

Analisis Geoteknik Penyanggah Batuan Development Biggosan Tambang Bawah Tanah PT. Freeport Indonesia, Kabupaten Mimika, Papua Tengah

Abd Rahim^{1*}, Nilam Sry Putri²

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan, Politeknik Amamapare Timika, JL. C Heatubun, Kwamki Baru, 99910, Kwamki, Kec. Mimika Baru, Kabupaten Mimika, Papua 99971

*Corresponding Author

E-mail Address: abd.rahim20021994@gmail.com

ABSTRAK

Seluruh hal yang berhubungan dengan kajian serta evaluasi geoteknik dan karakteristik batuan akan bermuara pada pemilihan metode penambangan yang tepat termasuk rekayasa sistem penyanggah yang sesuai. Ukuran dimensi bukaan beserta tata letak tambang ini yang kemudian memberikan pengaruh terhadap stabilitas dan kebutuhan penanganan serta pengelolaan dari sisi aspek geomekanis. Pengolahan mekanis akan kemudian tidak terlepas dari kebutuhan rekayasa penyanggah batuan yang disesuaikan dengan perilaku dari batuan setempat saat menerima beban. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui tipe kelas batuan, menentukan tipe penyanggah batuan dari sistem RMR. Metode dalam penelitian ini dilakukan langsung di lapangan menggunakan parameter geomekanika sistem RMR melalui pembobotan, Metode penelitian lapangan dengan cara melakukan mapping geoteknik menggunakan parameter rock mass rating. yaitu data *rock condition*, data *rock strength*, data *rock quality designation*, data *spasi of diskontinyu*, data *condition of diskontinyu*, data *ground water*, data *orientasi of diskontinyu*. Data tersebut kemudian dilakukan analisis untuk menentukan jenis penyangga berdasarkan hasil data di lapangan. Berdasarkan klasifikasi geomekanik dengan menggunakan sistem RMR, massa batuan di area tambang bawah tanah Biggosan, nilai kuat tekan batuan berkisar 8 Kn (point load index) tergolong batuan kuat, Rock quality designation 61% (sedang), spasi discontinuity total 1-3 m, kondisi discontinuity roughness sedikit kasar dengan nilai 3 point, separation 1-5 mm dengan rating 1 point, continuity 1-3meter nilai 4 point, weathring sedikit lapuk dengan adanya butiran pada joint nilai 5 point, infilling cukup keras untuk material pengisi <5 mm nilai 4 point, kondisi air tanah dengan nilai bobot 7 (basah), orientasi discontinuity sejajar dengan arah terowongan kondisi ini membuat bidang lemah untuk batuan sehingga memiliki faktor terkoreksi -10. Setelah dilakukan jumlah pembobotan dan seluruh parameter maka didapatkan untuk nilai RMR 49 kelas batuan III klasifikasi batuan sedang. dengan menggunakan beberapa rumus persamaan serta mengacu pada rekomendasi penyanggah sistem RMR dari bieniawski. jenis penyangga rock bolt dengan panjang 4meter sebanyak 13 pcs spasi 1.5meter dilapisi semen semprot (shotcrate) 75 mm.

Kata Kunci: RMR, Geoteknik

ABSTRACT

All matters relating to the study and evaluation of geotechnical and rock characteristics will lead to the selection of the right mining method, including the engineering of an appropriate buffer system. The dimensions of the openings along with the layout of the mine then have an influence on the stability and handling needs and management from a geomechanical perspective. Mechanical processing will then be inseparable from the need for rock support engineering that is adapted to the behavior of the local rocks when receiving loads. The purpose of this study is to determine the type of rock class, determine the type of rock support from the RMR system. The method in this study was carried out directly in the field using the geomechanical parameters of the RMR system through weighting. The field research method was carried out by conducting geotechnical mapping using rock mass rating parameters. namely rock condition data, rock strength data, rock quality designation data, discontinuous spacing data, discontinuous condition data, ground water data, discontinuous orientation data. The data is then analyzed to determine the type of support based on the results of data in the field. Based on the geomechanical classification using the RMR system, the rock masses in the Biggosan underground mine area, rock compressive

strength values around 8 Kn (point load index) are classified as strong rocks, Rock quality designation is 61% (medium), total discontinuity spacing is 1-3 m, discontinuity roughness a little rough with a value of 3 points, separation of 1-5 mm with a rating of 1 point, continuity of 1-3meters a value of 4 points, slightly weathered weathering with the presence of grains on the joints a value of 5 points, infilling hard enough for filler material <5 mm a value of 4 points, groundwater conditions with a weight value of 7 (wet), the orientation of the discontinuity is parallel to the direction of the tunnel, this condition makes the rock weak plane so that it has a correction factor of -10. After doing the total weighting and all parameters, it is obtained for the RMR value of 49 rock class III moderate rock classification. by using several equation formulas and referring to bieniawski's RMR system supporting recommendations. type of rock bolt support with a length of 4meters as much as 13 pcs spaced 1.5meters coated with spray cement (shotcrete) 75 mm.

