

Rancangan Teknis Penyanggaan Berdasarkan Kelas Massa Batuan Dengan Menggunakan Metode *RMR* dan *Q-System* di Terowongan Gudang Handak dan Pasir Jawa UBPE Pongkor PT. Aneka Tambang Persero Tbk

Ambar Sutanti¹ dan Pawitra Wijaya²

Magister Teknik Pertambangan Konsentrasi Geomekanika UPN "Veteran" Yogyakarta^{1,2}
atanti.ambar@gmail.com

Abstrak

Analisis mengenai penentuan kelas massa batuan dan pemilihan jenis penyangga dilakukan dengan menggunakan analisis empirik, menggunakan input parameter pemetaan struktur, sifat fisik dan mekanik material, serta karakteristik dari bidang kekar. Analisis empirik dilakukan dengan menggunakan klasifikasi *RMR system* dan *Q - system* untuk mengetahui kondisi massa batuan pada lokasi penelitian dengan tujuan mengetahui jenis penyanggaan yang digunakan. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kelas massa batuan di daerah penelitian dan menentukan pemilihan jenis penyanggaan yang sesuai dengan kelas massa batuan. Kelas massa batuan di daerah penelitian yaitu bukaan tambang Pasir Jawa dan Gudang Handak berdasarkan sistem klasifikasi *RMR* termasuk dalam kelas batuan III yaitu batuan yang memiliki kondisi sedang (*fair quality rockmass*) dan kelas batuan IV yaitu batuan yang memiliki kondisi yang jelek (*poor quality rock mass*). Kelas massa batuan berdasarkan *Q - system* termasuk dalam kelas batuan D batuan jelek (*poor rock mass*), kelas batuan E (*very poor rock mass*) dan kelas batuan F batuan sangat jelek (*extremely rock mass*) untuk Pasir Jawa dan Gudang Handak. Rekomendasi penyanggaan menurut *RMR* secara umum pada daerah penelitian bukaan tambang Pasir Jawa dan Gudang Handak adalah panjang *rockbolt* 4-5m, spasi *bolt* 1-1.15m dan dipasang *wire mesh*. Ketebalan *shotcrete* 100 - 150 mm di *roof* dan 100mm di dinding. Rekomendasi penyanggaan menurut *Q-System* secara umum pada daerah penelitian bukaan tambang Pasir Jawa dan Gudang Handak adalah panjang *rockbolt* 1,25, Ketebalan *shotcrete* 6 - 9 cm. Pemasangan *rockbolt* sebelum di *shotcrete* spasi 0,9 m dan sesudah di *shotcrete* 1,32m.

Kata Kunci : *RMR*, *Q-system*

1. Pendahuluan

Penggalian pembuatan lubang bukaan mengakibatkan kestabilan daerah tersebut akan mengalami gangguan seperti longsoran atau ambrukan. Besarnya tingkat kestabilan dari daerah ini dipengaruhi oleh kondisi geologi, yaitu sifat fisik dan sifat mekanik massa batuan serta struktur geologi seperti sesar (patahan), kekar dan lipatan, kondisi air tanah juga mempengaruhi kondisi kestabilan pada daerah yang dibuat lubang bukaan. Struktur geologi mengalami *deformasi*, sehingga mengakibatkan *displacement* (perpindahan) massa batuan yang relatif tinggi massa batuan yang relatif tinggi.

Kondisi batuan yang sangat buruk (*very poor rock*) akan menjadi permasalahan. Pemilihan lubang bukaan yang aman dan stabil perlu dilakukan keberhasilan dalam proses penambangan ditentukan oleh kondisi kerja yang aman. Lubang bukaan yang tidak aman dapat menimbulkan longsor dan ambrukan yang memberikan gangguan terhadap kegiatan penambangan yaitu menimbulkan kehilangan nyawa manusia, menyebarkan kerugian hilang dan rusaknya peralatan yang dimiliki perusahaan, terganggunya

produksi serta kerugian waktu dan biaya bagi perusahaan.

