

# Penentuan Jenis Penyangga Menggunakan Kombinasi Metode RMR, Numerik dan Probabilitas di *Crosscut 12 access PT. Cibaliung Sumber Daya*

*(Determination of Support Type Using a Combination of RMR, Numeric and Probability methods in Crosscut 12 access PT. Cibaliung Sumber Daya)*

Louis H. Lamma<sup>1</sup>, Arif Setiawan<sup>1</sup>, Rudi Hartono<sup>2</sup>

Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Universitas Papua<sup>1</sup>

Program Studi D3 Teknik Pertambangan, Universitas Papua<sup>2</sup>

[luislamma@gmail.com](mailto:luislamma@gmail.com)

## Abstrak

Pemilihan jenis penyangga dalam memastikan kestabilan lubang bukaan menjadi salah satu yang harus diperhatikan dengan serius. Hal ini bisa berdampak pada ketidakstabilan dan berakhir dengan terjadinya runtuhnya lubang bukaan tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terkait yang tentunya memerlukan metode yang mampu mengakomodasi berbagai variabel guna mendekati kondisi sebenarnya. Metode probabilitas seperti yang dikemukakan oleh Arif (2016), mampu mengakomodasi setiap variasi data karakteristik dari parameter yang hasilnya dinyatakan dalam bentuk probabilitas kelongsoran (PK). Dalam penelitian ini, digunakan kombinasi metode RMR'89, Numerik dan Probabilitas yang menjadi suatu rangkaian proses analisis guna saling melengkapi dan mendukung untuk mencapai hasil yang lebih akurat. Selain itu kriteria keruntuhan yang digunakan yaitu mohr coulomb dengan nilai FK minimal sebesar 1,5 juga analisis monte carlo untuk metode probabilitas.

Hasil penelitian menunjukkan nilai RMR sebesar 42 (fair rock) dan jenis penyangga yang direkomendasi oleh Bieniawski (1989) yaitu *rockbolt* (panjang 4 m, spasi 1,5 m), *shotcrete* tebal 100 mm dan *wiremesh*. Namun saat dianalisis dengan metode numerik dan probabilitas, jenis penyangga tersebut tidak efektif karena diperoleh nilai FK rata – ratanya 1,21 dengan probabilitas keruntuhan 89,59 %. Untuk itu dilakukan modifikasi jenis penyangga yang akhirnya diperoleh jenis penyangga yang sesuai kriteria nilai FK dan probabilitas lebih kecil yaitu kombinasi *rockbolt* (panjang 4 m, spasi 1,5 m), *shotcrete* tebal 100 mm, *wiremesh* dan *H-Beam*. Adapun nilai FK rata – ratanya 1,6 dengan probabilitas keruntuhan 33,07 %.

**Kata Kunci :** Penyangga, RMR, Numerik, Probabilitas

## Abstract

*Selection of the type of support in ensuring the stability of the opening is one that must be considered seriously. This can have an impact on instability and end in the collapse of the opening. Therefore, it is necessary to carry out related analyzes which of course require methods that are able to accommodate various variables in order to approach the actual conditions. The probability method, as stated by Arif (2016), is able to accommodate any variation of characteristic data from parameters whose results are expressed in the form of sliding probability (PK). In this study, a combination of RMR'89, Numerical and Probability methods was used which became a series of analytical processes to complement and support each other to achieve more accurate results. In addition, the failure criterion used is mohr coulomb with a minimum FK value of 1.5.*

*The results showed an RMR value of 42 (fair rock) and the type of support recommended by Bieniawski (1989) was rockbolt (4 m long, 1.5 m spacing), 100 mm thick shotcrete and wiremesh. However, when analyzed by numerical and probability methods, this type of support is not effective because the average FK value is 1.21 with a failure probability of 89.59%. For this reason, a modification of the type of support was carried out which finally obtained a type of support that met the FK value criteria and a smaller probability, namely a combination of rockbolts (4 m long, 1.5 m spacing), 100 mm thick shotcrete, wiremesh and H-Beam. The average FK value is 1.6 with a probability of collapse of 33,07%.*

