

Evaluasi Kestabilan Sistem Penyangga pada Tambang Bawah Tanah Menggunakan Rock Mass Rating (RMR) pada Lubang Tambang Tambang Batubara BMK-30 CV. Bara Mitra Kencana Kec. Talawi, Kota Sawahlunto.

William Putra Simbolon^{1*}, Raimon Kopa¹

¹Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang

[*willyamsimbolon14@gmail.com](mailto:willyamsimbolon14@gmail.com)

Abstract. There are cracks and flaws in the wood that do not match the strength of the surrounding rock. There is a spacing between supports that exceeds the SOP of 2.5 m-2.8 m, which violates the company's SOP of 1 m-1,5 m. The company does not have a buffer design appropriate for the rock load. In this study, the authors used quantitative research methodology. Quantitative research is research by obtaining data in the form of number or summarized qualitative data (Sugiyono, 2018:8). In conducting this research, there are primary data obtained directly from the field, namely the geometry of the opening hole, the dimensions of the wood support the condition of the discontinuous plane, the point load index value of the rock, the compressive strength value of the wood. A. the average value of saturated content weight of coal is 1.330 gr/cm³ and siltstone has a saturated content weight of 2.506 gr/cm³. B. the average value of point load index of coal is 0.246 MPa and siltstone has an average point load index of 0.837 gr/cm³. C. the results of converting PLI values to UCS, coal; has an average UCS value of 2,90MPa and siltstone has an average UCS value of 9.890 MPa. Based on the weighting of rock mass classes using the RMR system method, the results show that the right and left wall rock mass class, which is coal, has a value of 56 and includes class III rocks, and siltstone rocks are included in class II rocks as roofs. The standing time value of the roof opening hole section is 7,000 hours or for 291.67 days and the span with the provision of 4 meters of progress based on the specific RMR. From the wood specific gravity test, the average value of wood specific gravity is 0.51, which indicates that the wood used by CV. Bara Mitre Kencana is in class III. And for the bending strength value of wood of 623.75 kg/cm³. From the above calculations, the FK cap value is obtained after evaluating the distance between the supports. From the results of the above analysis, the FK value ≥ 1.5 is obtained with a support distance of 1.38 m.

Keywords: Evaluation, Geometry, Faulting, Rock Weighting, Opening Geometry

1. Pendahuluan

Penambangan di Sawahlunto bermula dari ekspedisi seorang geologi asal Belanda bernama W.H. de Groet. Pada pertengahan abad ke-19, de Groet mendeteksi kandungan batubara di sekitar Sungai Ombilin. Tahun 1891 adalah awal dari penambangan batubara di daerah Sawahlunto. (Damayanti, 2019) Hingga kini, penambangan batubara di Sawahlunto masih beroperasi melalui beberapa perusahaan daerah. CV. Bara Mitra Kencana (BMK) merupakan salah satu perusahaan daerah yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang terletak di Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Lapisan batuan

yang terdapat di CV. BMK terdiri dari batulanau, batupasir dan batubara. Sistem pertambangan yang diterapkan oleh CV.BMK ialah tambang bawah tanah dengan metode *room* and pillar. Sedangkan untuk sistem penyanggaan yang diterapkan perusahaan yaitu menggunakan penyangga kayu dan juga terdapat penyangga beton sepanjang 15 meter pada bagian kanopi *mine entry*. Sistem tambang bawah tanah dengan menggunakan metode *room* and pillar yang diterapkan ini memiliki resiko geomekanika yang berbeda dibandingkan dengan tambang terbuka, hal ini erat kaitannya dengan kekuatan batuan yang dibongkar untuk pembuatan lubang bukaan tambang dengan metode penggalian semi-konvensional menggunakan *breaker*.

Selama proses penggalian, kekuatan massa batuan tersebut akan terganggu, sehingga massa batuan akan mencari kesetimbangan baru setelah adanya perlakuan yang diberikan terhadapnya, tak jarang dapat terjadi beberapa kondisi seperti *sliding load*, *sliding fault* dan ambrukannya lainnya jika tidak segera dilakukan penyanggaan. Selain itu, kondisi pemasangan penyangga yang tidak sesuai dengan beban batuan juga akan menjadikan risiko geomekanika tersendiri pada tambang bawah tanah tersebut.