Keywords: RMR, geotechnic

PENDAHULUAN

Penambangan blok Biggosan dengan karakteristik bijih (ore) yang tidak meninggi dan melebar (badan bijih kecil) memungkinkan untuk melakukan penambangan dengan metode Open Stope Mining. Secara umum prinsip penambangannya mirip dengan metode cut and fill, yang membedakan pada open stope mining adalah penanganan dan pengolahan produksi blok baru serta pengisian rongga yang kosong. Penanganan rongga yang kosong selain dengan pengisian penuh dapat pula dilakukan dengan kontruksi atau pemasangan pilar penahan yang tentunya ini berdasarkan kajian geoteknis yang cukup. Seluruh hal yang berhubungan dengan kajian serta evaluasi geoteknik dan kareakteristik batuan akan bermuara pada pemilihan metode penambangan yang tepat termaksud rekayasa sistem penyanggah yang sesuai. Ukuran dimensi bukaan beserta tata letak tambang ini yang kemudian memberikan pengaruh terhadap stabilitas dan kebutuhan penanganan serta pengelolaan dari sisi aspek geomekanis. Pengolahan mekanis akan kemudian tidak terlepas dari kebutuhan rekayasa penyanggah batuan yang disesuaikan dengan perilaku dari batuan setempat saat menerima beban.

METODOLOGI PENELITIAN

Penambangan di area Biggosan perlu dilakukan penyangga batuan untuk mendukung kegiatan produksi. Kegiatan

pengambilan data menggunakan metode observasi langsung dilapangan dan beberapa persamaan dalam mendukung hasil penelitian.

Metode penelitian lapangan dengan cara melakukan mapping geoteknik menggunakan parameter rock mass rating. yaitu data *rock condition*, data *rock strength*, data *rock quality designation*, data *spasi of diskontinyu*, data *condition of diskontinyu*, data *ground water*, data *orientasi of diskontinyu*. Data tersebut kemudian dilakukan analisis untuk menentukan jenis penyangga berdasarkan hasil data di lapangan.

Adapun rumus-rumus yang digunakan adalah:

RQD (Priest & Hudson, 1976):

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

$$\lambda = \frac{L}{N}$$

Dimana : λ = Frekuensi diskontinyu
 L = Jumlah kekar
 N = Panjang *Scanline*

Perhitungan ht, Prmr dan P (Unal, 1983) :

$$ht = \frac{100 - RMR}{100} \times B$$

$$P_{RMR} = \frac{P_{RMR}}{100} \times B \times \gamma$$

Dimana:

- ht = Tinggi runtuh (Ton/m²)
- Prmr = Baban runtuh (m)
- P = Beban luas atap (Ton)
- B = Lebar terowongan (m)
- γ = Densitas batuan

Perhitungan jumlah *rock bolt* (Camel & Biron, 1983).

$$n = \frac{B \cdot ht \cdot c \cdot \gamma \cdot FK}{R_{max}}$$

$$s = \frac{B}{n}$$

Dimana:

- n = Jumlah *rock bolt* (pcs)
- B = Lebar terowongan (m)
- ht = Tinggi runtuh (m)
- c = Panjang Bukaannya (m)
- R_{max} = kemampuan tarik (Ton)
- FK = Faktor keamanan
- γ = Densitas batuan
- s = Spasi *rock bolt* (m)

Perhitungan ketebalan *shotcrete* (Biron & Arioglu, 1983):

$$\delta = 0,434 \frac{P_{RMR} \cdot B}{T}$$

$$T = 0,2 \frac{LB}{FK}$$

Dimana:

- δ = Ketebalan *shotcrete* (m)
- Prmr = Baban runtuh (m)
- B = Lebar terowongan (m)
- T = *shear stress shotcrete* (Ton/m²)
- LB = UCS *shotcrete* (Ton/m)
- FK = Faktor keamanan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Area penambangan blok Biggosan merupakan area akses menuju ke bijih (*ore body*) dengan melakukan pembukaan bukaan menuju area produksi maka

dibutuhkan penyangga untuk mendukung kegiatan pertambangan. Bukaan area tambang bawah tanah untuk area development dengan dimensi 4,4 x 4,4 meter.



