapat dilihat pada Tabel 5 dan rekomendasi penggunaan *shotcrete* dapat dilihat pada Tabel 6.

### 3.5. Permodelan Rekomendasi Sistem Penyanggaan

Permodelan rekomendasi sistem penyanggaan bertujuan untuk memberikan informasi faktor keamanan lubang bukaan sebelum dan setelah di lakukan pemasangan sistem penyanggaan. Permodelan dilakukan dengan menggunakan *software phase2 v.8.0*. Setelah dilakukan permodelan terlihat bahwa nilai faktor keamanan bertambah setelah dilakukan pemasangan sistem penyanggaan. Daerah dengan nilai RMR 41 – 45 (Gambar 3) faktor keamanannya meningkat dari 1,13 menjadi 2,06, untuk daerah dengan nilai RMR 46 – 50 (Gambar 4) faktor keamanan meningkat dari 1,20 menjadi 2,10, untuk daerah dengan nilai RMR 51 – 55 (Gambar 5) faktor keamanan meningkat dari 1,14 menjadi 2,00 dan untuk daerah dengan nilai RMR >55 (Gambar 6) faktor keamanan meningkat dari 1,31 menjadi 2,06. Hal ini berarti bahwa sistem penyanggaan yang di rekomendasikan dapat diterapkan di daerah *development excavation cikoneng decline*.

**Tabel 3. Hasil Evaluasi Penggunaan Split set**

Chainage (m)		Lebar Bukaan (m)	Tinggi (m)	Kemajuan (m)	RMR	Ht	Hp	Beban Luas Atap	Rekomendasi		FK
dari	ke								1,4m	2,4m	
126,61	128	4,47	4,50	1,39	57,94	1,88	4,89	30,37	13	3	2,08
128	129,27	4,51	4,67	1,27	55,97	1,99	5,16	29,57	12	3	2,03
129,27	130,82	4,36	4,77	1,55	56,31	1,90	4,95	33,47	15	3	2,08
130,82	132,2	4,01	4,20	1,38	55,34	1,79	4,66	25,77	10	3	2,08
132,2	133,82	4,00	4,44	1,62	54,68	1,81	4,71	30,54	13	3	2,07
133,82	135,19	4,19	4,61	1,37	55,01	1,89	4,90	28,13	11	3	2,02
135,19	136,79	4,13	4,53	1,60	52,01	1,98	5,15	34,05	15	3	2,04
136,79	138,23	4,12	4,45	1,44	51,13	2,01	5,23	31,06	13	3	2,03
138,23	139,92	4,10	4,72	1,69	51,34	2,00	5,19	35,94	16	3	2,03
139,92	141,59	4,11	4,67	1,67	49,00	2,10	5,45	37,41	17	3	2,03
141,59	142,89	4,27	4,52	1,30	47,34	2,25	5,85	32,45	14	3	2,05
142,89	144,29	4,04	4,31	1,40	46,00	2,18	5,67	32,08	14	3	2,07
144,29	145,66	4,05	4,29	1,37	45,55	2,21	5,73	31,81	14	3	2,09
145,66	147,01	4,30	4,81	1,35	41,34	2,52	6,56	38,07	18	3	2,08
147,01	148,79	4,23	4,54	1,78	53,01	1,99	5,17	38,91	18	3	2,04
148,79	150,6	4,02	4,31	1,81	59,34	1,63	4,25	30,92	13	3	2,04