CV. Bara Mitra Kencana melakukan upaya menjaga kestabilan lubang maju atau tunnel dengan menggunakan penyangga kayu. Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada lubang BMK-30 di kedalaman 70m, terdapat penyangga yang jarak antar penyangga 2,5 m dimana hal ini telah melebihi SOP CV. Bara Mitra Kencana sendiri telah menetapkan SOP jarak antar penyangga yaitu 1m-1,5m. Dampak lain yang dapat terjadi jika perusahaan belum memiliki rancangan penyangga yang sesuai dengan beban batuan adalah dampak keamanan dan keselamatan pekerja dan alat produksi pada lubang tersebut. Jika suatu saat terjadi kecelakaan yang menyebabkan terjebaknya pekerja di dalam lubang, bahkan terjadi fatality, maka besar kemungkinan perusahaan dapat dicabut izin usaha pertambangannya. Berdasarkan pertimbangan tersebut, diperlukan suatu evaluasi rancangan penyangga kayu yang sesuai dengan beban batuan yang berada di sekitarnya untuk menjamin keamanan dan keselamatan pekerja pada lubang tambang. Maka dari itu, berdasarkan uraian diatas penulis mengangkat judul tentang "Evaluasi Kestabilan Penyangga Kayu Menggunakan Metode Rock Mass Rating (RMR) Pada Lubang Tambang BMK-30 CV Bara Mitra Kencana Kec. Talawi, Kota Sawahlunto"

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Penambangan Bawah Tanah

Tambang bawah tanah (*Underground mining*) adalah metode penambangan yang segala kegiatan aktifitas penambangannya dilakukan di bawah permukaan bumi, dan tempat kerjanya tidak berhubungan langsung dengan udara luar (samanlangi, 2016). Pada penelitian kali ini, metode penambangan penambangan yang dipakai PT. Bara Mitra Kencana adalah metode *Room and pillar* terdapat dua tahap pelaksanaan, yaitu :

2.1.1 Tahap Pertama Kegiatan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap pertama adalah pembuatan *room and pillar*. Tujuannya adalah untuk membuat lubang bukaan sebagai jalan masuk ke lapisan batubara serta untuk membuat pillar-pillar yang nantinya akan diambil pada tahap kedua kegiatan. Pembuatan lubang bukaan ini dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan menggunakan peralatan Belincong dan jack hammer sebagai pembongkaran.

2.1.2 Tahap Kedua Kegiatan

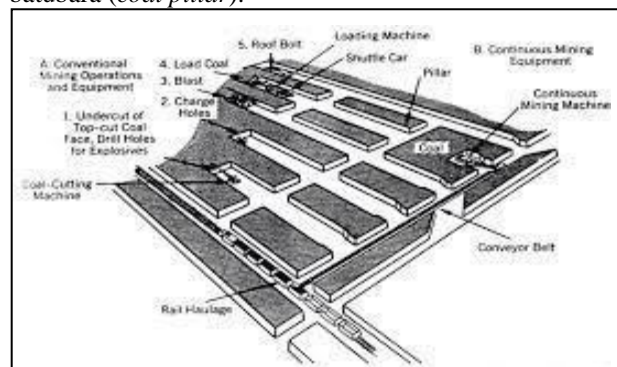
lanjutan dari tahap Tahap kedua kegiatan Kegiatan yang akan dilakukan pada tahap kedua ini merupakan pertama dimana pillar dibagi menjadi beberapa bagian. Dan nantinya akan dilakukan pembongkaran apabila kegiatan untuk lubang maju telah selesai, selanjutnya sesuai dengan perencanaan yang telah disiapkan perusahaan