Gambar 1. Area bukaan Development Biggosan PT. Freeport Indonesia

Klasifikasi sistem RMR

Rock mass rating sistem atau dikenal dengan metode *geomechanics classification* di kembangkan oleh Bieniawski pada tahun 1972-1973. Berikut ada lima parameter yang digunakan untuk mengklasifikasikan massa batuan dengan sistem RMR:

- a. Kuat tekan *uniaksial* batuan utuh
Dalam penentuan nilai kekuatan batuan dengan mengambil sampel batuan dari hasil peledakan, pengujian kekuatan batuan menggunakan point load test dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian nilai kuat batuan

No.	Sampel Batuan	Nilai PLI
1	Batupasir Padat	8 Kn
2	Batupasir Padat	7 Kn
3	Batupasir Padat	9 Kn

Tabel 2. Pembobotan nilai kekuatan batuan utuh (bieniawski, 1989)

Deskripsi	UCS	PLI	Rating
-----------	-----	-----	--------

Kualitatif	(MPa)	(MPa)	
Sangat kuat sekali (<i>exceptionally strong</i>)	>250	>10	15
Sangat kuat (<i>very strong</i>)	100 – 250	4 – 10	12
Kuat (<i>strong</i>)	50 – 100	2 – 4	7
Sedang (<i>average</i>)	25 – 50	1 – 2	4
Lemah (<i>weak</i>)	5 – 25	Penggunaan UCS lebih dianjurkan	2
Sangat lemah (<i>very weak</i>)	1 – 5		1
Sangat lemah sekali (<i>extremely weak</i>)	<1		0



Gambar 2. Alat pengujian kuat tekan batuan area batch plant tambang bawah tanah GBC

Rock Quality Designation

Pada tahun 1976, Priest dan Hudson (dalam Bieniawski, 1989) memberikan hubungan antara nilai RQD dengan jarak antar bidang diskontinu yang ada di dalam massa batuan *joint spacing* dengan persamaan sebagai berikut:

RQD (Priest & Hudson, 1976):

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

$$\lambda = \frac{60}{4,4}$$

Dimana : λ = Frekuensi diskontinuitas
L = Jumlah kekar

N = Panjang Scanline
Dari hasil persamaan diatas maka didapatkan nilai kualitas batuan berdasarkan tabel dibawah:

Tabel 3 Kualitas Batuan Berdasarkan RQD (Bieniawski, 1989)

RQD (%)	Kualitas Batuan	Rating
<25	Sangat jelek (<i>very poor</i>)	3
25-50	Jelek (<i>poor</i>)	8
50-75	Sedang (<i>fair</i>)	13
75-90	Baik (<i>good</i>)	17
90-100	Sangat Baik (<i>excellent</i>)	20

Spasi bidang diskontinu

Bidang diskontinu pada massa batuan cenderung akan memperburuk karakteristis mekanik massa batuan bergantung pada frekuensi atau jarak serta orientasinya. Spasi bidang diskontinu adalah jarak tegak lurus antara bidang-bidang diskontinuitas yang mempunyai kesamaan arah *joint set* yang berurutan sepanjang garis pengukuran (*scanline*) yang dibuat secara acak.



Gambar 3. Area face dalam pengukuran bidang diskontinu

Tabel 4 Jarak antar diskontinuitas (Biewniaski 1989)

Deskripsi	Spasi diskontinuitas (m)	Rating
Sangat lebar (<i>very wide</i>)	>2	20
Lebar (<i>wide</i>)	0.6-2	15
Sedang (<i>moderate</i>)	0.2-0.6	10
Rapat (<i>close</i>)	0.006-0.2	8
Sangat rapat (<i>very close</i>)	<0.006	5

Dari hasil pengamatan spasi bidang diskontinu dan mengacu pada tabel diatas adalah sedang dengan spasi 0.2 – 0.6meter.

Kondisi bidang diskontinu

Roughness

Roughness atau kekasaran permukaan bidang diskontinu merupakan parameter yang penting untuk menentukan kondisi bidang diskontinu. Suatu permukaan yang kasar akan dapat mencegah terjadinya pergeseran antara kedua permukaan bidang diskontinu.

