



**ANALISIS KEKUATAN MASA BATUAN PADA TUNNEL GUDANG
HANDAK BERDASARKAN METODE ROCK MASS RATING (RMR)
BIENIAWSKI 1989 PT ANEKA TAMBANG UBPE PONGKOR**

Hilyan Asupyani¹, Zufialdi Zakaria¹, Raden Irvan Sophian¹, Ryan Pratama²

¹ Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

² Geotechnical Engineer, PT Aneka Tambang Tbk UBPE Pongkor

Koresponden e-mail: hilyanasupyani@gmail.com

ABSTRAK

PT Aneka Tambang UBPE Pongkor merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak di bidang pertambangan dengan sistem *underground mining*. Dalam pelaksanaannya, diperlukan karakterisasi kekuatan massa batuan untuk menentukan rancangan penguatan dan penyanggaan terowongan, supaya proses penambangan berjalan dengan baik dan aman. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan data karakteristik massa batuan dan runtuh, yang merupakan data dasar bagi perencanaan pengembangan teknik penambangan serta penentuan penguatan dan penyanggaan dalam terowongan. Metode yang digunakan yaitu observasi lapangan meliputi pengamatan diskontinuitas dan kondisi air tanah. Selain itu dilakukan pengujian *point load* pada contoh batuan. Parameter batuan yang dianalisis meliputi *uniaxial compressive strength* (UCS), *rock quality designation* (RQD), jarak diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, kondisi airtanah dan arah diskontinuitas. Hasil analisis dari penelitian ini yaitu kondisi geologi daerah penelitian didominasi oleh litologi Tuff dan Kuarsa yang mengisi bidang diskontinuitas. Nilai *rock mass rating* pada *Vein B Utara* sebesar 43 – 48 (III) kelas *fair rock*. Sedangkan pada *Vein B Selatan* sebesar 43 – 47,94 (III) kelas *fair rock*. Tinggi runtuh pada daerah penelitian sebesar 3,2 – 3,9 dan 3,33 - 3,42 meter. Beban runtuh sebesar 8,852 - 9,552 dan 8,861 - 9,097 (ton/m²). Berat total sebesar 135,97 - 144,42 dan 130,99 - 187,15 ton. Data nilai RMR tersebut selanjutnya dapat digunakan dalam pembuatan terowongan.

Kata kunci: *rock mass rating (RMR)*, diskontinuitas, runtuh

ABSTRACT

PT Aneka Tambang UBPE Pongkor is a state-owned company engaged in mining with an underground mining system. In its implementation, the characterization of rock mass strength is needed to determine the tunnel reinforcement and support design, so that the mining process runs well and safely. The purpose of this study is to determine the characteristics of rock mass and failure, which is the basic data for planning the development of mining techniques and determining the reinforcement and support in the tunnel. The method used is field observations including observations of discontinuity and groundwater conditions. Besides that, the point load testing is performed on rock samples. Rock parameters analyzed include uniaxial compressive strength (UCS), rock quality designation (RQD), a spacing of discontinuity, discontinuity conditions, groundwater conditions, and direction of discontinuity. The results of this study are the geological conditions in the study area dominated by lithology tuff and quartz which fill the discontinuity field. The value of rock mass rating on Vein B Utara 480 is 43 - 48 (III) fair rock class. Whereas at Vein B Selatan 480, it is 43 - 47.94 (III) in fair rock class. The collapse height in the study area is 3.2 - 3.9 and 3.33 - 3.42 meters. The burden of collapse in the study area is 8,852 - 9,552 and 8,861 - 9,097 (tons / m²). The total weight of the study area is 135.97 - 144.42 and 130.99 - 187.15 tons. The RMR value data can then be used in tunneling.

Keyword: rock mass rating (RMR), discontinuity, failure

1. PENDAHULUAN

PT Aneka Tambang Tbk UBPE Pongkor merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang tambang emas dengan sistem penambangan tertutup (*underground mining*).