2.2 Metode Penambangan

Pada penambangan batubara dengan metode penambangan bawah tanah yang terpeting adalah mempertahankan lubang bukaan seaman mungkin agar terhindar dari kemungkinan keruntuhan atap batuan, runtuhnya dinding lubang (*rib spalling*), dan penggelembungan lantai lapisan batubara (*floor heave*). Disamping itu kegagalan yang disebabkan batuan dan batubara itu tidak mempunyai daya penyangga di samping faktor- faktor alami dari keadaan geologi endapan batubara tersebut. Penambangan batubara secara tambang dalam kenyataannya sangat ditentukan oleh cara mengusahakan agar lubang bukaan dapat dipertahankan selama mungkin pada saat berlangsungnya penambangan batubara dengan biaya rendah atau lebih ekonomis. Metode penambangan secara tambang dalam pada garis besarnya dapat dibedakan sebagai berikut:

2.2.1 Room and Pillar

Cara penambangan ini mengandalkan endapan batubara yang tidak diambil sebagai penyangga dan endapan batubara yang diambil sebagai *room*. Besar bentuk dan ruangan sebagai akibat pengambilan batubaranya harus diusahakan agar penyangga yang dipakai cukup memadai kuat mempertahankan ruangan tersebut tetap aman sampai saatnya dilakukan pengambilan penyangga yang sebenarnya yaitu tiang penyangga batubara (*coal pillar*).



Gambar 1. Metode *room and pillar*

2.2.2 Metode Longwall

Penambangan menggunakan metode *Longwall* yaitu dengan cara maju (*advancing*) dan mundur (*retreating*). Pada penambangan dengan metode

advancing Longwall terlebih dahulu dibuat lubang maju yang nantinya akan berfungsi sebagai lubang utama (*main gate*) dan lubang pengiring (*tail gate*), dibuat bersamaan pada pengambilan batubara dari lubang bukaan tersebut.

Pada metode *retreating Longwall* merupakan kebalikan dari metode *advancing longwall* karena pengambilan batubara belum dapat dilakukan sebelum selesai dibuat suatu panel yang akan memberikan batasan lapisan batubara yang akan diambil.

Pemilihan salah satu metode tersebut harus memperhatikan keadaan dan kondisi alami yang di temukan pada endapan batubara itu sendiri agar nantinya tidak menghadapi kesulitan-kesulitan selama dilakukan pengambilan yang pada akhirnya tentu bertujuan mencari biaya serendah mungkin.

2.3 Fungsi Penyanggaan

Fungsi dari penyanggaan yaitu: 1) menahan perpindahan tegangan pada dinding lubang bukaan. 2) menyangga batuan yang potensial untuk memperkecil deformasi batuan.

2.4 Tujuan Penyangga

Tujuan utama penyangga ditambang bawah tanah adalah mempertahankan luas dan bentuk bidang penampang yang cukup dan untuk melindungi pekerja dari resiko tertimpa reruntuhan.

2.5 Jenis-jenis Penyangga

Jenis penyangga dapat dibagi menjadi dua, yaitu Penyangga pasif (*Passive Support*) dan Penyangga aktif (*Active Support*).

2.6 Faktor Keamanan (Safety Factor) Sistem Penyangga

Menurut Keputusan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral Nomor 1827K/30/MEM/2018, penyangga dapat dikatakan aman apabila penyangga memiliki nilai FK yang melebihi dari 1,5. Rumus factor keamanan (safety factor) yang digunakan yaitu:

$$SF = P \frac{Max}{pt} \dots\dots\dots (1)$$

$$ptPMax = \sigma sf . F \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Asf = tegangan perlengkungan kayu yang diijinkan

SF = Safety factor (Faktor Keamanan)

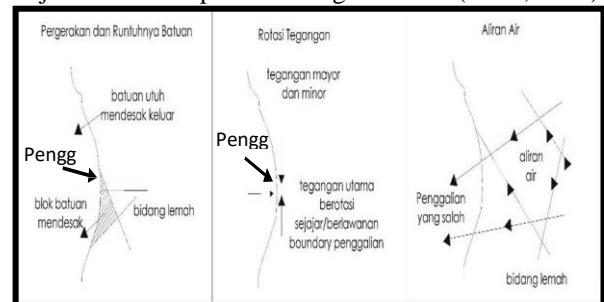
pt = Total Beban

PMax = Beban Maximal yang diizinkan

2.7 Stabilitas dan Prinsip Penyangga Lubang Bukaan

Stabilitas dipengaruhi oleh dua buah gaya yaitu gaya penahan dan gaya penggerak. Gaya penahan yaitu