**Tabel 4. Perbandingan Jumlah Split set dan Faktor Keamanan Sebelum dan Setelah di Lakukan Evaluasi**

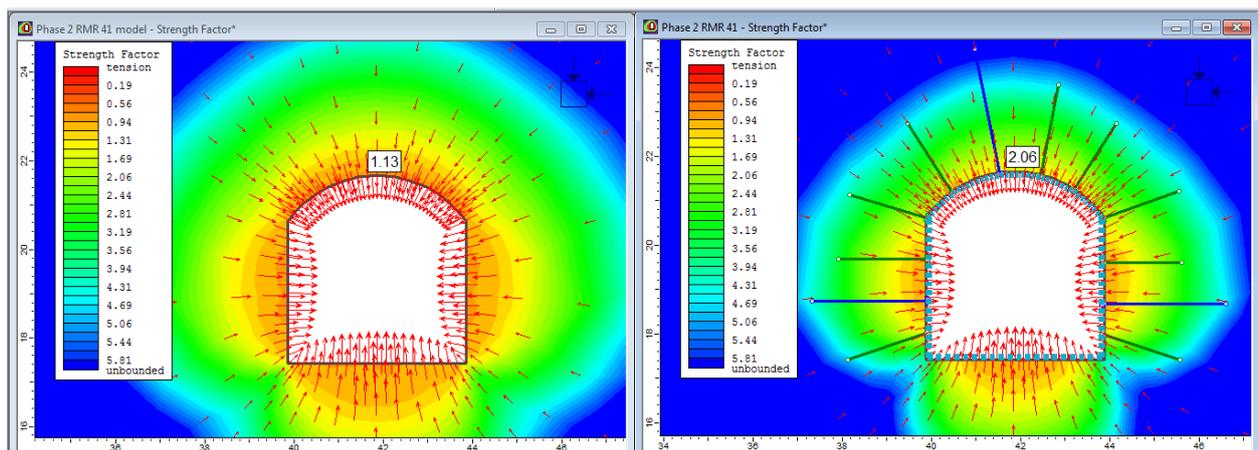
Chainage (m)		RMR	Rock Bolt aktual		FK	Rekomendasi		FK
dari	ke		1,4m	2,4 m		1,4m	2,4m	
126,61	128	57,94	21	3	2,92	13	3	2,08
128	129,27	55,97	20	3	2,89	12	3	2,03
129,27	130,82	56,31	18	3	2,37	15	3	2,08
130,82	132,2	55,34	17	3	2,95	10	3	2,08
132,2	133,82	54,68	16	3	2,38	13	3	2,07
133,82	135,19	55,01	19	3	2,93	11	3	2,02
135,19	136,79	52,01	20	3	2,51	15	3	2,04
136,79	138,23	51,13	21	3	2,86	13	3	2,03
138,23	139,92	51,34	18	3	2,20	16	3	2,03
139,92	141,59	49,00	20	3	2,29	17	3	2,03
141,59	142,89	47,34	21	3	2,74	14	3	2,05
142,89	144,29	46,00	23	3	2,97	14	3	2,07
144,29	145,66	45,55	18	3	2,49	14	3	2,09
145,66	147,01	41,34	20	3	2,25	17	3	2,08
147,01	148,79	53,01	20	3	2,20	18	3	2,04
148,79	150,6	59,34	17	3	2,46	13	3	2,04

Tabel 5. Jumlah dan Faktor Keamanan Split set Rekomendasi

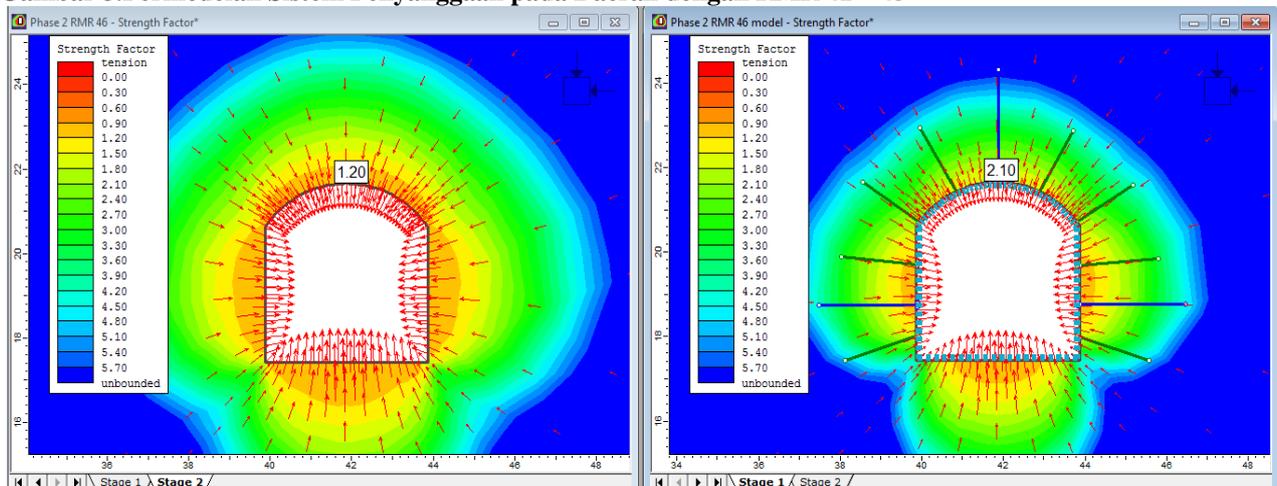
Lebar Bukaan (m)	Tinggi (m)	Asumsi Kemajuan (m)	RMR	Ht	Hp	Beban Luas Atap	Rekomendasi Split set		FK
							1,4m	2,4 m	
4	4,2	1	40	2,40	6,240	24,960	9	3	2,05
4	4,2	1	46	2,16	5,616	22,464	8	3	2,10
4	4,2	1	51	1,96	5,096	20,384	6	3	2,00
4	4,2	1	56	1,76	4,576	18,304	5	3	2,05