Pada dasarnya struktur geologi merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi ambrukan di dalam lubang bukaan tambang, karena dalam hal ini struktur geologi berupa kekar merupakan bidang-bidang lemah yang menjadi pemicu utama terjadinya ambrukan. Untuk empiris dengan menggunakan sistem *Rock Mass Rating (RMR)* dan *Q-System* sebagai klasifikasi dasar untuk mengetahui jenis batuan yang berada dalam lubang bukaan tambang.

Pembuatan lubang bukaan pada penambangan emas dapat runtuh secara perlahan-lahan, mendadak ataupun tanpa ada tanda-tanda. Penyebab dari keruntuhan tersebut diantaranya adalah massa batuan, kondisi geologi, struktur geologi, dan kondisi air tanah. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengklasifikasian massa batuan untuk menentukan kelas massa batuan agar dapat memberikan rekomendasi penyanggaan yang sesuai dengan parameter – parameter pemilihan tipe penyangga batuan, dan mendapatkan faktor keamanan yang sesuai standar dari perusahaan.

Dalam penelitian yang dilakukan pada *front* kemajuan tambang *development* dan produksi di

tambang Gudang Handak *Sill Drift Vein C 450*, *Ramp Down Connect 450*, F.B. Cikupa 515, dan tambang Pasir Jawa *Cross Cut 521*, *Ramp Up* pembahasan masalah dibatasi pada Penentuan klasifikasi massa batuan secara empiris menggunakan *RMR system* (Bienawski 1973) dan *Q-System* (Barton dkk,1974) untuk merekomendasi penyanggaan dari hasil klasifikasi massa batuan yang *factor* keamanannya sudah sesuai dengan standar perusahaan.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian pada penelitian ini adalah:

1. Studi literatur
 - Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang.
 - Observasi Lapangan
 - a. Observasi dan pengamatan secara langsung dilapangan serta mencari data – data pendukung.
 - b. Menentukan titik dan batas lokasi pengamatan agar penelitian tidak meluas, tidak keluar dari permasalahan yang ada, serta data yang diambil dapat dimanfaatkan secara efektif.
2. Pengambilan Data
 - Data Primer:
 - 1) Kekuatan Batuan (*intact rock*)
 - 2) RQD (*Rock Quality Density*)
 - 3) Spasi Rekahan
 - 4) Kondisi Rekahan
 - 5) Kondisi Air Tanah
 - 6) Orientasi Bidang *Diskontinu*
 - 7) Pengukuran Dimensi Lubang Bukaannya.
 - 8) Peta Lokasi Penelitian
 - 9) Curah Hujan
 - 10) Data Geologi (Batuan, stratigrafi, dan struktur geologi)
 - 11) Data Hidrogeologi
 - Standar penyanggaan yang digunakan di PT Antam UBPE.

3. Pembahasan

Berdasarkan kelas massa batuan dapat dibuat suatu rancangan penyanggaan yang akan digunakan pada lokasi penelitian sehingga diketahui keadaan kestabilan lubang bukaan berdasarkan perhitungan daerah kritis/tinggi runtuh, beban batuan, dan kekuatan penyanggan batuan dari *rockbolt*. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan data – data yang ada meliputi nilai RMR, densitas batuan dan kekuatan *rockbolt* sehingga hasil yang diberikan dapat mewakili keadaan yang ada di lapangan.

3.1. Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan merupakan salah satu pendekatan teoritik untuk menentukan penyanggan

massa batuan. Klasifikasi terhadap massa batuan juga dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi dari massa batuan tersebut sebelum dilakukan penggalian. Metode klasifikasi yang digunakan adalah metode *Rock Mass Rating* (RMR) dari Bieniawski dan metode *Q-System* (Barton, 1974).

3.1.1 Rock Mass Rating (RMR)

Rock Mass Rating didapat dari penjumlahan dari seluruh bobot parameter massa batuan yang diperoleh dari lokasi penelitian. Nilai RMR yang diperoleh dari hasil uji batuan, pengamatan dilapangan selanjutnya dilakukan pengklasifikasian massa batuan diperoleh kelas massa batuan sebagai berikut.