gaya yang menahan massa batuan dari penggerak agar tidak terjadi ambrukan. Sedangkan gaya penggerak adalah gaya yang menyebabkan massa batuan bergerak sehingga terjadi ambrukan. Gaya penahan dapat diartikan sebagai dinding terowongan atau penyangga yang dipasang. Sedangkan gaya penggerak adalah besarnya beban yang diberikan kepada dinding atau penyangga tersebut. Oleh karena itu, kondisi lubang bukaan dianggap aman apabila perbandingan antara gaya penahan dan gaya penggerak lebih dari satu dan akan terjadi runtuh apabila kurang dari satu. (Hoek, 1998)



Gambar 2. Efek Penggalian pada Struktur Massa Batuan

Jika gaya penggerak lebih besar daripada gaya penahan dan terdapat runtuh disekitar penggalian, terdapat dua pendekatan yang bisa dilakukan yaitu *rock reinforcement* dan *rock support* yang berbeda fungsinya. (lihat Gambar). *Rock reinforcement* pada dasarnya menginduksi stabilitas gaya di dalam massa batuan, seperti *rock bolts* dan *shotcrete*. Sementara itu *rock support* menggunakan elemen eksternal untuk memperkuat massa batuan tersebut sehingga terdapat stabilitas yang berasal dari tenaga eksternal/di luar dari tenaga massa batuan, contoh *concrete*.

2.8 Desain Penyangga Kayu

Material penyangga kayu yang digunakan di CV. Bara mitra Kencana adalah jenis kayu akasia, dan meranti, Adapun kekuatan kayu dari berbagai kelas, menurut PKKI 1961, dapat dilihat pada Tabel 1

Kelas Kuat	Berat Jenis	Kekuatan Lengkung (Kg/cm ²)	Kekuatan Tekan (Kg/cm ²)
I	> 0,90	> 1100	> 650
II	0,90–0,60	1100 – 725	650 – 425
III	0,60–0,40	725 – 500	425 – 300
IV	0,40–0,30	500 – 360	300 – 215
V	< 0,30	< 360	< 215

2.9 Sifat Fisik Batuan

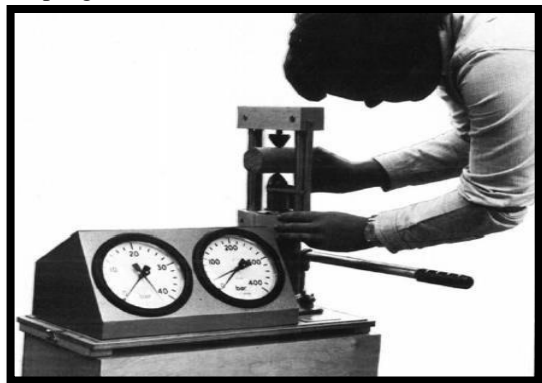
Parameter-parameter yang ditentukan dalam penentuan sifat fisik batuan antara lain:

- a. Massa Jenis asli (*natural density*) (gr/cm^3): $W_n/(W_w - W_s) \dots \dots \dots (15)$
- b. Massa Jenis Kering (*dry density*) (gr/cm^3): $W_o/(W_w - W_s) \dots \dots \dots (16)$
- c. Massa Jenis Jenuh (*saturated density*) (gr/cm^3): $W_w/(W_w - W_s) \dots \dots \dots (17)$
- d. “*Apperent specife gravity*” $\{W_o/(W_w - W_s)\}$: massa jenis air $\dots \dots \dots (18)$
- e. “*True Specifegravity*” $\{W_o/(W_o - W_s)\}$: massa jenis air $\dots \dots \dots (19)$
- f. Kadar air asli (*natural water content*) (%): $(W_n - W_o)/W_o \times 100\% \dots \dots \dots (20)$
- g. Kadar air jenuh (*absorptioin*) (%): $\{(W_w - W_o)/W_o\} \times 100\% \dots \dots \dots (21)$
- h. Derajat kejenuhan (%) : $(W_n - W_o)/(W_w - W_o) \times 100\% \dots \dots \dots (22)$
- i. Porositas (%) : $(W_w - W_o)/(W_w - W_s) \times 100\% \dots \dots \dots (23)$
- j. Angka pori (*void ratio, e*) : $(n - 1)/(n) \dots \dots \dots (24)$