Tabel 5. Penggolongan dan Pembobotan Kekasaran (Bieniawski, 1989)

Kekerasan permukaan	Deskripsi	Pembobotan
Sangat kasar (<i>very rough</i>)	Apabila diraba permukaan sangat tidak rata, membentuk punggung dengan sudut terhadap bidang datar mendekati vertikal	6
Kasar (<i>rough</i>)	Bergelombang, permukaan tidak rata, butiran pada permukaan tidak jelas, permukaan kekar terasa kasar	5
Sedikit kasar (<i>slightly rough</i>)	Butiran permukaan terlihat jelas, dapat dibedakan dan dapat dirasakan apabila diraba	3
Halus (<i>smooth</i>)	Permukaan rata dan terasa halus bila diraba	1
Licin berlapis (<i>slickensided</i>)	Permukaan terlihat mengkilap	0

Pengamatan kekerasan permukaan bidang diskontinu area penelitian masuk kategori sedikit kasar ketika di raba ada butiran yang dirasakan.

Separation

Separation adalah jarak antara kedua kekar permukaan bidang diskontinu. Jarak ini biasanya diisi oleh material lainnya (*filling material*) atau bisa juga diisi oleh air. Semakin besar jarak ini, semakin lemah bidang diskontinu tersebut. Berikut adalah hasil pengamatan dan klasifikasi.

Tabel 6. Pemerian pemisahan Kekar (ISRM, 1978)

Jarak diskontinuitas	-	<0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	>5 mm
Nilai	6	5	4	1	0

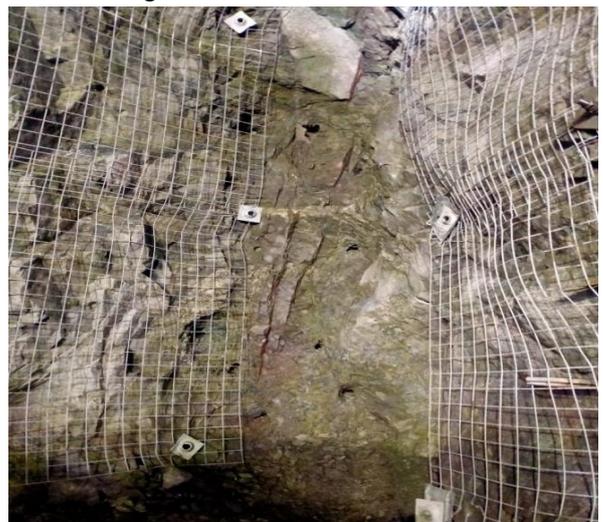
Continuity

Continuity merupakan kemenerusan dari sebuah bidang diskontinu atau panjang dari suatu bidang diskontinu. Kemenerusan bidang diskontinu dapat diukur secara kasar dengan mengamati panjang kemenerusan bidang pada batuan yang tersingkap. Deskripsi hasil pengamatan dilapangan mengenai kemenerusan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 7. Klasifikasi Kemenerusan (ISRM, 1978)

Deskripsi	Panjang Diskontinuitas	Nilai
<i>Persisten</i> sangat rendah	<1 m	6
<i>Persisten</i> rendah	1 - 3 m	4
<i>Persisten</i> sedang	3 – 10 m	2
<i>Persisten</i> tinggi	10 – 20 m	1
<i>Persisten</i> sangat tinggi	>20 m	0

Weathering



Gambar 9. Kondisi pelapukan pada batuan area penelitian

Seberapa besar tingkat pelapukan yang dialami oleh batuan dapat ditentukan dengan

melihat perubahan warna pada tubuh batuan dengan bantuan palu geologi. deskripsi tingkat pelapukan dapat lokasi penelitian dilihat pada tabel 6.

Tabel 8. Pemerian Tingkat Pelapukan Batuan (ISRM, 1978)

Istilah	Keterangan	Nilai
Segar	Tidak ada perubahan warna pada batuan atau sedikit perubahan pada permukaan diskontinuitas	6
Sedikit Lapuk	Terjadi perubahan warna pada butiran batuan dan permukaan diskontinuitas. Batuan terdekomposisi dan atau terintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau hanya mengalami perubahan warna tetap ada.	5
Pelapukan menengah	Kurang dari setengah pada material batuan terdekomposisi atau terintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau mengalami perubahan warna masih tetap ada	3
Pelapukan tinggi	Lebih dari setengah pada material batuan terdekomposisi atau disintegrasi menjadi tanah. Batuan segar atau mengalami perubahan warna masih tetap ada	1
Pelapukan lengkap	Seluruh material batuan terdekomposisi dan atau disintegrasi menjadi tanah. Struktur massa batuan yang asli masih ada	0