**Keywords:** Support, RMR, Numeric, Probability

## PENDAHULUAN

Kestabilan lubang bukaan menjadi salah satu yang harus diperhatikan dengan serius dalam kegiatan penambangan bawah tanah. Hal ini dikarenakan bisa berdampak pada kelancaran proses penambangan yang sedang berjalan. Stabil atau tidaknya suatu lubang bukaan adalah respon massa batuan di sekitar lubang bukaan tersebut. Secara garis besar, Szwedzicki (2018) menggambarkan respon massa batuan dipengaruhi oleh 2 unsur utama yaitu batuan/massa batuan dan tegangan. Palmstrom dan Stille (2015) merincikannya yakni kestabilan suatu lubang bukaan dipengaruhi oleh tegangan insitu, tegangan terinduksi oleh penambangan, jenis batuan/massa batuan, struktur geologi, air tanah, ukuran dan bentuk bukaan, metode penggalian dan pemasangan penyangga.

Dengan sedemikian banyaknya variabel di atas, akan sulit untuk menggunakan metode analitik konvensional dalam menganalisa kestabilan lubang bukaan karena asumsi – asumsi yang digunakan kebanyakan bersifat ideal. Dengan adanya perkembangan teknologi computer maka ditemukan metode analitik berbasis numerik yang mampu menghimpun variabel – variabel tersebut dalam suatu proses analisis sekaligus. Baik metode analitik konvensional maupun numerik, keduanya dikategorikan dalam metode deterministik. Namun demikian, muncul pula keraguan dari metode deterministik ini karena hanya satu nilai inputan saja yakni nilai rata-rata yang akan digunakan dari setiap variabel/parameter untuk proses analisis. Hal ini menimbulkan keraguan karena belum tentu nilai rata – rata tersebut dapat merepresentasikan seluruh nilai dari parameter input. Oleh karena itu akan lebih dapat meyakinkan apabila semua nilai parameter input diikutsertakan dalam proses perhitungan. Metode probabilitas seperti yang dikemukakan oleh Arif (2016), mampu mengakomodasi setiap variasi data karakteristik dari parameter yang hasilnya dinyatakan dalam bentuk probabilitas kelongsoran (PK). Metode ini dapat mengakomodasi ketidakpastian yang terkait dengan stratigrafi, karakteristik tanah dan batuan.

## METODOLOGI

### Metode Pengumpulan Data

Terapan adalah jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini guna memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan kestabilan suatu lubang bukaan. Penerapan metode probabilitas dalam penelitian ini diharapkan dapat memberi gambaran yang lebih rinci terhadap hasil analisa kestabilan.. Data yang dikumpulkan untuk proses analisis ini hanya terdiri dari data investigasi lapangan (kondisi massa batuan dan air tanah), uji laboratorium (sifat fisik dan mekanik batuan). Selanjutnya peta geologi regional, peta layout penambangan, peta potongan melintang (cross section) lokasi penelitian, rasio tegangan insitu dan data jenis penyangga yang digunakan oleh perusahaan.

### Metode Analisis Data

Dalam menganalisis data yang telah dikumpulkan sebelumnya, adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah memodelkan area penelitian pada aplikasi phase2, menginput data masukan pada aplikasi phase2, menghitung tingkat keamanan lubang bukaan sebagai representatif dari metode deterministik. Kemudian untuk proses analisa menggunakan metode probabilitas sebagai pembandingnya akan diawali dengan mengestimasi distribusi probabilitas setiap variabel acak, kemudian dengan bantuan Mx. Excel untuk men-generate nilai acak tersebut dengan metode monte carlo sebanyak 500 nilai, lalu menghitung masing – masing nilai gaya penahan dan gaya penggeraknya dan membuat grafik distribusi dari hasil perbandingan gaya penahan dan penggerak tersebut. Adapun teori dan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

