

Evaluasi Stabilitas Lubang Bukaannya berdasarkan Pemodelan Geoteknik dan Metode *Pull Out Test* di Site Kencana PT Nusa Halmahera Minerals (NHM) Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara

¹Chintya Putri Pertiwi, ²Yuliadi dan ³Maryanto

^{1,2,3}Program Studi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116
e-mail: chintyapertiwi@hotmail.com

Abstract. Site Kencana PT Nusa Halmahera Minerals (NHM) is one of the underground gold mining company in Indonesia with underhand cut and fill method. Overcome the instability in underground mining required support system which optimum in terms of geotechnical aspects. Location K1-Sub8A-UC3-LA01 is the depth of 260 m with a type of andesite lava and has an average width 5.6 m and a height of 6.4 m. Geotechnical mapping studies show that the quality of the rock mass classification RMR rocks mass class IV (poor rock), while the Q-System rock mass class of very poor rock. Based on the finite element method, the installation of support system were able to raise the value of strength reduction factor (SRF), the value of SRF before propped each sectionnya is 1.5 and the value of SRF after support at section A-A 'is 2, section B-B' is 3.5 and section C-C 'of 2.75. Based on data from the pull-out test, the installation of a support (splitsets) has the right and is able to withstand the load and displacement caused by the instability of the rock mass with an average safety factor of 1.98. Splitsets use of a support system with a diameter of 47 mm length of 2.4 m in the walls and 3 m on the roof with a spacing of 1 x 1 m, shotcrete with a fiber thickness of 100 mm and wire mesh research location is considered effective in areas of research.

Key Words: Underground Instability, Rock Mass Quality, Strength Reduction Factor, Pull Out Test, Support.

Abstrak. Site Kencana PT Nusa Halmahera Minerals (NHM) merupakan salah satu perusahaan pertambangan emas bawah tanah di Indonesia dengan metode *underhand cut and fill*. Untuk mengatasi ketidakstabilan lubang bukaan diperlukan sistem penyanggaan yang diharapkan dapat menghasilkan penyanggaan yang optimum ditinjau dari aspek geoteknik. Lokasi K1-Sub8A-UC3-LA01 berada dalam kedalaman 260 m dengan jenis batuan andesit lava serta memiliki rata-rata lebar lubang bukaan 5,6 m dan tinggi 6,4 m. Pemetaan geoteknik dilokasi penelitian menunjukkan bahwa kualitas massa batuan berdasarkan klasifikasi RMR termasuk ke dalam kelas batuan IV (*poor rock*), sedangkan berdasarkan klasifikasi *Q-System* kualitas massa batuan termasuk ke dalam kelas *very poor rock*. Berdasarkan metode elemen hingga, pemasangan penyangga di lokasi penelitian mampu menaikkan nilai *strength reduction factor* (SRF), nilai SRF sebelum disangga disetiap *sectionnya* adalah 1,5 dan nilai SRF setelah disangga pada section A-A' adalah 2, section B-B' adalah 3,5 dan section C-C' sebesar 2,75. Berdasarkan data *pull out test*, pemasangan penyangga (*splitsets*) sudah tepat dan mampu menahan beban serta perpindahan yang diakibatkan oleh ketidakstabilan massa batuan dengan nilai faktor keamanan rata-rata sebesar 1,98. Penggunaan penyangga dengan *splitsets* diameter 47 mm panjang 2,4 m di dinding dan 3 m di atap dengan spasi 1 x 1 m, *shotcrete* dengan *fiber* setebal 100 mm serta *wire mesh* dilokasi penelitian dianggap sudah efektif diterapkan di lokasi penelitian.

Kata Kunci: Ketidakstabilan Bawah Tanah, Kualitas Massa Batuan, Strength Reduction Factor, Pull Out Test, Penyanggaan.

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Sistem penyanggaan batuan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari masalah sistem penambangan bawah tanah. Pembahasan ini menjadi sangat penting, mengingat karakteristik yang berbeda-beda dan memungkinkan munculnya

bidang lemah batuan yang menyebabkan terjadinya keruntuhan batuan yang menghambat operasi penambangan dan pencapaian target produksi. Berkaitan dengan permasalahan tersebut diperlukan kajian untuk melakukan evaluasi penyanggaan pada lubang bukaan dari sistem penyanggaan yang digunakan berdasarkan hasil *pull out test* pada *splitsets* sebagai salah satu jenis perkuatan untuk dapat mengikat batuan.