Infilling

Infilling atau material pengisi antara dua permukaan bidang diskontinu mempengaruhi stabilitas bidang diskontinu dikarenakan oleh faktor ketebalannya, konsisten atau tidaknya dan sifat mengembang bila terkena air dan berbutir sangat halus akan menyebabkan bidang diskontinu menjadi lemah. Berikut hasil

pengamatan material infilling dilapangan ditabel 7.

Tabel 9. Material pengisi diskontinuitas (Biewniaski, 1989)

Material pengisi	Tidak ada	Keras		Lunak	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
Nilai	6	4	2	2	0

Kondisi air tanah

Kondisi air tanah atau debit aliran air tanah akan mempengaruhi kekuatan massa batuan. Oleh sebab itu perlu diperhitungkan dalam klasifikasi massa batuan. Kondisi air tanah ditentukan dengan mengamati atap dan dinding terowongan secara visual, kemudian dapat dinyatakan dengan keadaan umum seperti kering, lembab, basah, air menetes atau air mengalir. Hasil pengamatan dilapangan untuk kondisi air tanah dilihat pada tabel 9.

Tabel 10 Pembobotan Nilai kondisi air tanah (Biewniaski 1989)

Kondisi Umum	Debit air tiap 10 m panjang terowongan (ltr / menit)	Tekanan air pada diskontinuitas / tegangan principal mayor	Rating
Kering (completely dry)	Tidak ada	0	15
Lembab (damp)	<10	<0.1	10
Basah (wet)	10-25	0.1-0.2	7
Terdapat tetesan air (dripping)	25-125	0.1-0.2	4
Terdapat aliran air (flowing)	>125	>0.5	0

Orientasi bidang diskontinu

Koreksi RMR dasar selanjutnya dilakukan berdasarkan arah penggalian terowongan dan orientasi bidang diskontinu yang ada pada lokasi tersebut. Arah umum bidang diskontinu merupakan kedudukan relatif dari bidang diskontinu terhadap sumbu lintasan

terowongan. disebut arah yang paling optimum ketika memberikan volume terkecil yang menyebabkan ketidakstabilan terowongan. Orientasi bidang diskontinu dianggap menguntungkan jika berarah tegak lurus terhadap sumbu terowongan dan akan merugikan jika searah sumbu terowongan.

Tabel 11. Pengaruh orientasi kekar (Biewniaski, 1989)

Jurus dan kemiringan pada kekar	Sangat baik	baik	sedang	Tidak baik	Sangat tidak baik
Terowongan	0	-2	-5	-10	-12
Pondasi	0	-2	-7	-15	-25
Kemiringan/lereng	0	-2	-25	-50	-60

Klasifikasi RMR dapat digunakan sebagai panduan memilih penyangga terowongan. Panduan ini tergantung pada beberapa faktor seperti kedalaman lubang bukaan dari permukaan, ukuran dan bentuk terowongan serta metode penggalian yang dipakai (Bieniawski, 1989). Berikut adalah hasil kelas batuan dipangan berdasarkan pembobotan nilai masing-masing parameter RMR.

Tabel 12. Nilai RMR dari semua perhitungan semua parameter (Biewniaski, 1989)

Nilai	Kelas	Keterangan
100-81	I	Sangat Baik
80-61	II	Baik
60-41	III	Sedang
40-21	IV	Buruk
<20	V	Sangat Buruk

PERSAMAAN GEOMEKANIKA

Menurut Unal,1983 (dalam biawniaski 1989) klasifikasi geomekanik sistem RMR yang mana tinggi runtuh (ht) beban runtuh (P_{RMR}) dan beban luas atap (P) yang akan diterima penyangga adalah sebagai berikut:

$$ht = \frac{100 - 49}{100} \times 4.4$$

$$= 2,24\text{meter}$$

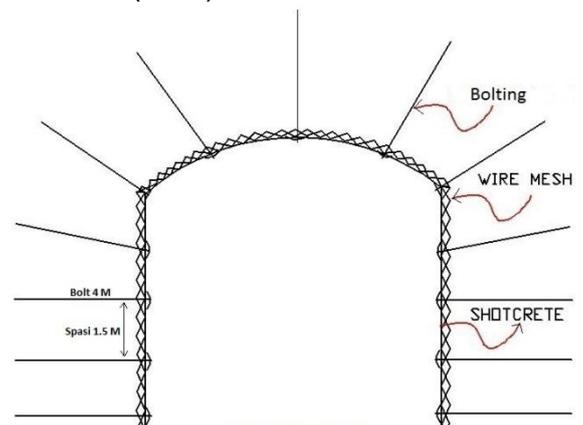
Berdasarkan persamaan diatas maka tinggi runtuh untuk batuan adalah 2.24meter. Nilai tersebut sebagai perbandingan untuk panjang penyangga jenis rock bolt.