2.10 Sifat Mekanik Batuan

Penentuan sifat mekanik batuan dapat dilakukan dengan melakukan pengujian sebagai sebagai berikut:

- a. Uji Point Loud Indeks
 Pengujian point load merupakan pengujian yang telah dikenal untuk memprediksi nilai UCS suatu batuan secara tidak langsung di lapangan. Hal ini disebabkan prosedur pengujiannya sederhana, preparasi contohnya mudah dan dapat dilakukan dilapangan. (Made Astawa Rai dkk.2010)



Gambar 3. Uji Point Loud Indeks

- b. Uji Kuat Tekan Uniaxial
 Uji kuat tekan uniaxial ialah pengujian sifat mekanik batuan untuk mengetahui kuat tekan

uniaksial itu sendiri, batas elastis, Modulus Young rata-rata dan Poisson’s Ratio. Nilai kuat tekan uniaksial dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (16)$$

- c. Uji Kuat Tarik Uji Brazilian
 Uji Brazilian, sebagai salah satu metode uji kuat tarik batuan secara tidak langsung, dilakukan untuk mengetahui kuat tarik secara tidak langsung dari contoh uji batuan Menurut Bieniawski (1967), kuat tarik suatu contoh batuan dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi DH} \dots \dots \dots (17)$$

- d. Klasifikasi Massa Batuan
 Uji Brazilian, sebagai salah satu metode uji kuat tarik batuan secara tidak langsung, dilakukan untuk mengetahui kuat tarik secara tidak langsung dari contoh uji batuan (lihat Gambar 3). Menurut Bieniawski (1967), kuat tarik suatu contoh batuan dapat dihitung dengan rumus:
 $\sigma_t = \dots \dots \dots (18)$

- e. System Klasifikasi Rock Mass Rating (RMR)
Rock Mass Rating (RMR) atau dikenal dengan *Geomechanichs Classification* dikembangkan oleh Bieniawski pada tahun 1973, 1976, dan 1989. Metode klasifikasi ini dengan menggunakan rating yang besarnya didasarkan pada pengalaman Bieniawski dalam mengerjakan proyek-proyek terowongan dangkal. Metode ini telah dikenal luas dan banyak diaplikasikan pada keadaan dan lokasi yang berbeda-beda seperti tambang pada batuan kuat, terowongan, tambang batubara, kestabilan lereng, dan kestabilan pondasi.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metodologi penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif, adalah penelitian dengan memperoleh data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan (Sugiono, 2012:8) Dalam melaksanakan penelitian ini terdapat data primer yang didapat langsung dari lapangan yaitu geometri lubang bukaan,, dimensi penyangga kayu, kondisi bidang diskontinyu, nilai point load index batuan, nilai kuat tekan kayu, nilai kuat lentur kayu.

3.2 Instrument Penelitian

- a. Perangkat lunak
 - 1) Software dips untuk membantu mengidentifikasi arah kekar atau joint. Data joint ini akan dikelompokkan menjadi family berdasarkan arah tegasannya.
 - 2) software rocklab untuk membantu menentukan parameter kekuatan massa batuan.

3) software undwedge untuk membantu menentukan ukuran baji dalam massa batuan dan sekitar bukaannya tergantung pada ukuran, bentuk dan orientasi joint set yang signifikan.

b. Perangkat keras

1. Kompas yang digunakan untuk mengukur strike dan dip dari lubang bukaan.
2. Meteran digunakan untuk mengukur tinggi dan lebar dari lubang bukaan dan mengukur kekarnya.
3. Rompi digunakan untuk safety di dalam tambang awah tanah dan kapiler digital.
4. Senter digunakan untuk memberi cahaya jalan ke lubang tambang bawah tanah.
5. Helm safety digunakan melindungi kepala dari jatuhnya material batubara.
6. Sepatu safety digunakan melindungi kaki.