Tujuan Penelitian

1. Evaluasi sistem penyanggaan yang digunakan berdasarkan pada klasifikasi massa batuan di lokasi penelitian,
2. Evaluasi sistem penyanggaan lubang bukaan berdasarkan data pull out test dan metode elemen hingga untuk merekomendasikan kebutuhan penyanggaan.

B. Landasan Teori

Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan yang paling sering digunakan ada dua, yaitu Klasifikasi Geomekanika atau *Rock Mass Rating (RMR)* sistem menurut *Engineering Rock Mass Classifications*, 1989 dan Klasifikasi *Rock Tunneling Quality Index (Q) System* menurut Barton et al., 1974.

1. Pembobotan *Rock Mass Rating (RMR)*
Terdapat 5 (lima) parameter utama dan 1 (satu) parameter koreksi untuk mengklasifikasikan massa batuan menggunakan sistem RMR yaitu :

Tabel 1. Parameter Pembobotan *Rock Mass Rating (RMR)*

Berdasarkan nilai 5 parameter utama RMR, suatu massa batuan dapat dikategorikan ke dalam lima kelas batuan. Masing-masing kelas massa batuan tersebut dapat memperkirakan nilai kohesi dan sudut gesek dalam.



2. Pembobotan *Q-System*

Q-system ini didasarkan pada penilaian kuantitatif dari *rock mass quality* menggunakan hubungan antara klasifikasi RMR dan *Q System* dinyatakan dalam persamaan (Bieniawski, 1979):

Pull Out Test

Pengujian terhadap *splitsets* menggunakan *pull out test* dengan menarik *splitsets* yang sudah terpasang pada dinding batuan. Pengujian dengan alat ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pencapaian kekuatan *splitsets* dalam mengikat batuan (*bond strength*). Setelah *pull tester* dipasang pada dinding yang akan dilakukan *pull out test*, peralatan *pull tester* dirangkai kemudian dilakukan penguncian dan pemompaan.

Interaksi Massa Batuan dan Penyangga

Suatu terowongan diasumsikan sirkuler dengan radius (r_o) terhadap tekanan- tekanan hidrostatik (p_o) dan tekanan internal penyangga yang seragam (p_i). Runtuhan massa batuan di sekeliling terowongan tersebut terjadi, bila tekanan internal yang diberikan oleh terowongan tersebut kurang daripada tekanan penyangga kritis (p_{cr}) (Hoek, Kaiser and Bawden, 1993) dengan rumus berikut:

Keterangan :	p_{cr}	= Tekanan Penyangga Kritis
	p_o	= Tekanan Hidrostatik
	p_i	= Tekanan Internal Penyangga Yang Seragam
	r_o	= Radius Terowongan (Jari-Jari Terowongan)
	c	= Kohesi
	σ_{cm}	= <i>Uniaxial Compressive Strength</i> Massa
	k	= Koefisien
	ϕ	= Sudut Gesek Dalam Massa Batuan

- r_p = Radius Dari Zona Plastis Di Sekitar
- u_i = Perpindahan plastis radial ke dalam

Faktor Keamanan Terhadap Interaksi Rock Support

Rock bolt sebagai salah satu jenis perkuatan yang umum digunakan pada penambangan bawah tanah kapasitas penyanggaannya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Prb\ max = \frac{Trb}{SiSc} \dots\dots\dots(B.10)$$

Dimana: Prb Max = Tekanan penyangga maksimum Rock bolt (MPa)
 Trb = Beban maksimum yang dapat diterima rock bolt (MN)
 Sc = Spasi bolt secara tegak lurus arah penggalian (m) Si = Spasi bolt searah penggalian lubang bukaan (m)