Tipe Penyangga Batuan berdasarkan nilai RMR hasil pengamatan dilapangan

Hasil dari pembobotan dilapangan dan persamaan dalam penelitian ini jenis penyangga yang digunakan adalah rock bolt, dengan nilai RMR 49 Kelas batuan III kategori batuan sedang.

Tipe 2 RMR 41-60

- Blasting – smoke clearing – level muck – scalling – drill support*
- Install wire mesh + splitset (rock bolt) panjang 4 m, jumlah rock bolt 13 pcs dengan spasi 1.5 m pada left, right dan roof wall.*
- Install (tebal) shotcrete 75 mm.*



Gambar 5. Tipe penyangga klasifikasi RMR 60-41.

Dalam pemasangan penyangga diatas menunjukkan bahwa proses penyanggaan melalui bebarapa tahap diantaranya peledakan, tahap ini adalah awal untuk membuka lubang bukaan baru, setelah peledakan tahap selanjutnya *smoke clearing* yang bertujuan untuk membersihkan sisa asap peledakan agar mempermudah pekerjaan pemasangan penyangga, tahap selanjutnya *scelling* yang bertujuan menjatuhkan/membersihkan batuan yang masih menggantung pada atap maupun pada dinding terowongan, tahap selanjutnya *drill support* yang telah ditentukan lubang bor sesuai hasil perhitungan sebelumnya, lubang bor tersebut bertujuan sebagai

tempat masuknya batang dari *rock bolt* tersebut.

Pemasangan *rock bolt* dengan panjang 4meter dengan jumlah *rock bolt* sebanyak 13 pcs dan spasi antara *rock bolt* yaitu 1,5meter. Pemasangan ini awalnya memasukkan *face plat* pada ujung cincin *rock bolt* kemudian memasukkan *rock bolt* pada lubang bor yang sudah terlebih dahulu dimasukkan dalam celah lubang *wire mesh* setelah terpasang alat *jumbo drill* yang akan mendorong *rock bolt* sampai ujung *face plat* kontak pada batuan.

Pada tahap terakhir setelah terpasang sempurna semua *rock bolt* yaitu selanjutnya akan dilakukan *shotcrete* (beton tembak) dengan bantuan alat sica dengan ketebalan 75 mm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan klasifikasi Geomekanika, untuk menentukan jenis panyangga terowongan maka perlu dilakukan pemetaan geoteknik untuk mendapatkan nilai dan kelas batuan. Hasil pembobotan dilapangan kondisi batuan daerah tambang bawah tanah akses development biggosan termasuk dalam kelas III dengan tipe batuan sedang (RMR 49), penyangga tipe 2 RMR 41-60, panjang rock bolt 4meter dengan nilai tinggi runtuh 2.24meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. New York. Wiley
- Biron and Ariogle, 1983. *Design of Support in Miners*. New York. Inc
- Camel and Biron, 1983. *Support Tunneling of the Geology*. Canada. Jonk Wiley & sonk Inc.
- Priest, S.D., Hudson, J.A.1976. *Discontinuity Spacing in Rock Geomechanicst Abstrack*. Rotterdam. Balkema.
- Rahim. A. 2019 Jurnal Geotechnical Engineering "Rock Quality Analisis Using RMR and Q-system Methods For Determinstion of supporting headrace tunnel in hydroelectric

power plant tanah toraja in south sulawesi".

- Rahim. A. 2022. Jurnal Dinamis ' Analisis Ground Support Rekomendation decline cikoneng underground gold mine PT.Cibaliung Sumberdaya. Pandeglang Banten.
- Toba.R 2022, Safety design 'seri aspek geoteknis dan perencanaan sistem penyanggah lubang bukaan' indonesia.
- Unal, 1983. *The Empirical Rock Load Height Equation*. Usa. Numerical studies.