Pada kegiatan penambangan bawah tanah (*underground mining*), penentuan sistem penguatan dan penyanggaan merupakan salah satu rekayasa geoteknik yang perlu dilakukan. Untuk menunjang sistem tersebut, perlu adanya penentuan kekuatan massa batuan dari setiap lubang bukaan.

Menurut Siswanto 2018 massa batuan merupakan susunan blok-blok material batuan yang dipisahkan oleh berbagai struktur geologi. Menurut Priest (1993 dalam

Siswanto, 2018), pengertian bidang diskontinuitas adalah setiap bidang lemah yang terjadi pada bagian yang memiliki kuat tarik paling lemah dalam batuan. Jenis bidang diskontinuitas tersebut yaitu *fault* (patahan), *joint* (kekar), *bedding* (bidang pelapisan), *fracture* dan *crack, fissure*.

Klasifikasi massa batuan adalah pengelompokan massa batuan atas penilaian yang berdasarkan berbagai informasi tentang batuan. Informasi tentang batuan dapat berupa karakteristik batuan, tegangan, kondisi hidrologi, dan komposisi batuan.

Terdapat beberapa metode klasifikasi batuan yang paling umum digunakan, yaitu *Rock Load Theory* (Terzaghi, 1946), *Geological Strength Index* (GSI), *Q-system* (Barton, 1974)

dan *Rock Mass Rating* (RMR) (Bieniawski, 1989).

Rock Mass Rating merupakan klasifikasi geomekanika yang dikembangkan oleh Bieniawski. Metode RMR menggunakan beberapa parameter yang diasumsikan paling berpengaruh untuk memberikan bobot nilai dari kualitas massa batuan.

Hasil pengklasifikasian massa batuan menggunakan RMR dapat digunakan untuk mendesain, membuat konstruksi, ataupun memberikan penguatan batuan pada terowongan ataupun tambang terbuka (open pit). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memperkirakan kekuatan dan runtuh masa batuan pada lubang bukaan terowongan.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu observasi lapangan dengan menggunakan klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) Bieniawski, 1989. Adapun data yang diambil diantaranya:

1. Kondisi geologi detail daerah penelitian
2. Kekuatan Batuan (*intact rock*)
3. RQD (*Rock Quality Designation*)
4. Spasi Diskontinuitas
5. Kondisi Diskontinuitas
6. Kondisi Air Tanah
7. Orientasi Diskontinuitas
8. Dimensi Lubang Bukaan

Pada kuat tekan batuan dilakukan uji laboratorium dengan menggunakan *point load test*, untuk mengetahui nilai UCS dari hasil konversi nilai *point load*.

Berdasarkan data tersebut dilakukan pembobotan untuk mengetahui kekuatan massa batuanya. Setelah itu dilakukan analisis runtuh dengan menggunakan persamaan Unal, 1983 dalam Singh dan Goel 2006:

$$Ht = \left(\frac{100 - RMR}{100} \right) x B$$

$$pRMR = \left(\frac{100 - RMR}{100} \right) x B x \gamma$$

$$Wt = pRMR x A$$

Dengan (Ht) merupakan tinggi runtuh (m), (B) lebar lubang bukaan (m), (pRMR) beban runtuh tekanan massa batuan (ton/m^2), (γ) berat jenis *intact rock* (ton/m^3), (Wt) berat total (ton) dan (A) Luas lubang bukaan (span x panjang kemajuan) m^2 .

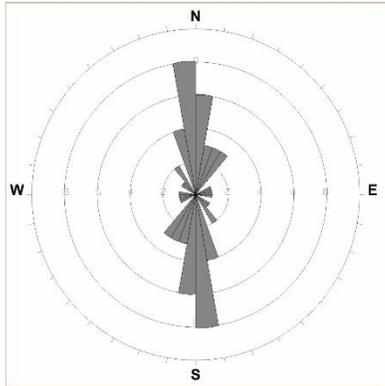
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Geologi

Berdasarkan hasil observasi lapangan daerah bawah tanah pada tunnel Gudang Handak PT Aneka Tambang UBPE Pongkor didominasi oleh batuan breksi, *clay*, *tuff lapili*, urat kuarsa dan di beberapa tempat terdapat batuan andesit sebagai bongkahan dari breksi.