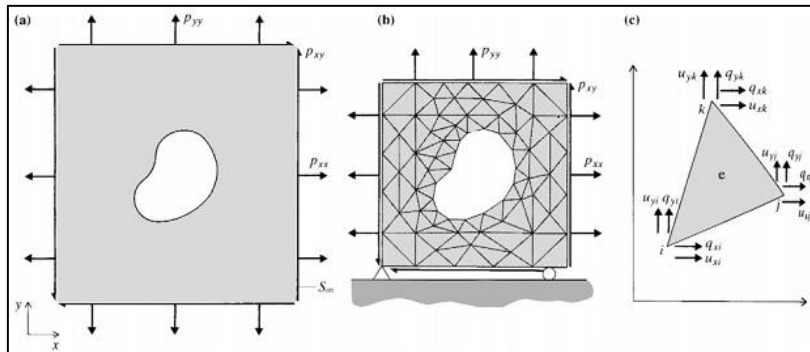
#### 1. Klasifikasi Masa Batuan RMR

Sistem klasifikasi RMR dikembangkan pada tahun 1972-1973 dan dipublikasikan pertama kali oleh Bieniawski pada tahun 1976. Setelah itu, sistem ini mengalami beberapa kali perubahan yakni pada tahun 1984 dan versi terakhir yakni tahun 1989. Pada versi ini terdapat 6 parameter yang dikarakterisasi antara lain : kuat tekan, RQD, spasi kekar, panjang kemenerusan kekar, kondisi kekar, air tanah dan koreksi arah penggalian. Hoek et al (1995) membuat korelasi dengan klasifikasi massa batuan lain yaitu Geological Strength Index (GSI) dan persamaannya seperti di bawah ini :

$$GSI = RMR'89 - 5$$

#### 2. Metode Numerik

Menurut Asih, dkk (2018), Metode Elemen Hingga adalah salah satu metode pendekatan numerik yang menggunakan metode diferensial. Metode ini awalnya dikemukakan oleh Courant pada tahun 1943 dengan nama *variational method* kemudian pada tahun 1960, barulah Clough yang memperkenalkan istilah *Finite Element Method*. Konsep pendekatan numerik dengan metode elemen hingga dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Ilustrasi penampang yang mengalami tegangan awal Pxx, Pyy dan Pxy (Brady dan Brown, 2004)

### 3. Metode Probabilitas

Dalam Hoek et al (1995), terdapat beberapa jenis distribusi antara lain : distribusi normal, eksponensial, beta, lognormal dan weibul. Lebih lanjut dipaparkan bahwa apabila tidak tersedia informasi mengenai distribusi data, maka biasanya dapat diasumsikan berdistribusi normal. Distribusi normal atau Gaussian adalah jenis distribusi probabilitas yang paling banyak diketahui. Grafiknya dikenal dengan nama kurva normal atau kurva gauss yang berbentuk seperti lonceng. Persamaan fungsi kerapatan probabilitas (pdf) dari jenis distribusi ini seperti pada persamaan di bawah ini :

$$f(x) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{s}\right)^2\right]}{s\sqrt{2\pi}}$$

Keterangan :

x = nilai dari variabel acak

$\bar{x}$  = nilai rata - rata

s = standar deviasi

$\pi$  = konstanta pi

### 4. Faktor Keamanan

Kriteria faktor keamanan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada KEPMEN ESDM 1827/K/MEM/2018 yaitu 1,5. Sedangkan kriteria keruntuhan menggunakan kriteria Mohr-Coulomb yang persamaannya dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{c \cdot \cos\phi + \left\{ \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} \right\} \sin\phi}{\left( \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)}$$

Keterangan :

C = kohesi

$\phi$  = sudut gesek dalam

$\sigma_1$  = Tegangan utama mayor

$\sigma_3$  = Tegangan utama minor

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Pengujian Laboratorium

Saat melakukan pemetaan lapangan, beberapa sampel diambil yang kemudian diuji di laboratorium untuk mendapatkan parameter sifat fisik dan mekaniknya. Hasil uji sampel batuan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 1.** Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

No	Jenis pengujian	Parameter	Nilai rata - rata
1	Sifat Fisik	Bobot isi asli ( MN/m <sup>3</sup> )	0,0254
2	Sifat Mekanik	Kuat tekan uniaksial (MPa)	55,04
3		Modulus Young (GPa)	11
4		Poisson's ratio	0,23

### 2. Metode RMR

Berdasarkan proses pemetaan lapangan dan pengujian laboratorium, didapati nilai RMR massa batuan di lokasi penelitian sebesar 42 yang dapat diklasifikasikan dalam batuan sedang (fair rock). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 2.** Hasil Klasifikasi Massa Batuan dengan Metode RMR