3.3 Tahap Penelitian

- a. Penentuan lokasi penelitian rawan terjadi amblesan
- b. Persiapam adminstrasi dan pengurusan surat-surat izin dikampus dan di perusahaan.
- c. pengambilan data langsung dilapangan.

3.4 Analisis Data

Dari data yang sudah didapatkan, akan dilakukan analisis berdasarkan metode empiris menggunakan *Rock Mass Rating* (RMR) dan hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur kayu sehingga diketahui kekuatan kayu dalam menyangga massa batuan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Uji Sifat Fisik Batuan

Tabel 2. Uji Sifat Fisik Silstone

Nama Sampel	Wn (g)	Ww(g)	Ws(g)	Wo(g)
SL 1	122,56	123,12	79,95	122,23
SL 2	127,68	128,13	83,11	127,29
SL 3	98,12	98,51	61,71	97,57

Tabel 3. Uji Sifat Fisik Batubara

Nama Sampel	Wn (g)	Ww(g)	Ws(g)	Wo(g)
BB 1	68,7	69,06	21,3	66,44
BB 2	66,51	67,41	14,7	63,27
BB 3	112,34	112,67	23,63	108,03

Tabel 4. pengujian point load index

Material	Kode Sampel	Jarak Konus (cm)	D (cm)	W (cm)	L (cm)	P (kg)
COAL	BB 1	3,5	3,5	5	5	272,53
	BB 2	3,6	3,6	5	5	268,48
	BB 3	3,5	3,5	4,8	5	276,68
	Rata-rata					
Matetrial	Kode Sampel	Jarak Konus (cm)	D (cm)	W (cm)	L (cm)	P (kg)
SILSTONE	SL 1	3,7	3,7	5	5	490,95
	SL 2	3,7	3,7	5,4	5	493,58
	SL 3	3,5	3,5	5,2	5	507,44
	Rata-rata					

Tabel 5. nilai rata-rata perhitungan sifat fisik sampel

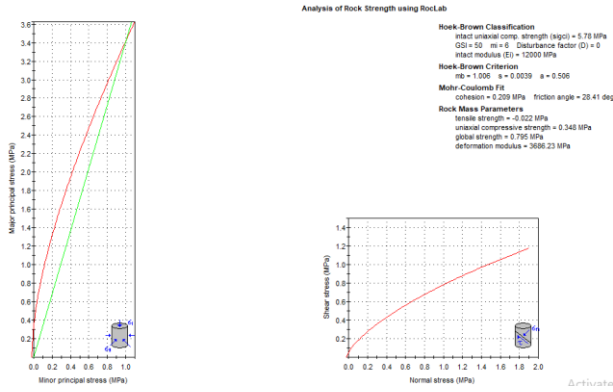
NO	Parameter	Coal	Siltstone
1	Bobot Asli (gr/cm ³)	1,321	2,793
2	Bobot Jenuh (gr/cm ³)	1,330	2,799
3	Bobot Kering (gr/cm ³)	1,268	2,782
4	Berat Jenis Semu	1,268	2,782
5	Berat Jenis Asli	1,351	2,831
6	Kadar Air Asli (%)	0,042	0,004
7	Kadar Air Jenuh (%)	0,049	0,006
8	Derajat Kejenuan (%)	0,858	0,695
9	Porositas (%)	0,062	0,017
10	Angka Pori	0,066	0,017