Tabel 6. Ketebalan Shotcrete Rekomendasi

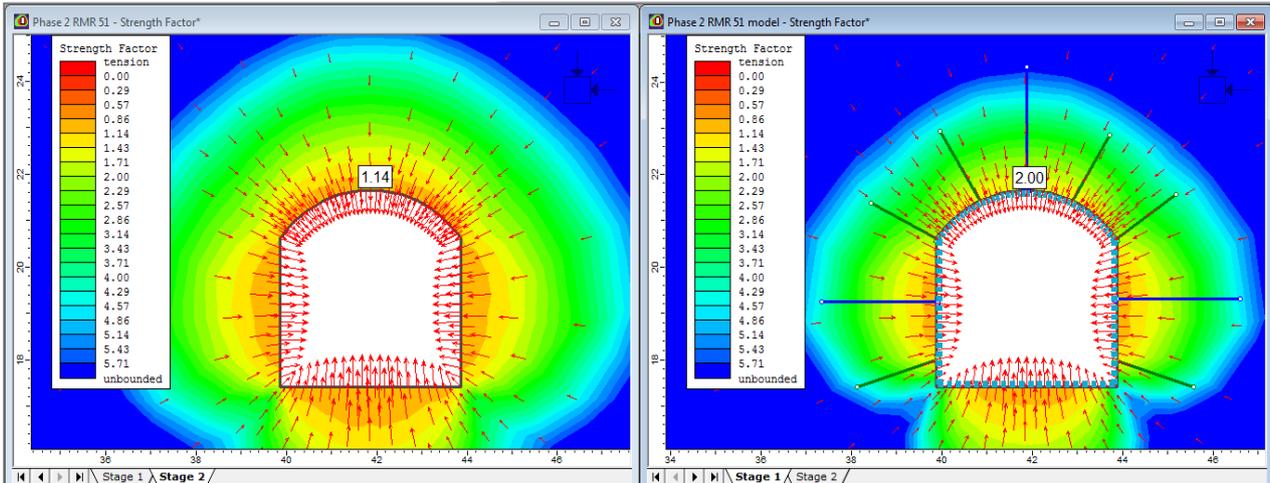
RMR	Hp	UCS Shotcrete (Ton/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (Ton/m <sup>2</sup> )	Ketebalan Shotcrete (mm)	Ketebalan Shotcrete (cm)
40 – 45	6,240	2450	245	0,044	5
46 – 50	5,616	2450	245	0,040	4
51 – 55	5,096	2450	245	0,036	4
56 – 60	4,680	2450	245	0,033	4



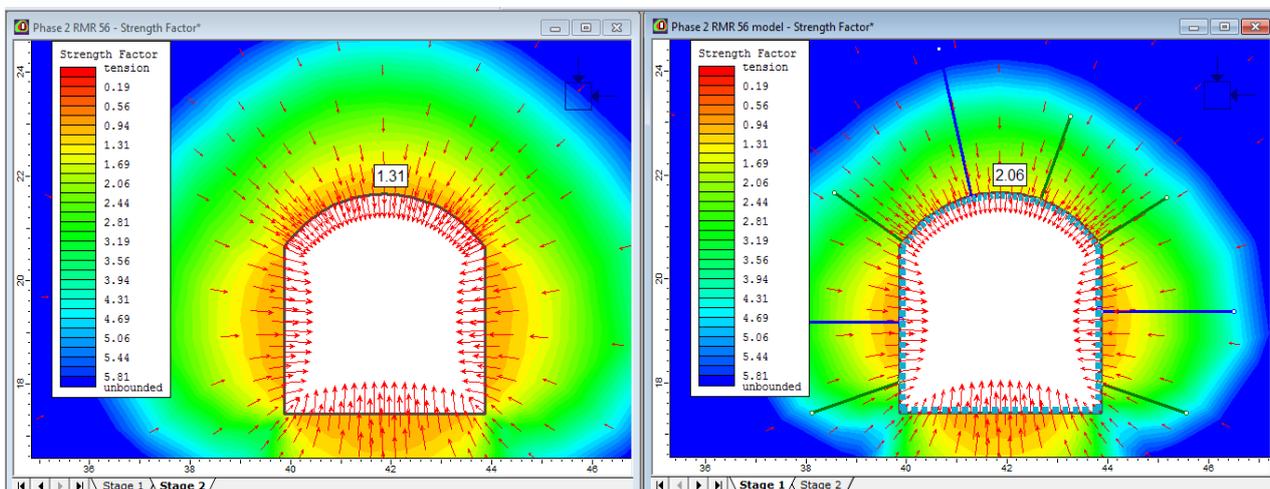
Gambar 3. Permodelan Sistem Penyanggaan pada Daerah dengan RMR 41 – 45