Parameter		Besaran/Kondisi	Bobot
Uniaksial Compressive Strength (MPa)		50 – 100	7
RQD (%)		65	13
Spasi Bidang Diskontinyu		200 – 600 mm	8
Kondisi Bidang Diskontinyu	Kemenerusan	1 – 3 m (4)	19
	Pemisahan	< 0,1 mm (5)	
	Kekasaran	Tajam - agak kasar (3)	
	Material Pengisi	Keras - > 5 mm (2)	
	Pelapukan	Agak lapuk (5)	
Air tanah		Basah	7
Koreksi Penggalian		Sejajar arah kemajuan, dip 45 <sup>0</sup> - 90 <sup>0</sup>	-12
Bobot Total		Sedang	42

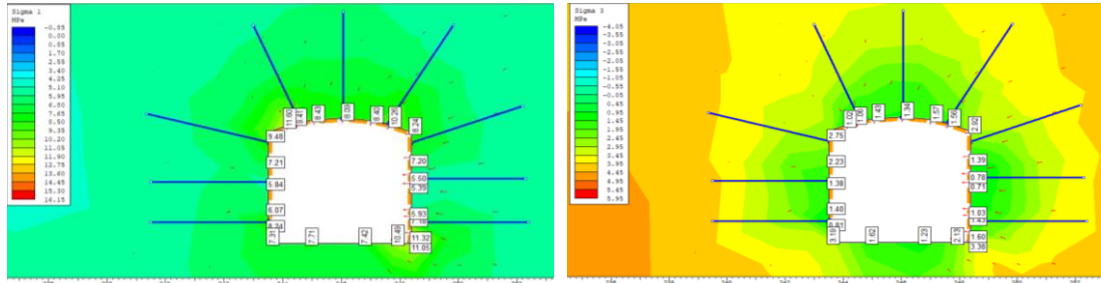
Berdasarkan panduan jenis penyangga yang diajukan oleh Bieniawski, 1989, maka direkomendasikan sistem penyangga untuk lokasi *Cross cut* 12 ACC yaitu *rockbolt*, *shotcrete* dan *wiremesh*. Untuk lebih jelas, dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 3.** Rekomendasi Jenis Penyangga Berdasarkan Nilai RMR

Metode	Tipe Penyangga		
	<i>Rock Bolt</i>	<i>Shotcrete</i>	<i>Wiremesh</i>
RMR	Diameter 20 mm, Panjang 4 m, spasi 1,5	Ketebalan <i>shotcrete</i> 100 mm	Dipasang <i>wiremesh</i>

### 3. Metode Numerik

Dalam menganalisis performa dari jenis penyangga menggunakan metode numerik dengan bantuan *software* phase2 v. 8. Diketahui ukuran lebar 5 m dan lubang bukaannya ber bentuk tapal kuda berada pada kedalaman 171 m,  $K = 1,2$ . Dari hasil analisis tersebut, dapat dilihat distribusi tegangan yang terjadi di sekitar lubang bukaan yakni tegangan utama mayor ( $\sigma_1$ ) dan minor ( $\sigma_3$ ). Untuk mengamati kondisi lubang bukaan maka dibuat 23 titik pengamatan di sekeliling lubang bukaan tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dan tabel di bawah ini:

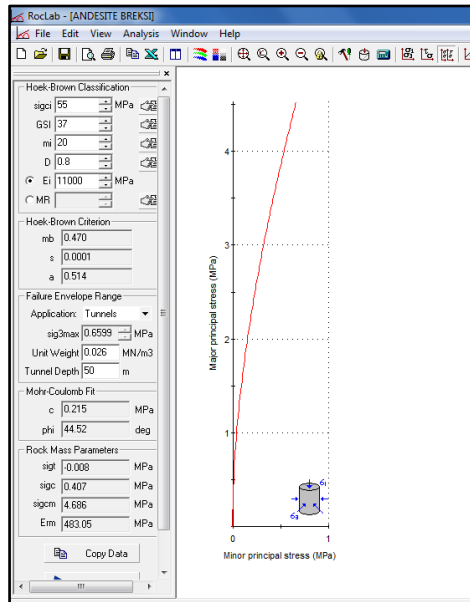


**Gambar 2.** Kondisi Tegangan Utama Mayor (Kiri) dan Tegangan Utama Minor (Kanan)

**Tabel 3.** Nilai Tegangan Utama Mayor ( $\sigma_1$ ) dan Tegangan Utama Minor ( $\sigma_3$ )

No	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)
Dinding kanan	11,30	1,90
	7,17	1,43
	5,93	1,03
	5,38	0,90
	6,30	1,77
	7,20	1,68
Atap	8,24	2,91
	10,30	1,96
	8,39	1,56
	8,00	1,63
	8,40	1,43
	9,40	1,66
Dinding Kiri	11,20	1,91
	9,47	2,75
	7,20	2,23
	5,83	1,67
	6,07	1,40
	8,24	1,80
Lantai	7,31	3,18
	7,71	1,91
	7,41	1,23
	10,40	3,13
	11,00	3,67

Selanjutnya dari data tegangan tersebut akan dihitung Factor Keamanan (FK) menggunakan kriteria Mohr-Coulomb. Adapun data tambahan yaitu kohesi sebesar 0.215 KPa dan sudut gesek dalam sebesar  $44,52^\circ$  yang diperoleh dari estimasi menggunakan *software* Roclab yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.** Estimasi Kohesi dan Sudut Gesek Dalam Massa Batuan

Dari hasil perhitungan, diperoleh rata – rata dan standar deviasi nilai FK masing – masing sebesar 1,21 dan 0,21 yang disajikan secara lengkap pada tabel di bawah ini :

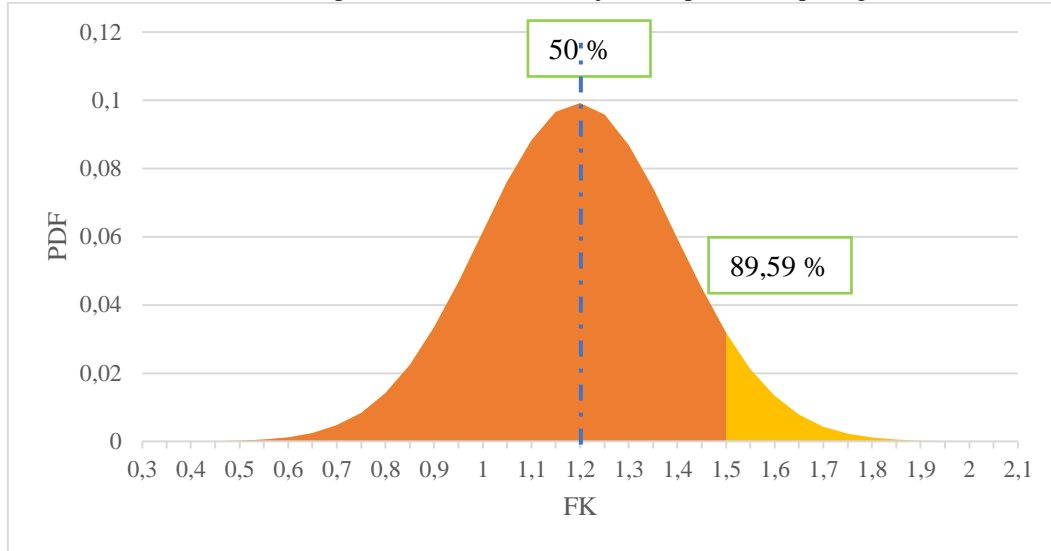
**Tabel 4.** Hasil perhitungan Faktor Keamanan untuk jenis penyangga dari rekomendasi RMR