Tabel 6. hasil analisis point load indexs

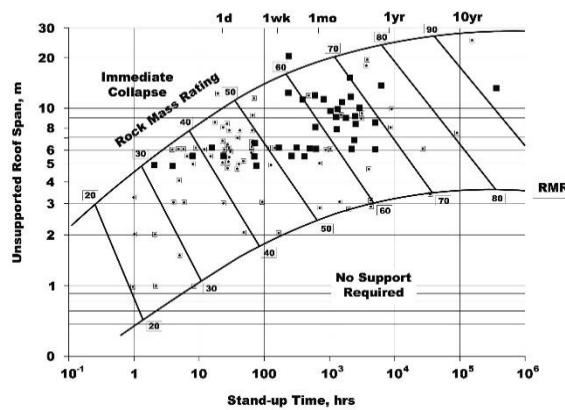
Materi al	Kod e Sam pel	Jar ak Konus (cm)	D (c m)	W (c m)	L (c m)	P (kg)	F	IS (Kg/cm ²)	σc (M pa)	IS (M pa)
COAL	BB 1	3,5	3,5	5	5	272,53	0,32	7,01	8,12	0,69
	BB 2	3,6	3,6	5	5	268,48	0,32	6,71	7,78	0,66
	BB 3	3,5	3,5	4,8	5	276,68	0,32	7,11	8,29	0,70
	Rata-rata						272,56	0,32	6,94	8,07
Matetrial	Kod e Sam pel	Jar ak Konus (cm)	D (c m)	W (c m)	L (c m)	P (kg)	F	IS (Kg/cm ²)	σc (M pa)	IS (M pa)
SILSTONE	SL 1	3,7	3,7	5	5	490,95	0,33	11,94	13,92	1,18
	SL 2	3,7	3,7	5,4	5	493,58	0,33	12,01	13,92	1,18
	SL 3	3,5	3,5	5,2	5	507,44	0,32	13,05	15,12	1,28
	Rata-rata						497,32	0,33	12,33	14,32

Tabel 7. klasifikasi massa batuan dinding kiri

Parameter Klasifikasi Massa Batuan RMR-System				
No	Parameter	Kondisi	Rating	
1	Rock Strength (UCS)	8,07 MPa	2	
2	Rock Quality Design (RQD)	84,42%	17	
3	Spacing of Discontinuities	209,68 mm	10	
4	Condition	Presistance	0,76 m	6
		Aperture	1,4 mm	1
		Roughness	Sedikit Kasar	3
		Infilling	None	6
		Weathering	Tidak Melapuk	6
5	Ground water	Lembab	10	
6	Strike and Dip of Joint Set	Sedang	-5	
Total Rating			56	
Kelas Massa Batuan			III Fair Rock	



Gambar 4. hasil analisis software rocklab



Tabel 8. hasil analisis pada tegangan cap

RMR	σ_v (kg/cm ²)	a (m)	l (m)	d (cm)	h (m)	qt (kg/cm)	M _{max} (kg/cm)	W (cm ³)	σ_b (kg/cm ²)
61	0,260	1,82	2,31	18,07	2,31	47,32	315,63 / 0,315	579,261	544,884

Tabel 9. Buckling factor

λ	λ^+									Λ	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabel 10. hasil perhitungan tegangan pada side post

RMR	σ_v (kg/cm ²)	Lb C m	d (cm)	a cm	ω	σ_b	
						kg/cm ²	ton/m ²
61	0,260	231	18,07	182	1,52	68,701	687,01

Tabel 11. FK pada cap

RMR	σ_b	Kuat Lengkung Kayu	FK
61	544,884	623,75	1,14

Tabel 12. FK Side Post

RMR	σ_b	Kuat Lengkung Kayu	FK
61	68,701	368,75	5,367

Tabel 13. dimensi penyangga aktual

RMR	σ_v (kg/cm ²)	a (m)	ly (m)	lb (m)	d (cm)	qt (kg/cm)	Mmax (kg/cm)	W (cm ³)	Cap		
									ob cap (kg/cm ²)	osf (kg/cm ²)	f k
61	0,260	1,82	2,31	2,31	18,07	47,32	315,63 / 0,315	579,261	544,884	623,75	1,14

Dari data di atas, jarak antar penyangga (a) akan dianalisis kembali sehingga FK cap mencapai nilai $\geq 1,5$.