Sumber : Hoek, Kaiser and Bawden, 1993

Gambar 1. Interaksi Massa Batuan dan Penyangga

Faktor kewanaman penyanggaan sama dengan perbandingan dari kapasitas penyanggaan terhadap kekakuan dari jenis penyanggaan yang digunakan dan didefinisikan pada Gambar 1 dengan rumus di bawah ini :

Metoda Elemen Hingga

Rancangan lubang bukaan bawah tanah dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan numerik. Pemodelan numerik ini dapat mensilmulasikan sifat mekanik dari batuan dalam skala yang besar. Metode elemen hingga (finite elements method) merupakan salah satu metode analisis numerik yang menggunakan pendekatan diferensial. Metode ini dapat dipakai untuk menganalisis kondisi tegangan dan regangan pada suatu struktur batuan.

C. Hasil Penelitian

Lokasi pengumpulan data dilakukan di tambang bawah tanah PT Nusa Halmahera Minerals (NHM) site Kencana Heading K1 Sub 8A-UC3_LA01 dengan jenis batuan andesit lava dengan density 2,65 ton/m3. Lokasi pengukuran merupakan level access dengan kedalaman 260 m. Lubang bukaan berbentuk tapal kuda dengan

dimensi lebar 6,4 m dan tinggi 5,6 m.

Metode Empirik

1. Klasifikasi Massa Batuan, Hasil pembobotan pada penelitian dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. Klasifikasi Massa Batuan *System RMR*

Hasil penelitian berdasarkan pada *system RMR* dasar adalah kelas massa batuan Type III dengan deskripsi sedang dan nilai kohesi 213 KPa dan Sudut gesek dalam 26° . Arah umum struktur di lokasi penelitian berada pada $N 80^\circ E / 33^\circ$ arah penambangan $N 263^\circ E$. Menunjukkan bahwa strike struktur sejajar terhadap sumbu terowongan dan kemiringan searah penggalian sebesar $20^\circ - 45^\circ$ dan masuk kedalam kategori Sedang dengan nilai koreksi -5. Sehingga nilai *system RMR* terkoreksi adalah 38 dengan type IV (very poor).

2. *Q-System*, Nilai *Q-system* didapatkan dari Persamaan B.1 (Bieniawski, 1979). Nilai ESR berdasarkan pada *type* penggaliannya adalah point D dengan *type access tunnels* adalah 1,3 dengan tinggi rata-rata lubang bukaan adalah 6,4 m.
3. Rekomendasi Sistem Penyanggaan, Rekomendasi yang diberikan berdasarkan pada klasifikasi massa batuan di lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

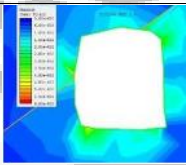
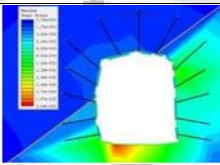
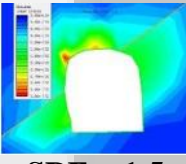

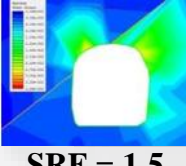
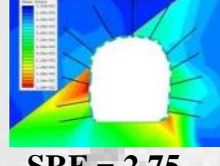
Tabel 6. Perbandingan Rekomendasi Penyanggaan di Lokasi Penelitian

Keterangan: GCMP site Kencana merupakan penyanggaan yang digunakan di lokasi penelitian.

Pemodelan Geoteknik

Pemodelan geoteknik menggunakan metode elemen hingga menggunakan program *Phase2* ver 8.0. Pembagian *section* (Gambar 2) dilakukan untuk mengetahui faktor keamanan berdasarkan pada pemodelan struktur di lokasi penelitian dan kondisi lokasi sebelum dan sesudah di pasang penyanggaan (Tabel 3).