Tabel 1: Nilai *Rock Mass Rating* (RMR)

No.	Lokasi	RMR	Kelas Massa Batuan		
1	Pasir Jawa	X.C 521	47	Sedang	III
			41	Sedang	III
			41	Sedang	III
			36	Jelek	IV
2	Pasir Jawa	Ramp Up	40	Jelek	IV
			39	Jelek	IV
			29	Jelek	IV
			29	Jelek	IV
3	Gudang Handak	F.B. Cikupa	42	Sedang	III
			37	Jelek	IV
			37	Jelek	IV
			32	Jelek	IV
4	Gudang Handak	Ramp Down	56	Sedang	III
			45	Sedang	III
			37	Sedang	III
5	Gudang Handak	Sill Drive Vein C.	41	Sedang	III
			39	Jelek	IV
			32	Jelek	IV

Rekomendasi Penyanggaan Berdasarkan Nilai RMR

a. Lokasi *X.Cut 521* Pasir Jawa
Nilai RMR yang diperoleh antara 41 – 47 yang menunjukkan bahwa di lokasi *X.C 521* kelas massa batuan III dengan kualitas batuan sedang (*fair*), sehingga di daerah tersebut setelah dilakukan peledakan penyanggaannya menggunakan penyangga yang dipasang 10m dari permukaan kerja. Metode Penyanggaan yang direkomendasikan dengan pemasangan *rockbolts* yang panjangnya 4 m secara sistematis, spasi antar *bolt* 1,5 – 2,00 m dibagian atap dinding serta ditambah *wiremesh* pada atap, tebal *shotcrete* yang direkomendasikan adalah 5,00 – 100,00 mm pada atap dan 30,00 mm pada dinding.

b. Lokasi *Ramp Up* Pasir Jawa

Nilai RMR yang diperoleh antara 29 – 40 yang menunjukkan bahwa di lokasi *Ramp Up* kelas massa batuan IV dengan kualitas batuan jelek (*poor*), sehingga di daerah tersebut perlu penyangga yang dilakukan bersamaan dengan penggalian setelah peledakan dijarak < 10 m dari permukaan kerja. Metode Penyanggaan yang direkomendasikan dengan pemasangan *rockbolts* yang panjangnya 4 – 5 m secara sistematis, spasi antar *bolt* 1 – 5 m dibagian atap dinding serta ditambah *wiremesh* pada atap, tebal *shotcrete* yang direkomendasikan adalah 100 – 500 mm pada atap dan 100 mm pada dinding. Selain itu dapat ditambah *steel sets* dengan spasi 1,5 m apabila diperlukan.

c. Lokasi *Flat Back* Cikupa Gudang Handak

Nilai RMR yang diperoleh antara 32 – 42 yang menunjukkan bahwa di lokasi *F.B* Cikupa kelas massa batuan IV dengan kualitas batuan jelek (*poor*), sehingga di daerah tersebut perlu penyangga yang dilakukan bersamaan dengan penggalian setelah peledakan dijarak < 10 m dari permukaan kerja. Metode Penyanggaan yang direkomendasikan dengan pemasangan *rockbolts* yang panjangnya 4 – 5 m secara sistematis, spasi antar *bolt* 1 – 5 m dibagian atap dinding serta ditambah *wiremesh* pada atap, tebal *shotcrete* yang direkomendasikan adalah 100 – 500 mm pada atap dan 100 mm pada dinding. Selain itu dapat ditambah *steel sets* dengan spasi 1,5 m apabila diperlukan.