Nilai σ_b cap dengan FK $\geq 1,5$

RMR	σ_v (kg/cm ²)	ly (m)	lb (m)	d (cm)	qt (kg/cm)	Mmax (kg/cm)	W (cm ³)	Cap			a (m)
								σ_b cap (kg/cm ²)	σ_{sf} (kg/cm ²)	FK	
61	0,260	2,31	2,31	18,07	43,612	240,874	345,77	415,83	623,75	1,5	1,38

5. Kesimpulan

a. kesimpulan
 Hasil analisis FK penyangga kayu menggunakan jarak antar penyangga aktual sebesar 1,38 m didapatkan FK atap sebesar 1,14 dan FK dinding sebesar 5,367. FK atap memiliki nilai di bawah 1,5 yang dikategorikan tidak aman dan memerlukan evaluasi agar FK atap menjadi aman. Evaluasi jarak antar penyangga dilakukan untuk membuat FK aman, dari jarak penyangga aktual sebesar 1,38 m diubah menjadi 1,67 dan didapatkan FK atap setelah dilakukan evaluasi sebesar 1,5. Apabila jarak antar penyangga mengikuti SOP yang berlaku yaitu sebesar 1,5 m, penyangga memiliki FK sebesar 1,67.

b. saran
 Dari pengukuran jarak penyangga diketahui rata-rata jarak antar penyangga sebesar 1,38 m dimana hal ini melebihi SOP perusahaan yang menetapkan jarak antar penyangga sebesar 1 – 1,5 m. Jarak rekomendasi yang

penulis sarankan maksimal 1,67 m agar mencapai FK yang aman. Perlu diperhatikan ketika pemasangan penyangga memiliki jarak yang direkomendasikan atau sesuai SOP agar kegiatan penambangan dapat berjalan dengan lancar dan aman tanpa menimbulkan kerugian..

Daftar Pustaka

- [1] Abbas, S. M. (2014) '*Rock mass classification systems*', *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*, hal. 263–280
- [2] Anggara, Rochsyid (2017). Diktat Sistem Tambang Bawah Tanah. Sawahlunto: Balai Diklat TBT
- [3] Arafah, M. (2012) Modul "Memahami Bahan Bangunan". Mamuju: Dinas Pendidikan Pemuda dan Olahraga Kabupaten Mamuju, SMK Negeri 1 Karossa
- [4] Behzadi, M. (2018) 'Studi Pemanfaatan Kayu Karet sebagai Material 5) 5) Penyangga Tambang Bawah Tanah di Desa Pualam Sari, Kecamatan Binuang, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan', Univeristas Lambung Mangkurat.
- [5] Bieniawski, Z. T. (1989) *Engineering Rock Mass Classifications – A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil and Petroleum Engineering*. New York.: John Wiley and Sons
- [6] Biron, Cemal and Arioglu. (1983) *Design of Support in Mines*. Virginia: John Wiley & Sons
- [7] Cahyono, E.B. (2011) *Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi Tahun 2011*.
- [8] Claude, RD & G.B. Clark (1955). *Stress Around Mine Openings in Some Simple*
- [9] Damayanti, Retno (2019). *Aksi Hijau Dilingkar Tambang*. Direktorat Jenderal Minerba, Kementerian ESDM.
- [10] Deere, D. U. (1967) *Rock quality designation (RQD) after twenty years*. Vicksburg, USA.: Experiment Station.
- [11] *Geological Structures*. University Of Illinois Bulletin.
- [12] Hoek E. dan E. T. Brown. 1980. *Underground Excavation in Rock*. London: Institution of Mining and Metallurgy.
- [13] Hudson J. A. 1940. *Rock Mechanics Principles in Engineering Practice*. London: CIRIA.
- [14] Ilep Prengki. 2018. *Analisis Beban Runtuh dan Evaluasi Lubang Bukaan Berdasarkan Metode Rock Mass Rating dan Q-System pada Tambang Bawah Tanah CV. Bara Mitra Kencana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Padang: Teknik Pertambangan UNP.
- [15] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K 30 MEM Tahun 2018. *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*.
- [16] Wahyu Marta, Bambang. *Evaluasi sistem penyangga pa tunnel THC 04 CV. Tahiti Coal menggunakan RMR*. Padang. Universitas Negeri Padang.