Gambar 2. Lokasi dan Penampang Pemodelan Geoteknik**Tabel 3.** Perbandingan Nilai SRF di Lokasi Penelitian

Section	Sebelum Perkuatan	Setelah Perkuatan
A-A	 SRF = 1,5	 SRF = 2
B-B	 SRF = 1,5	 SRF = 3,5
C-C	 SRF = 1,5	 SRF = 2,75

Pull Out Test

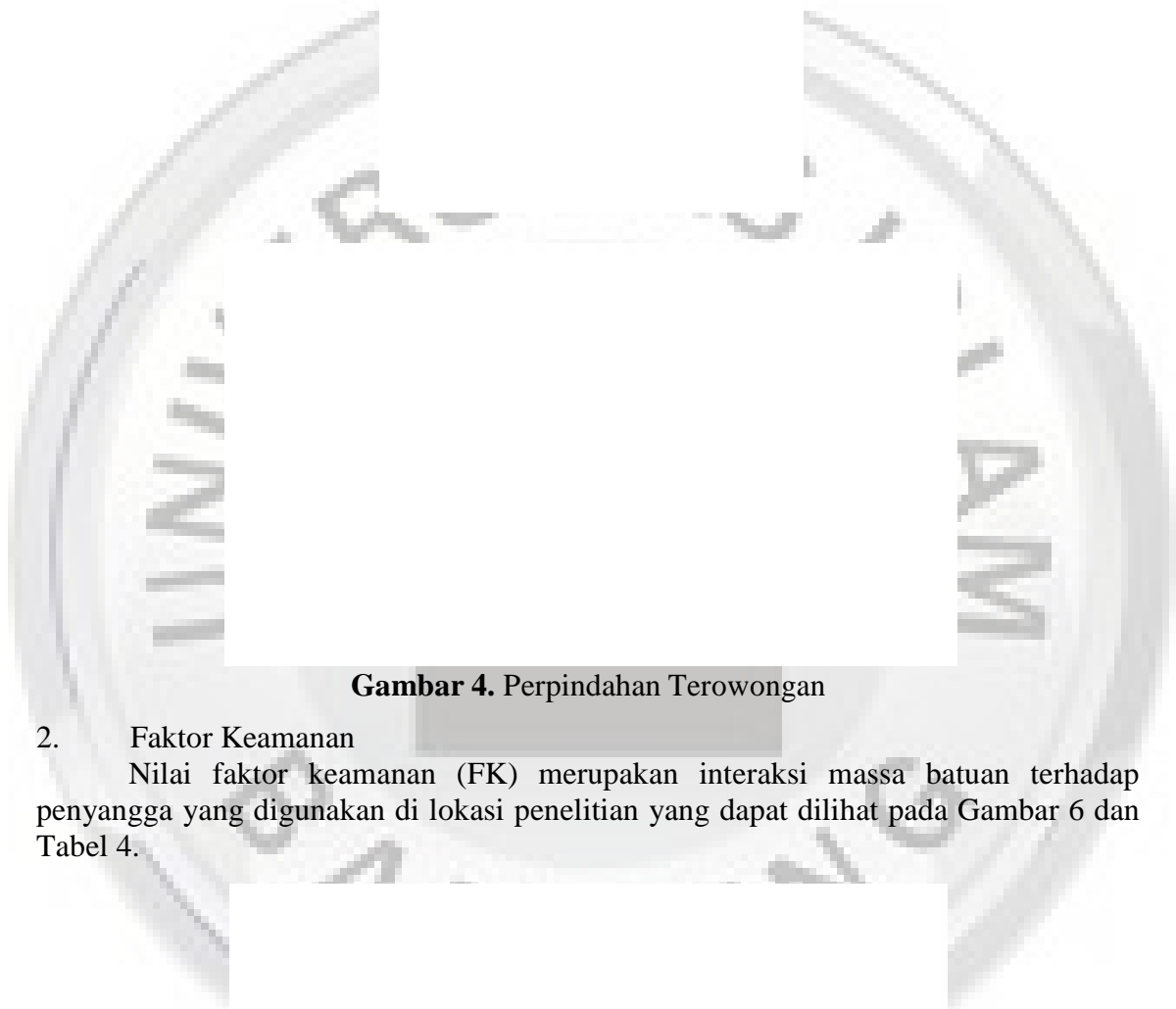
Pull out test merupakan salah satu metode observasi yang digunakan dalam metode rancangan lubang bukaan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Lokasi Pengukuran *Pull Out Test*

1. Interaksi Massa Batuan dan Penyangga

Hasil penelitian berupa nilai perpindahan terowongan yang dapat dilihat pada Gambar 4 berdasarkan plotting pada Tabel 6 yang menunjukkan karakteristik massa batuan di lokasi penelitian.

Tabel 6. Interaksi Massa Batuan



Gambar 4. Perpindahan Terowongan

2. Faktor Keamanan

Nilai faktor keamanan (FK) merupakan interaksi massa batuan terhadap penyangga yang digunakan di lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 4.

Gambar 5. Grafik Hubungan antara *Support Pressure* dan Perpindahan Dinding Terowongan pada *Splitset* No 1

Tabel 7. Faktor Keamanan berdasarkan *Pull Out Test***D. Kesimpulan**

1. Sistem penyanggaan yang digunakan di lokasi K1-Sub8A-UC3-LA01 (GCMP site Kencana) sudah sesuai dengan hasil rekomendasi secara metode empiric dengan menambahkan parameter spasi *bolt* 0,5 m dari *floor* dan *fiber* pada *shotcrete*.
2. Berdasarkan metode elemen hingga, pemasangan penyangga di lokasi penelitian mampu menaikkan nilai strength reduction factor (SRF), nilai SRF sebelum disangga di setiap *section*nya adalah 1,5 dan nilai SRF setelah disangga pada *section A-A'* adalah 2, *section B-B'* adalah 3,5 dan *section C-C'* sebesar 2,75.
3. Berdasarkan metode observasi dengan *pull out test*, pemasangan penyangga (*splitsets*) sudah tepat dan mampu menahan beban serta perpindahan yang diakibatkan oleh ketidakstabilan massa batuan dengan nilai faktor keamanan rata-rata sebesar 1,98.
4. Penggunaan penyangga dengan *splitsets* diameter 47 mm panjang 2,4 m di dinding dan 3 m di atap dengan spasi 1 x 1 m, *shotcrete* dengan *fiber* setebal 100 mm serta *wire mesh* dilokasi penelitian dianggap efektif diterapkan di lokasi penelitian.

Daftar Pustaka

- Ambarini, Eli. 2015. "Sistem Stabilitas Terowongan Pengembangan Dengan Menggunakan Baut Batuan Dan Beton Tembak Di Blo Cikoneng PT Cibaliung Sumberdaya". Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Arif, Irwandi., Rai, M.A. 1992. "Orientaasi Sistem Penyanggaan Dengan Baut BatuaN (Rock Bolting) dan Permasalahannya". Bandung: Institut Tenologi Bandung.
- Bieniawski. Z.T. 1989. "Engineering Rock Mass Clasification". NewYork:Jhon Wilwy & Son, Inc.
- Brady, B.G.H., Brown, E.T. 1985. "Rock Mechanical for Underground Mining". London: Allen and Unwin.
- Hikmah, D.N. 2014. "enentuan Penyanggaan Tambang Bawah Tanah Dengan Metode RMR Dan Q System Di Tambang Ciurug Level 703 Access Sill Drift Utara Lokasi PT.KSP PT.ANTAM Pongkor Jawa Barat". Bandung: Universitas Islam Bandung.

- Hoek, E., Kaiser, P.K., and Bawden, W.F. 1993. "Support of Underground Excavation in Hard Rock". A.A. Balkema, Rotterdam Brookfield.
- Rai, M.A., Kramadibrata, S., Wattimena, R.K. 2012. "Mekanika Batuan". Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Stillborg, Bengt. 1986. "Professional User Handbook For Rock Bolting". Germany: Trans Tech Publications.
- Syafidra, R.M. 2015. "Analisis Jenis Dan Tinggi Runtuh Sebagai Acuan Kebutuhan Penyanggaan Di Tambang Bawah Tanah Curug Level 600 UPBE Pongkor PT Aneka Tambang (PERSERO) TBK". Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Technical Services, Department. 2014. "Ground Control Management Plan (GCMP) 2014 Kencana Underground Mine". Halmahera Utara: PT Nusa Halmahera Minerals.
- Paleba, Jatser. 2011. "Evaluasi Kualitas Grouting pada Spitses Untuk Mendukung Ground Support di Project Kencana UG PT Nusa Halmahera Minerals". Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.