Gambar 4. Permodelan Sistem Penyanggaan pada Daerah dengan RMR 46 – 50.



Gambar 5. Permodelan Sistem Penyanggaan pada Daerah dengan RMR 51 – 55



Gambar 6. Permodelan Sistem Penyanggaan pada Daerah dengan RMR 56-60

#### 4. KESIMPULAN

Dari uraian dan pembahasan sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Nilai RMR pada daerah penelitian berkisar antara 41,34 – 59,34 dan masuk dalam kelas batuan III (*fair rock*)
2. Sistem penyanggaan yang tepat untuk digunakan pada daerah penelitian berdasarkan klasifikasi masa batuan *Rock Mass Rating (RMR) System* adalah menggunakan *rockbolt* yang dikombinasikan dengan *weld mesh* dan *shotcrete*.
3. Penggunaan *split set* pada daerah penelitian dinilai terlalu banyak untuk mencapai faktor keamanan yang diharapkan sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang untuk mengoptimalkan penggunaan *split set*.
4. Sistem penyanggaan untuk daerah dengan nilai RMR 41 – 45 sebaiknya digunakan kombinasi *split set* berukuran 1,42 m sebanyak 9 buah dengan *split set* berukuran 2,4 m sebanyak 3 buah. Pada daerah dengan RMR 46 – 50 sebaiknya digunakan kombinasi *split set* berukuran 1,42 m sebanyak 8 buah dengan *split set* berukuran 2,4 m sebanyak 3 buah. Daerah dengan RMR 51 – 55 sebaiknya digunakan kombinasi *split set* berukuran 1,42 m sebanyak 6 buah dengan *split set* berukuran 2,4 m sebanyak 3 buah. Daerah dengan RMR > 55 sebaiknya digunakan kombinasi *split set* berukuran 1,42 m sebanyak 5 buah dengan *split set* berukuran 2,4 m sebanyak 3 buah.
5. Hasil permodelan menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan meningkat dan mencapai faktor keamanan yang diharapkan setelah dilakukan evaluasi. Sehingga penggunaan sistem penyanggaan yang direkomendasikan dapat diterapkan pada lokasi penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hoek, E, Kaiser, P.K, dan Bawden, W.F. (1995). *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. A.A. Balkema: Rotterdam Brookfield.
- [2] Bieniawski, Z.T. (1984). *Rock Mechanics Design In Mining and Tunneling*. A.A Balkema : Boston.
- [3] Brady, B.H.G., dan Brown, E.T. (1985). *Rock Mechanics For Underground Mining*. George Allen & Unwin : London.
- [4] Palmstrom, A. (2009). *Combining the RMR, Q, and RMI Classification Systems*. International Journal of Rock Mass: Norway.
- [5] Hoek E., dan Brown E.T. (1980). *Underground Excavation In Rock*. The Institute Mining And Metallurgy : London.
- [6] Hoek, E, Kaiser, P.K, dan Bawden, W.F. (1995). *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. A.A. Balkema: Rotterdam Brookfield.
- [7] Hoek, E., Carranza-Torres, C. and Corkum, B. 2002. Hoek-Brown Failure Criterion-2002 Edition. *Proc. NARMS-TAC Conf.*, Toronto, Vol. 1, p. 267- 273.
- [8] Vergne, J. D. (2012). *Hard Rock Miner's Handbook*. Stantec Consulting Ltd : Canada
- [9] Hudson, J.A. dan Harrison, J.P., (1997). *Engineering Rock Mechanics An Introduction to The Principles*. Elsevier Science Ltd : United Kingdom.
- [10] Biron, C., dan Ergin, A. (1983). *Design of Support in Mines*. John Wiley & Sons : Virginia.