d. Lokasi *Ramp Down* Gudang Handak

Nilai RMR yang diperoleh antara 41 – 47 yang menunjukkan bahwa di lokasi *Ramp Down* kelas massa batuan III dengan kualitas batuan sedang (*fair*), sehingga di daerah tersebut setelah dilakukan peledakan penyanggaannya menggunakan penyangga yang dipasang 10m dari permukaan kerja. Metode Penyanggaan yang direkomendasikan dengan pemasangan *rockbolts* yang panjangnya 4 m secara sistematis, spasi antar *bolt* 1,5 – 2,00 m dibagian atap dinding serta ditambah *wiremesh* pada atap, tebal *shotcrete* yang direkomendasikan adalah 5,00 – 100,00 mm pada atap dan 30,00 mm pada dinding.

e. Lokasi *Sill Drift Vein C* Gudang Handak

Nilai RMR yang diperoleh antara 32 – 40 yang menunjukkan bahwa di lokasi *Sill Drift Vein C* kelas massa batuan IV dengan kualitas batuan jelek (*poor*), sehingga di daerah tersebut perlu penyangga yang dilakukan bersamaan dengan penggalian setelah peledakan dijarak < 10 m dari permukaan kerja. Metode Penyanggaan yang direkomendasikan dengan pemasangan *rockbolts* yang panjangnya 4 – 5 m secara sistematis, spasi antar *bolt* 1 – 5 m dibagian atap dinding serta ditambah *wiremesh* pada atap, tebal *shotcrete* yang direkomendasikan adalah 100 – 500 mm pada atap dan 100 mm pada dinding. Selain itu

dapat ditambah *steel sets* dengan spasi 1,5 m apabila diperlukan.

3.1.2. *Q-System*

Rock Mass Rating didapat dari penjumlahan dari seluruh bobot parameter massa batuan yang diperoleh dari lokasi penelitian. Nilai RMR yang diperoleh dari hasil uji batuan, pengamatan dilapangan selanjutnya dilakukan pengklasifikasian massa batuan diperoleh kelas massa batuan sebagai berikut.

Tabel 2: Nilai *Q – System*

No.	Lokasi	Q	Kelas Massa Batuan		
1	Pasir Jawa	X.C 521	0.63	Sangat Jelek	VII
			0.19	Sangat Jelek	VII
			0.18	Sangat Jelek	VII
			0.61	Sangat Jelek	VII
2	Ramp Up		0.22	Sangat Jelek	VII
			0.19	Sangat Jelek	VII
			0.09	Sangat Jelek	VII
			0.10	Sangat Jelek	VII
3	Gudang Handak	F.B. Cikupa	0.29	Sangat Jelek	VII
			36.70	baik	IV
			0.07	Sangat Jelek	VII
			0.09	Sangat Jelek	VII
4	Ramp Down		54.12	baik	IV
			43.23	baik	IV
			0.06	Sangat Jelek	VII
5	Sill Drive Vein C.		5.50	sedang	VII
			1.21	jelek	VI
			0.20	Sangat Jelek	VII

Rekomendasi Penyanggaan Berdasarkan *Q – System*

Nilai *Q* yang di dapat dari perhitungan *Q – System* dimasukkan ke dalam tabel penentuan penyangga. Maka didapat rekomendasi penyanggaan untuk setiap lokasi adalah sebagai berikut:

a. Lokasi *X.Cut* 521 Pasir Jawa

Dari perhitungan nilai *Q* pada lokasi penelitian *X.Cut* Pasir Jawa panjang *rockbolt* adalah:

$$L = \frac{2+0,155}{ESR} = \frac{2+0,15(5,2)}{1,60} = 1,75 \text{ m}$$

Rekomendasi penyanggaan untuk daerah penelitian dapat dilihat pada gambar Perkiraan korelasi *Q-System* dan kebutuhan yaitu ketebalan *shotcrete* 5 - 6 cm. Pemasangan *rockbolt* sebelum di *shotcrete* spasi 1,32m; sesudah di *shotcrete* 1,75 m. (Lampiran F).

b. Lokasi *Ramp Up* Pasir Jawa

Dari perhitungan nilai *Q* pada lokasi penelitian *Ramp Up* Pasir Jawa panjang *rockbolt* adalah:

$$L = \frac{2+0,155}{ESR} = \frac{2+0,15(4,9)}{1,60} = 1,71 \text{ m}$$

Rekomendasi penyanggaan untuk daerah penelitian dapat dilihat pada gambar Perkiraan korelasi *Q-System* dan kebutuhan yaitu ketebalan *shotcrete* 6 - 9 cm. Pemasangan *rockbolt* sebelum di *shotcrete* spasi 1,35 m; sesudah di *shotcrete* 1,71m.

c. Lokasi *Flat Back* Cikupa Gudang Handak

Dari perhitungan nilai *Q* pada lokasi penelitian *Flat Back* Cikupa Gudang Handak panjang *rockbolt* adalah:

$$L = \frac{2+0,155}{ESR} = \frac{2+0,15(4,4)}{1,60} = 1,66 \text{ m}$$

Rekomendasi penyanggaan untuk daerah penelitian dapat dilihat pada gambar Perkiraan korelasi *Q-System* dan kebutuhan yaitu ketebalan *shotcrete* 6 - 9 cm. Pemasangan *rockbolt* sebelum di *shotcrete* spasi 1,35 m; sesudah di *shotcrete* 1,66 m.

d. Lokasi *Ramp Down* Gudang Handak

Dari perhitungan nilai *Q* pada lokasi penelitian *Ramp Down* Gudang Handak panjang *rockbolt* adalah:

$$L = \frac{2+0,155}{ESR} = \frac{2+0,15(4,7)}{1,60} = 1,67 \text{ m}$$

Rekomendasi penyanggaan untuk daerah penelitian dapat dilihat pada gambar Perkiraan korelasi *Q-System* dan kebutuhan yaitu *Unsupported*, Pemasangan spasi *rockbolt* 2 m dan panjang *bolt* 1,67 m.

e. Lokasi *Sill Drift Vein C* Gudang Handak

Dari perhitungan nilai *Q* pada lokasi penelitian *Sill Drift Vein C* Gudang Handak panjang *rockbolt* adalah:

$$L = \frac{2+0,155}{ESR} = \frac{2+0,15(4,6)}{1,60} = 1,68 \text{ m}$$

Rekomendasi penyanggaan untuk daerah penelitian dapat dilihat pada gambar Perkiraan korelasi *Q-System* dan kebutuhan yaitu *Unsupported*, Pemasangan spasi *rockbolt* 1,6 m dan panjang *bolt* 1,68 m..

3.2 Perhitungan Daya Dukung Penyanggaan

Nilai daya dukung penyanggaan selanjutnya digunakan untuk menghitung *safety faktor* terowongan yang telah di sangga. Semakin besar

nilai daya dukung penyanggaan maka *safety faktor* akan semakin besar pula.

3.3 Perhitungan Safety Faktor

Perhitungan *safety faktor* dilakukan menggunakan persamaan (3.8). Nilai dari *safety faktor* menentukan keadaan terowongan setelah disangga telah setabil atau tidak. Nilai *safety faktor* pada lubang bukaan harus memiliki nilai lebih dari 1,3 untuk lubang bukaan sementara (produksi) dan lebih dari 1,5 untuk lubang bukaan permanen (*development*).

3.4 Rencana Penyanggaan

Perbedaan nilai *safety faktor* (SF) pada rekomendasi penyanggaan menurut RMR dan *Q-System* maka perlu untuk melakukan rencana penyanggan untuk daerah penelitian. Rencana penyanggan dilakukan untuk memastikan keadaan terowongan yang telah dilakukan penyanggaan dalam keadaan stabil. Keadaan stabil yang dimaksud yaitu nilai SF terowongan lebih dari 1,3 untuk produksi dan lebih dari 1,5 untuk *development*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan Analisa terhadap kelas massa batuan dan pemodelan terhadap beberapa jenis penyangga yang telah direkomendasikan pada bab – bab sebelumnya maka pada bab ini didapatkan kesimpulan antara lain :

1. Kelas massa batuan di daerah telitian yaitu bukaan tambang Pasir Jawa dan Gudang Handak berdasarkan sistem klasifikasi RMR termasuk dalam kelas batuan III yaitu batuan yang memiliki kondisi sedang (*fair quality rockmass*) dan kelas batuan IV yaitu batuan yang memiliki kondisi yang jelek (*poor quality rock mass*).
2. Kelas massa batuan berdasarkan *Q – system* termasuk dalam kelas batuan D batuan jelek (*poor rock mass*), kelas batuan E (*very poor rock mass*) dan kelas batuan F batuan sangat jelek (*extremely rock mass*) untuk Pasir Jawa dan Gudang Handak.
3. Rekomendasi penyanggaan menurut RMR secara umum pada daerah penelitian bukaan tambang Pasir Jawa dan Gudang Handak adalah panjang *rockbolt* 4-5m, spasi *bolt* 1-1.15m dan dipasang *wire mesh*. Ketebalan *shotcrete* 100 - 150 mm di *roof* dan 100mm di dinding.
4. Rekomendasi penyanggaan menurut *Q-System* secara umum pada daerah penelitian bukaan tambang Pasir Jawa dan Gudang Handak adalah panjang *rockbolt* 1,25, Ketebalan *shotcrete* 6 - 9 cm. Pemasangan *rockbolt* sebelum di *shotcrete* spasi 0,9m dan sesudah di *shotcrete* 1,32m.

5. Pemodelan terhadap masing – masing rekomendasi penyangga yang digunakan menunjukkan bahwa pemakaian rekomendasi penyangga yang dikeluarkan oleh sistem RMR memberikan daya dukung terhadap batuan yang lebih besar jika dibandingkan dengan rekomendasi penyangga *Q-System* yang telah dimodelkan.
6. Pemakaian rekomendasi penyangga yang dikeluarkan oleh sistem RMR adalah kombinasi baut batuan dengan panjang 4 – 5 m, beton tembak dan penambahan penyangga baja dapat digunakan sebagai alternatif penyangga untuk mengganti sistem penyangga yang digunakan saat ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. ANTAM yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan pengambilan data dilokasi kegiatan penambangan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian.

Daftar Pustaka

- Barton, N.R., Lien, R. and Lunde, J. 1974. *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*, New York.
- Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classifications*, A Complete Manual for Engineering and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering, The Pennsylvania State University.
- Biron. Cemal., Arioglu. Ergin., 1982, *Design Support in Mines*, John Wiley and Sons, Canada.
- Brady, B.H.G., Brown, E.T., 2004. *Rock Mechanics For Underground Mining-Third Edition*, Kluwer Academic Publisher, New York.
- Deere D.U., dan Deere D.W., 1967, *Rock Quality Designation (RQD) Index*, Department of the Army, U.S. Corps of Engineers, Washington DC.
- Hoek, E., Kaiser, P.K., dan Bawden, W.F., 1995, *Support of Underground Excavation in Hard Rock*, AA. Balkema, Rotterdam.
- Koesnaryo, S., Hariyanto, dan R., Widodo, P., 2003, *Mekanika Batuan untuk Rekayasa Pertambangan*, Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Kresno, 1998, *Metode Tambang Bawah Tanah*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Palmstrom, A. , 1985, *Measurement and Characterization of Rock Mass Jointing – In Insitu Characterization of Rocks*. Sharma V.M. and Saxena K.R. eds., A.A. Balkema Publishers, Norway.
- Palmstrom A, 1995, *RMI – A Rock Mass Characterization System For Rock Engineering Purposes*, PhD Thesis, Oslo University, Norway, 1995, 400 p., www.rockmass.net.
- Priest, S.D., *Discontinuity Analysis for Rock Engineering*, Chapman & Hall, London, 1993.
- Rai M., A., 2014, *Mekanika Batuan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Terzaghi, K., Proctor, R. V. and White, T. L., 1946. *Rock Tunneling with Steel Supports*. Commercial Shearing and Stamping Co.
- _____, 2015. Arsip Perusahaan Bagian *Quality Control* PT. Aneka Tambang Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor Jawa Barat.