Struktur geologi yang ada di tunnel Gudang Handak berupa kekar dan urat yang tersusun oleh kalsit dan kuarsa. Struktur urat ini hadir memotong batuan dan kemudian direpresentasikan sebagai *joint set* yang memiliki pola sebagai blok-blok. Urat yang ada di tunnel Gudang Handak memiliki bidang yang relatif bergelombang dengan tingkat kekasaran didominasi kasar, dengan bukaan relatif sedang dan terisi oleh mineral

alterasi. Isian urat memiliki persistensi yang relatif panjang (> 1m) dengan isian lunak, terdapat di beberapa tempat memiliki persistensi < 1m. Pada beberapa bagian juga teramati retakan yang terisi oleh kalsit dengan arah yang tidak beraturan.



Gambar 1. Arah bidang diskontinuitas pada daerah penelitian

Berdasarkan data *strike dip*, setiap titik pengamatan di *tunnel* Gudang Handak secara umum memiliki arah diskontinuitas Utara – Selatan (N – S).



Gambar 2 Kondisi lubang bukaan terowongan pada daerah penelitian (A) Vein B Utara 480 (B) Vein B Selatan 480

2. Kekuatan Massa Batuan RMR Bieniawski, 1989

2.1 Kuat Tekan Batuan

Pengukuran kuat tekan batuan dilakukan pada setiap *intact rock* daerah penelitian. Uji kuat tekan batuan merupakan salah satu pengujian laboratorium dengan menggunakan

point load test, kemudian nilai akhirnya dikonversi menjadi nilai UCS.

Pada pengujian *point load*, sampel yang digunakan adalah sampel dengan bentuk yang tidak beraturan. Perbedaan bentuk sampel dan jenis alat yang berbeda menyebabkan hasil uji *point load* harus dilakukan pengonversian. Berdasarkan hasil pengamatan, daerah penelitian didominasi oleh batuan dengan nilai UCS 92.311 – 222.463 yaitu berada pada rating 12.

2.2 Rock Quality Designation (RQD)

Hasil pengukuran RQD diperlukan untuk menunjukkan kekuatan batuan secara representatif. Berdasarkan hasil perhitungan RQD diketahui bahwa nilai RQD tunnel daerah penelitian berada pada rentang 52.65% - 77.35%. Dengan rating 13. Secara umum batuan yang memiliki nilai RQD lebih besar akan memiliki masa batuan yang kuat.

2.3 Spasi Diskontinuitas

Pengukuran spasi kekar pada satu bagian harus dilakukan pada kekar – kekar yang masih dalam satu set kekar. Berdasarkan hasil perhitungan dan pembobotan nilai jarak antar diskontinuitas yang mengacu klasifikasi RMR menurut Bieniawski (1989), didapatkan bahwa nilai rata-rata jarak antar diskontinuitas pada tunnel Gudang Handak berada pada rentang 200 - 600 milimeter dengan bobot sebesar 10.

2.4 Kondisi Diskontinuitas

Berdasarkan klasifikasi RMR Bieniawski 1989, kondisi diskontinuitas dipengaruhi oleh 5 parameter, yaitu panjang kekar (*discontinuity length*), lebar bukaan kekar (*aperture*), kekasaran bidang kekar

(*roughness*), pengisi kekar (*infilling*), dan tingkat pelapukan (*weathering*). Panjang kekar pada daerah penelitian relatif hampir sama yaitu 3 – 10 meter. Lebar bukaan kekar tunnel Gudang Handak berada pada rentang 1-5 mili meter di beberapa titik terdapat aperture lebih dari 5 mili meter. Tingkat kekasaran pada bidang kekar di kedua lubang bukaan relatif sama yaitu sedikit kasar.

Material pengisi pada bidang kekar dapat mempengaruhi pembobotan nilai RMR. Kedua lubang bukaan memiliki material pengisi yang relatif sama yaitu *hard filling* dengan lebar lebih dari 5 mm, material pengisinya didominasi oleh kuarsa. Pembobotan terakhir dari kondisi diskontinuitas yaitu tingkat pelapukan dari bidang diskontinuitas. Tingkat pelapukan pada lokasi *Vein B Utara* 480 yaitu menengah. Sedangkan pada *Vein B Selatan* 480 tingkat pelapukannya sedikit lapuk.

2.5 Kondisi Airtanah

Kondisi air tanah pada tambang bawah tanah perlu diperhatikan untuk menentukan

pembobotan nilai RMR. Pada ke dua lubang bukaan penelitian, kondisi air tanah memiliki kondisi yang lembab. Hal ini diakibatkan karena adanya bidang diskontinuitas yang menjadi tempat mengalirnya air tanah. Pada bidang diskontinuitas yang terisi oleh material kasar kondisi air tanahnya cenderung lembab.

2.6 Orientasi Diskontinuitas

Pada pengklasifikasian RMR masa batuan berdasarkan Bieniawski 1989, orientasi diskontinuitas terhadap bukaan terowongan merupakan parameter terakhir untuk menentukan RMR dalam pemasangan penyangga terowongan. Berdasarkan hasil pemetaan arah diskontinuitas terhadap bukaan terowongan, kedua lubang bukaan relatif memiliki nilai yang sangat tidak menguntungkan dengan bobot -12. Hal ini ditunjukkan dengan arah setiap bidang diskontinuitas yang sejajar dengan bukaan terowongan, serta kemiringan dari bidang diskontinuitas berada pada rentang 45° – 90°.

Tabel 1. Hasil observasi lapangan parameter RMR Bieniawski 1989

No	Lokasi	Tanggal	Litologi	PLI	UCS	RQD %	Spasi (mm)	Groundwater	Strike/Dip Orientation
1	480 Vein B Utara	19/01/2020	<i>Tuff</i>	5,190	119,382	52,65	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>
			<i>Quartz</i>	8,692	199,919	61,90	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>
		27/01/2020	<i>Tuff</i>	5,772	132,776	73	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>
			<i>Quartz</i>	9,672	222,463	73	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>
2	480 Vein B Selatan	19/01/2020	<i>Tuff</i>	8,556	196,799	53,12	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>
			<i>Quartz</i>	4,013	92,311	64,28	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>

27/01/2020	<i>Tuff</i>	7,889	181,454	77,35	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>
	<i>Quartz</i>	3,935	90,506	66,66	200 – 600	Lembab	<i>Very unfavorable</i>

Tabel 2. Hasil observasi lapangan kondisi diskontinuitas

No	Lokasi	Tanggal	Litologi	Kondisi Diskontinuitas				
				<i>Persistence (m)</i>	<i>Aperture (mm)</i>	<i>Roughness</i>	<i>Infilling (mm)</i>	<i>Weathering</i>
1	480 Vein B Utara	19/01/2020	<i>Tuff</i>	3 – 10	> 5	<i>Slightly</i>	<i>Hard > 5</i>	<i>Moderately</i>
			<i>Quartz</i>	1 – 3	> 5	<i>Slightly</i>	<i>Hard > 5</i>	<i>Slightly</i>
	27/01/2020	<i>Tuff</i>	3 – 10	1 – 5	<i>Rough</i>	<i>Hard < 5</i>	<i>Moderately</i>	
		<i>Kuarsa</i>	3 – 10	1 – 5	<i>Rough</i>	<i>Hard < 5</i>	<i>Moderately</i>	
2	480 Vein B Selatan	19/01/2020	<i>Tuff</i>	3 – 10	> 5	<i>Slightly</i>	<i>Hard > 5</i>	<i>Slightly</i>
			<i>Quartz</i>	3 – 10	> 5	<i>Slightly</i>	<i>Hard > 5</i>	<i>Slightly</i>
	27/01/2020	<i>Tuff</i>	3 – 10	1 - 5	<i>Rough</i>	<i>Hard > 5</i>	<i>Slightly</i>	
		<i>Quartz</i>	3 – 10	1 – 5	<i>Slightly</i>	<i>Hard > 5</i>	<i>Moderately</i>	

Tabel 3. Hasil Pembobotan parameter RMR Bienawski, 1989

No	Lokasi	Tanggal	Litologi	UCS	RQD	Spacing	Kondisi Diskontinuitas	Groundwater	Strike/Dip Orientation
1	480 Vein B Utara	19/01/2020	<i>Tuff</i>	12	13	10	10	10	-12
			<i>Kuarsa</i>	12	13	10	14	10	-12
	27/01/2020	<i>Tuff</i>	12	13	10	15	10	-12	
		<i>Kuarsa</i>	12	13	10	15	10	-12	
2	480 Vein B Selatan	19/01/2020	<i>Tuff</i>	12	13	10	12	10	-12
			<i>Kuarsa</i>	7	13	10	12	10	-12
	27/01/2020	<i>Tuff</i>	12	13	10	15	10	-12	
		<i>Kuarsa</i>	7	13	10	11	10	-12	

2.7 Kelas Massa Batuan

Kelas masa batuan pada klasifikasi RMR Bieniawski 1989 didapat dengan menjumlahkan pembobotan dari 6 parameter diatas. Berdasarkan data parameter tersebut didapatkan kelas masa batuan yang ditunjukkan pada tabel 4. Kelas masa batuan pada daerah penelitian termasuk ke dalam kelas *fair rock*.

3. Analisis Runtuhan

Berdasarkan hasil analisis kekuatan masa batuan maka akan di dapat tinggi runtuh, beban runtuh, dan berat total sebagai berikut:

3.1 Tinggi Runtuhan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Unal 1983, tinggi runtuh pada *Vein B Utara 480* memiliki

rentang 3,32 hingga 3,9 meter. Sedangkan pada lokasi *Vein B Selatan 480* memiliki tinggi runtuh sebesar 3,33 hingga 3,42 meter. Semakin lebar lubang bukan terowongan maka tinggi runtuh akan semakin besar.

Berdasarkan hasil analisis numerik dengan aplikasi *unwedge*, tinggi runtuh pada *Vein B Utara 480* sebesar 4 meter. Sedangkan pada *Vein B Selatan* sebesar 0,91 – 2,54 meter.

3.2 Beban Runtuh

Berdasarkan hasil analisis perhitungan beban runtuh, pada *Vein B Utara 480* memiliki beban runtuh sebesar 8,852 hingga 9,552 (ton/m²). Sedangkan pada *Vein B*

Selatan 480 memiliki nilai beban runtuh sebesar 8,861 hingga 9,097 (ton/m²). Beban runtuh ini dipengaruhi oleh tinggi runtuh dan berat jenis batuan pada daerah penelitian.

3.3 Berat Total

Berdasarkan hasil perhitungan berat total *Vein B Utara 480* berada pada rentang 135,97 hingga 144,42 ton. Sedangkan pada *Vein B Selatan 480* berada pada rentang 130,99 hingga 187,15 ton. Berat total daerah penelitian dipengaruhi oleh beban runtuh dan luas lubang bukaan terowongan. Semakin besar luas lubang bukaannya maka berat totalnya akan semakin besar juga.

Tabel 4. Hasil pembobotan kelas massa batuan daerah penelitian

No	Lokasi	Tanggal	Litologi	Total Rating	Lebar Domain (m)	Σ Rating	Nomor Kelas	Pemerian Kelas RMR
1	480 <i>Vein B Utara</i>	19/01/2020	<i>Tuff</i>	41	4,224	43	III	<i>Fair Rock</i>
			<i>Kuarsa</i>	47	2,1			
	27/01/2020	<i>Tuff</i>	48	3,9	48	III	<i>Fair Rock</i>	
		<i>Kuarsa</i>	48	2,6				
2	480 <i>Vein B Selatan</i>	19/01/2020	<i>Tuff</i>	45	3,2	43	III	<i>Fair Rock</i>
			<i>Kuarsa</i>	40	2,8			
	27/01/2020	<i>Tuff</i>	52	5,3	47,948	III	<i>Fair Rock</i>	
		<i>Kuarsa</i>	39	2,4				

Tabel 5. Hasil perhitungan analisis runtuh daerah penelitian

No	Lokasi	Tanggal	RMR	B (m)	Ht (m)	Berat Jenis (ton/m ³)	pRMR (ton/m ²)
1	<i>Vein B Utara 480</i>	19/01/2020	43	6,3	3,591	2,66	9,55206
		27/01/2020	48	6,4	3,328	2,66	8,85248
2	<i>Vein B Selatan 480</i>	19/01/2020	43	6	3,42	2,66	9,0972
		27/01/2020	47,948	6,4	3,331328	2,66	8,86133248

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis *rock mass rating (RMR)* Bieniawski, 1989, daerah penelitian memiliki nilai RMR sebesar 43 – 48 dan 43 – 47,948, termasuk ke dalam kelas (III) *fair rock*.

Tinggi runtuh pada daerah penelitian sebesar 3,2 – 3,9 dan 3,33 - 3,42 meter. Beban runtuh sebesar 8,852 - 9,552 dan 8,861 - 9,097 (ton/m²). Berat total sebesar 135,97 - 144,42 dan 130,99 - 187,15 ton.

Perbedaan nilai *rock mass rating* dan runtuh dipengaruhi oleh kuat tekan batuan, nilai *rock quality designation (RQD)*, jarak diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, kondisi airtanah dan arah diskontinuitas.

Data kekuatan massa batuan pada daerah penelitian dapat digunakan dalam penentuan sistem penguatan dan penyanggaan terowongan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

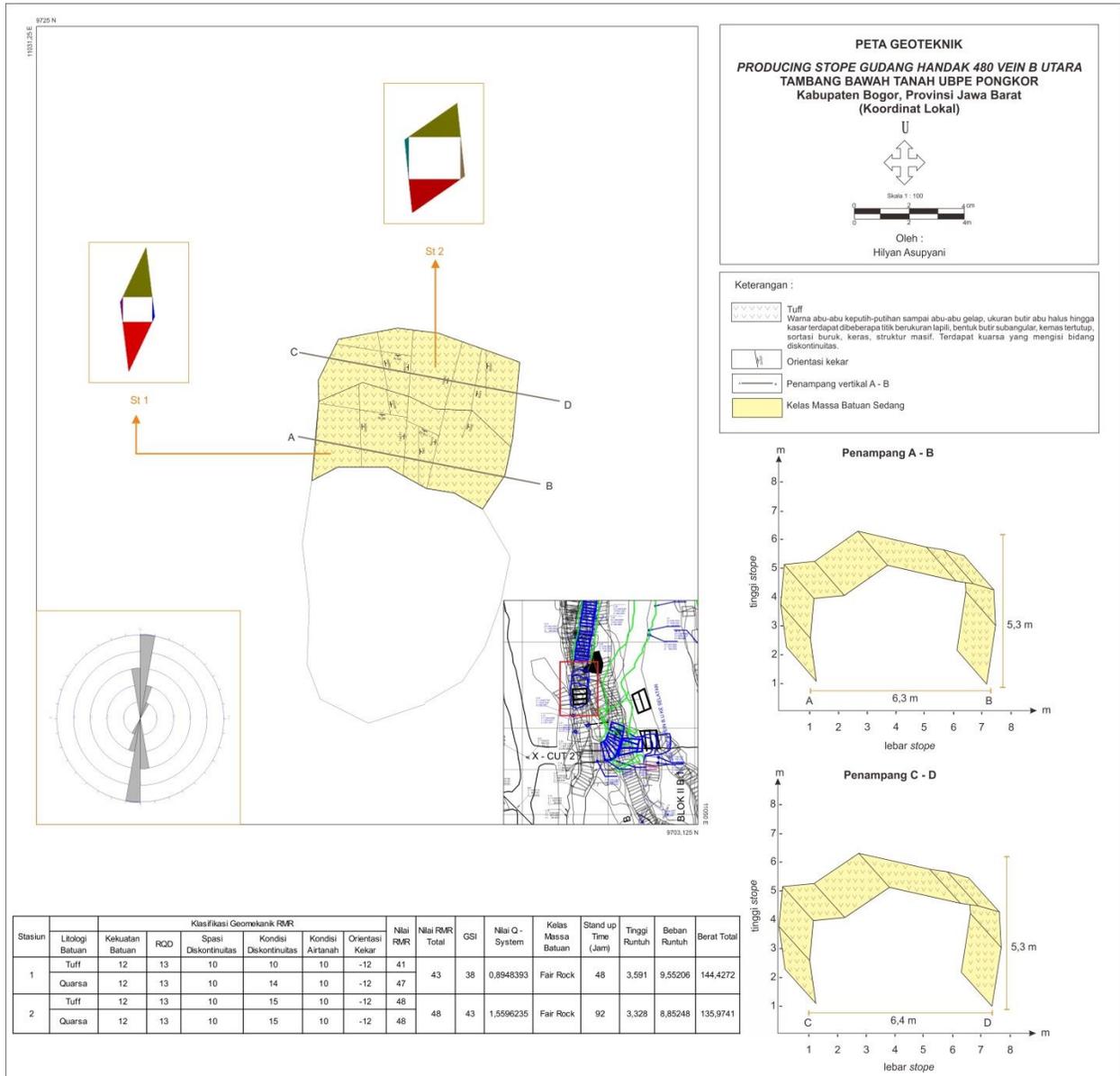
Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Aneka Tambang Tbk UBPE Pongkor yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian terkait geoteknik tambang pada *underground mining*

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alfathoni, F., Komar, S. and Suwardi, F.R., 2017. Evaluasi Teknis Sistem Penyanggaan Menggunakan Metode *Rock Mass Rating (Rmr)* System Pada Development Area (Ckn_Dc) Tambang Emas Bawah Tanah Pt. Cibaliung Sumberdaya. *Jurnal Pertambangan*, 1(2).
- 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.
- Singh, Bhawani and Goel, R.K. 2006. *Tunnelling In Weak Rocks*. Elsevier Geo Engineering Book: Volume
- Siswanto, S. and Anggraini, D., 2018. Perbandingan Klasifikasi Massa Batuan Kuantitatif (Q, RMR dan R_{Mi}). *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 1(2), pp.67-73.
- Syaeful, H. and Kamajati, D., 2015. Analisis Karakteristik Massa Batuan di Sektor Lemajung, Kalan, Kalimantan Barat. *EKSPLORIUM*, 36(1), pp.17-30.

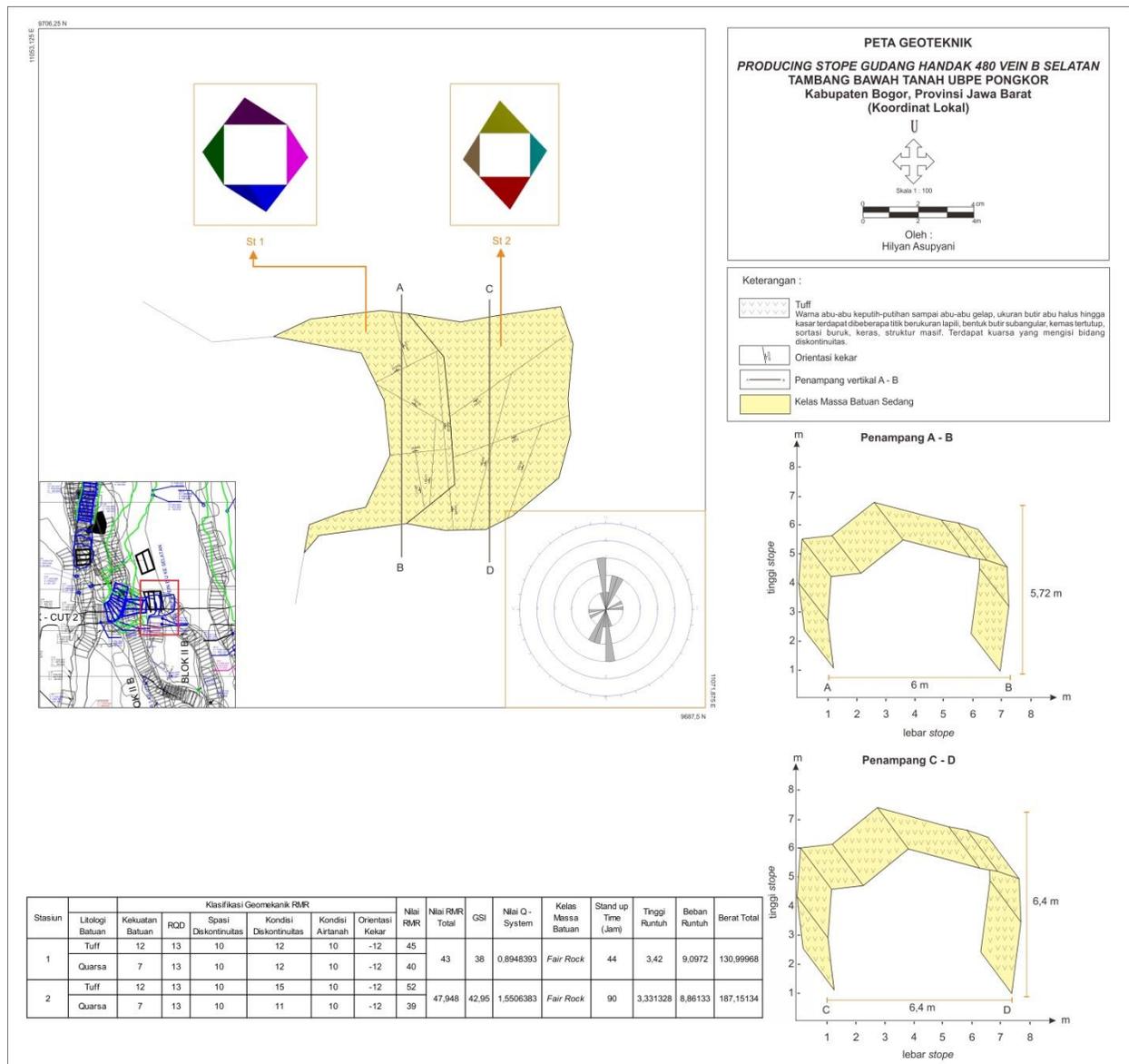
Tabel 6. Hasil pengukuran strike dip daerah penelitian

No	Strike	Dip	Dip Direction	No	Strike	Dip	Dip Direction
1	99	16	189	24	360	84	450
2	20	75	110	25	99	16	189
3	358	78	88	26	195	62	285
4	350	80	80	27	355	58	445
5	0	83	90	28	200	52	290
6	193	15	283	29	70	42	160
7	184	77	274	30	55	42	145
8	115	38	205	31	195	68	285
9	171	60	261	32	10	78	100
10	265	46	355	33	345	70	435
11	345	47	75	34	325	68	415
12	355	55	85	35	270	42	360
13	300	36	30	36	160	52	250
14	243	52	333	37	35	48	125
15	184	77	274	38	95	62	185
16	30	60	120	39	135	60	225
17	129	74	219	40	215	52	305
18	140	56	230	41	350	68	440
19	253	74	343	42	0	83	90
20	358	45	448	43	193	15	283
21	200	76	290	44	184	77	274
22	340	78	430	45	115	38	205
23	350	80	440				



Gambar 3 Peta Geoteknik kekuatan massa batuan Vein B Utara 480

Analisis Kekuatan Masa Batuan Pada Tunnel Gudang Handak Berdasarkan Metode Rock Mass Rating (RMR) Beniawski 1989 PT Aneka Tambang UBPE Pongkor (Hilyan)



Gambar 4 Peta Geoteknik kekuatan massa batuan Vein B Selatan 480