No	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	A	B	FK
1	11,30	1,90	4,78	4,70	1,02
2	7,17	1,43	3,17	2,87	1,10
3	5,93	1,03	2,59	2,45	1,06
4	5,38	0,90	2,35	2,24	1,05
5	6,30	1,77	2,98	2,27	1,32
6	7,20	1,68	3,27	2,76	1,18
7	8,24	2,91	4,06	2,67	1,52
8	10,30	1,96	4,45	4,17	1,07
9	8,39	1,56	3,64	3,42	1,07
10	8,00	1,63	3,53	3,19	1,11
11	8,40	1,43	3,60	3,49	1,03
12	9,40	1,66	4,03	3,87	1,04
13	11,20	1,91	4,75	4,65	1,02
14	9,47	2,75	4,44	3,36	1,32
15	7,20	2,23	3,46	2,49	1,39
16	5,83	1,67	2,78	2,08	1,34
17	6,07	1,40	2,77	2,34	1,19
18	8,24	1,80	3,67	3,22	1,14
19	7,31	3,18	3,83	2,07	1,86
20	7,71	1,91	3,53	2,90	1,22
21	7,41	1,23	3,18	3,09	1,03
22	10,40	3,13	4,90	3,64	1,35
23	11,00	3,67	5,30	3,67	1,45
<b>Rata – rata</b>					<b>1,21</b>
<b>Sandar Deviasi</b>					<b>0,21</b>

#### 4. Metode Probabilitas

Selanjutnya, data hasil perhitungan tersebut digunakan untuk analisis probabilitas dengan metode monte carlo menggunakan bantuan software ms. Excel. Adapun distribusi data FK diasumsikan normal

dengan jumlah data yang dihasilkan dari metode monte carlo ini sebanyak 500 data (>100 menurut Arif, 2016 ). FK minimal pada analisis ini yaitu 1,5 mengacu pada KEPMEN ESDM 1827/K/MEM/2018 untuk lubang bukaan sementara. Dari hasil analisis, probabilitas keruntuhan untuk jenis penyangga *splitset*, *shotcrete* dan *wiremesh* mencapai 89,6 %. Untuk lebih jelas, dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



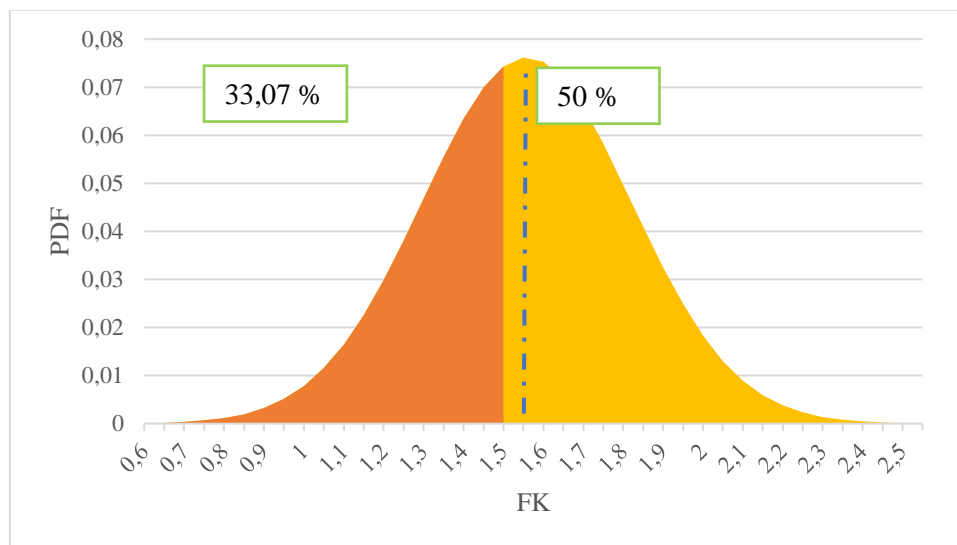
**Gambar 4.** Probabilitas Kelongsoran dengan rekomendasi dari RMR

Dari hasil analisis numerik dan probabilitas, diketahui bahwa jenis penyangga yang ditentukan sebelumnya tidak stabil ( $<1,5$ ) dan kemungkinan terjadinya longsor sangat besar yakni 89,6 %. Untuk itu dilakukan analisis lebih lanjut dengan memodifikasi jenis penyangga untuk mendapatkan jenis penyangga yang efektif pada lubang bukaan tersebut. Hasil analisis lanjutan tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan H-Beam pada system penyangga sebelumnya akan meningkatkan kestabilan dan probabilitas keruntuhan menjadi lebih kecil  $< 50$  %. Hasil analisis numerik dan probabilitas dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini :

**Tabel 5.** Hasil perhitungan Faktor Kemanan untuk jenis penyangga dengan penambahan H-Beam

No	$\sigma_1$ (MPa)	$\sigma_3$ (MPa)	A	B	FK
1	10,43	3,81	5,15	3,31	1,55
2	9,16	1,75	3,98	3,71	1,07
3	6,05	1,91	2,94	2,07	1,42
4	5,03	1,66	2,50	1,69	1,48
5	4,85	1,36	2,33	1,75	1,34
6	5,07	1,58	2,48	1,75	1,42
7	7,03	2,35	3,44	2,34	1,47
8	7,59	3,62	4,08	1,99	2,06
9	7,85	2,81	3,89	2,52	1,54
10	7,02	2,48	3,48	2,27	1,53
11	6,90	2,63	3,49	2,14	1,64
12	7,10	2,72	3,60	2,19	1,64
13	7,62	2,25	3,61	2,69	1,35
14	8,51	3,47	4,35	2,52	1,73
15	8,25	3,84	4,39	2,21	1,99
16	7,47	2,64	3,70	2,42	1,53
17	5,30	1,86	2,66	1,72	1,55
18	5,20	2,56	2,87	1,32	2,18
19	6,52	2,91	3,46	1,81	1,92
20	6,85	3,05	3,62	1,90	1,91
21	7,58	2,70	3,76	2,44	1,54
22	7,18	2,32	3,48	2,43	1,43

23	10,50	3,73	5,14	3,39	1,52
<b>Rata - rata</b>					<b>1,60</b>
<b>Standar Deviasi</b>					<b>0,26</b>



**Gambar 5.** Probabilitas Kelongsoran dengan Penambahan H-Beam pada Jenis penyangga

Pada gambar 5, terlihat jelas bahwa dengan adanya penambahan jenis penyangga yakni H-Beam, maka nilai factor keamanan rata – rata menjadi 1,6 dan probabilitas keruntuhan menjadi 33,07 %. Dengan demikian, jenis penyangga yang sesuai dengan kondisi lubang bukaan daerah penelitian yaitu *split set* Panjang 4 m dengan spasi 1,5 m dan shotcrete tebal 100 mm, *wire mesh* dan H – Beam.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu massa batuan dilokasi penelitian diklasifikasikan sebagai batuan sedang (fair rock) karena nilai RMR yang dihasilkan sebesar 42. Hasil analisis numerik dan probabilitas menunjukkan, rekomendasi jenis penyangga dari nilai RMR tidak efektif karena FK rata – rata sebesar  $1,2 < 1,5$  dan probabilitas kelongsoran 89,59 %. Setelah dilakukan modifikasi penyangga didapati bahwa penambahan H-Beam mampu meningkatkan nilai FK menjadi  $1,6 > 1,5$  dan probabilitas keruntuhannya menjadi 33,07 %. Penentuan jenis penyangga yang direkomendasikan dari metode klasifikasi massa batuan masih belum akurat sehingga perlu diverifikasi dengan metode – metode lain seperti metode numerik dan metode probabilitas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat berjalan dari awal sampai selesai dengan baik. Terima kasih kepada rekan – rekan dosen yang membantu dalam proses pengolahan data dan istri serta orang tua yang selalu mendukung dalam doa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I., 2016, Geoteknik Tambang : PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Asih T. S. N., St. Waluya B., Supriyono, 2018 Perbandingan Finite Difference Method dan Finite Element Method dalam Mencari Solusi Persamaan Diferensial Parsial : PRISMA, Universitas Negeri Semarang, p. 886 - 888



- Bieniawski, Z.T., 1989, *Engineering Rock Mass Classification* : John Wiley and Sons Corp, Canada, p. 52 - 62
- Brady, B.H.G. and Brown, E.T., 2005, *Rock Mechanics for Underground Mining (Third Edition)*, UK, p. 184
- Hoek, E., Kaiser, P. K., Bawden, W.F., 1995, *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. Balkema: Rotterdam, p. 12 - 15
- Palmstrom A. and Stille H., 2015, *Rock Engineering (Second Edition)*, Thomas Telford Ltd, London, p. 121 - 137
- Szwedzicki T., 2018, *Rock Mass Response to Mining Activities* : CRC Press, London, UK, p. 6 - 7
- \_\_\_\_\_, Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik.