

p-ISSN: 2962-4738 e-ISSN: 2962-4584

Vol. 2 No. 9 September 2023

ANALISIS STAND-UP TIME SERTA PENENTUAN METODE PENGGALIAN DAN SISTEM PENYANGGA PADA AREA PRA-PERENCANAAN TEROWONGAN

Desron Irvantoni Simbolon, Tommy Trides, Revia Oktaviani, Harjuni Hasan, Albertus Juvensius Pontus

Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman

Email: irvantonisimbolon14@gmail.com

Abstrak

Studi karakterisasi massa batuan yang digunakan pada daerah penelitian ini yaitu dengan menggunakan klasifikasi Rock Mass Rating (RMR) dengan tujuan untuk mengetahui kualitas massa batuan sehingga dapat ditentukan nilai Stand-up Time batuan serta metode penggalian dan jenis penyangga yang tepat di daerah perencanaan terowongan tersebut. Nilai RMR dan kualitas massa batuan pada lokasi penelitian yaitu pada lokasi I yaitu 50 (batuan sedang), lokasi II yaitu 57 (batuan sedang), lokasi III yaitu 52 (batuan sedang), dan lokasi IV yaitu 48 (batuan sedang). Dari Nilai RMR yang diperoleh singkapan I, II, III, dan IV termasuk dalam kelas kualitas massa batuan III (sedang) sehingga pada perencanaan terowongan tersebut menggunakan metode penggalian Top heading and bench, kemajuan 1.5- 3 meter di top heading, penyangga dipasang setiap setelah dilakukan peledakan, penyanggaannya menggunakan penyangga lengkap yang dipasang 10m dari muka 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. Stand-up time dan span di setiap lokasi singkapan. singkapan I batuan dapat bertahan ± 48 jam atau sekitar 2 hari dengan batas span terowongan yaitu 10,3 m, singkapan II batuan dapat bertahan ± 177 jam atau sekitar 7 hari dengan batas span terowongan 13,6 m, singkapan III batuan dapat bertahan ± 64 jam atau sekitar 2 hari dengan batas span terowongan 11 m, singkapan IV batuan dapat bertahan ± 33 jam atau sekitar 1 hari dengan batas span terowongan yaitu 9,5 m.

Kata Kunci: Metode penggalian, Stand-up Time RMR, Sistem penyangga, Terowongan.

Abstract

The rock mass characterization study used in this research area is by using the Rock Mass Rating (RMR) classification with the aim of knowing the quality of the rock mass so that recommendations for excavation methods and types of supports can be determined that are appropriate in the tunnel planning area. The RMR value and rock mass quality at the study site were location I, which was 50 (medium rock), location II, which was 57 (Medium rock), location III, which was 52 (medium rock), and location IV, which was 48 (medium rock). From the RMR values obtained outcrops I, II, III, and IV are included in rock mass quality class III (moderate) so that in planning the tunnel using the Top heading and bench excavation method, progress of 1.5-3 meters in the top heading, supports are installed every after blasting, the support uses a complete support which is installed 10m from the work face. The recommended support method is systematically installing 4 m long rockbolts, spacing between bolts 1.5 – 2.00 m on the roof of the wall and adding wiremesh on the roof, the recommended shotcrete thickness is 5.00 – 100.00 mm on the roof and 30.00 mm on the

wall. Stand-up times and ranges at each outcrop location. rock outcrop I can last ± 48 hours or about 2 days with a tunnel span limit of 10.3 m, rock outcrop II can last ± 177 hours or about 7 days with a tunnel span limit of 13.6 m, rock outcrop III can last ± 64 hours or about 2 days with a tunnel span limit of 11 m, IV rock outcrops can last ± 33 hours or about 1 day with a tunnel span limit of 9.5 m.

Keywords: *Excavation method, RMR, Stand-up Time Support system, Tunnel.*

PENDAHULUAN

Karakterisasi massa batuan sangat diperlukan dalam suatu rancangan terowongan karena dalam perhitungan sifat-sifat teknis dari massa batuan menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Nilai dari RMR suatu batuan dapat digunakan dalam analisis pembangunan terowongan dan analisis kestabilan lereng pad portal terowongan (Syaeful & kamajati, 2015).

Kondisi batuan secara umum di wilayah Gunung Manggah adalah berupa batupasir dan batulanau dengan banyak bidang diskontinuitas yang secara geologi teknik merupakan batuan yang relatif lemah dan bidang diskontinuitas menjadi bidang lemah yang kemungkinan terjadi longsor sangat tinggi. Sehingga untuk dibangun terowongan pada wilayah tersebut sangat diperlukan studi geologi teknik yang rinci (Wicaksana et al., 2018).

Penelitian tentang karakterisasi massa batuan di Gunung manggah, Samarinda sudah pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Faisal, 2022) dimana penelitian tersebut membahas tentang karakterisasi massa batuan dengan menggunakan metode Q-system.

Sistem Rock Mass Rating (RMR) atau sering juga dikenal sebagai Geomechanics Classification telah dimodifikasi berulang kali begitu informasi baru dari studi-studi kasus diperoleh dan menjadikannya sesuai dengan International Standard dan prosedur (Murad et al ., 2018).

Klasifikasi Rock Mass Rating digunakan untuk menentukan kualitas massa batuan berdasarkan 6 parameter, yakni kuat tekan batuan utuh (UCS), Rock Quality Designation (RQD), Jarak antar kekar, Kondis kekar, Kondisi air tanah, Orientasi bidang kekar (Sutanti et al., 2016).

Terowongan adalah suatu lorong tertutup yang menghubungkan dua sisi terbuka seperti terowongan saluran air, terowongan jalan raya, terowongan jalan kereta api dan lain-lain atau menghubungkan satu sisi terbuka seperti terowongan pada pekerjaan tambang (Arif, Irwandy. 2016)

Stand-up Time dan Span merupakan lama waktunya batuan dapat bertahan tanpa penyangga dengan jarak kemajuan terowongan tertentu. Nilai stand-up time dan span pada terowongan dapat diketahui dengan memasukkan total bobot RMR ke dalam grafik hubungan nilai RMR, stand up time dan span.

Metode penggalian merupakan suatu metode konstruksi yang ditentukan oleh pembagian dari setiap tahapan penggalian. Dalam penggalian terowongan ada beberapa metode yang umum digunakan, akan tetapi metode penggalian terowongan yang akan dipilih disesuaikan oleh keadaan alam sekitar dengan segala pertimbangan dan analisis (Faisal, Achmad. 2022).

Metode full face adalah suatu cara dimana seluruh penampang terowongan digali secara bersamaan. Metode "Heading" and "Bench" adalah cara penggalian dimana bagian atas penampang terowongan digali terlebih dahulu sebelum bagian bawah penampangnya (Faisal, Achmad. 2022).

Supporting System atau sistem penyangga merupakan metode untuk menahan massa batuan pada sebuah terowongan, baik massa batuan dari bagian atas terowongan maupun pada bagian samping terowongan (Sutanti et al., 2016).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Gunung Manggah, Selili, kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi Penelitian berada dititik koordinat yang telah ditentukan oleh pemerintah kota Samarinda dalam perencanaan pembangunan terowongan. Titik inlet (X= 518349, Y= 9943384) titik outlet (X=517713, Y=9943894). Untuk dapat mencapai lokasi penelitian dapat diakses melalui jalan darat dari kampus Universitas Mulawarman Gunung Kelua dengan waktu tempuh ± 20 menit dengan menggunakan kendaraan roda dua.

Kondisi batuan secara umum di wilayah Gunung Manggah adalah berupa batupasir dan batulanau dengan banyak bidang diskontinuitas yang secara geologi teknik merupakan batuan yang relatif lemah dan

bidang diskontinuitas menjadi bidang lemah yang kemungkinan terjadi longsor sangat tinggi. Sehingga untuk dibangun terowongan pada wilayah tersebut sangat diperlukan studi geologi teknik yang rinci.

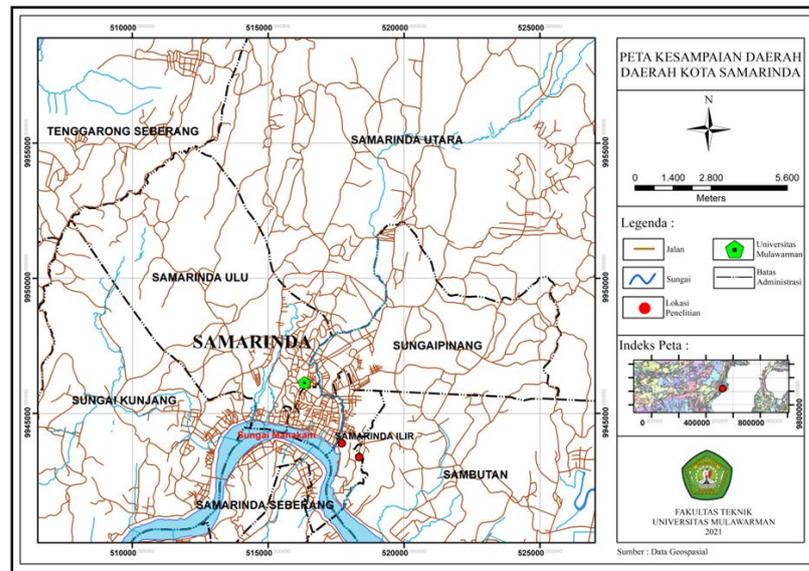
Pada penelitian ini diawali dengan observasi lapangan, proses pengambilan data diawali dengan pengambilan data titik koordinat dengan menggunakan GPS. Terdapat 4 singkapan batuan di sekitar rencana pembangunan terowongan yang akan dijadikan sebagai tempat pengambilan data *Rock Mass Rating* (RMR).

Tabel 1. K-ordinat lokasi singkapan batuan

Singkapan	Kordinat	
	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)
1	518127	9943414
2	518113	9943414
3	518101	9943617
4	518323	9943501

Pengambilan data *Rock Mass Rating* (RMR) di daerah penelitian memperhitungkan enam parameter yaitu pengambilan sampel batuan yang akan di uji di laboratorim menggunakan alat uji kuat tekan untuk mencari nilai kuat tekan batuan, *Rock Quality Designation* (RQD), jarak antar kekar, kondisi kekar, kondisi air tanah, dan arah orientasi kekar.

Pengukuran dan pengambilan data di lokasi singkapan menggunakan metode *scanline*. Pada pengukuran ini ada beberapa data yang diambil yaitu *Strike/dip* Lereng, *Strike/dip Scanline*, Panjang *Scanline*, Nomor kekar, *Strike/dip* kekar, Jarak antar kekar, kondisi kekar, kondisi air tanah, Panjang & Lebar kekar. singkapan 1 , diperoleh *Strike/dip* singkapan N 45°E / 64° dan Panjang *scanline* 5 meter. singkapan 2 , diperoleh *Strike/dip* singkapan N 30°E / 54° dan Panjang *scanline* 30 meter. singkapan 3 , diperoleh *Strike/dip* singkapan N 20°E / 46° dan Panjang *scanline* 10 meter. singkapan 4 , diperoleh *Strike/dip* singkapan N 19°E / 48° dan Panjang *scanline* 17 meter.



Gambar 1. Peta kesampain daerah lokasi penelitian

Tabel 2. Parameter dan pembobotan RMR (Bieniawski, 1989)

Parameter		Selang nilai								
1	kuat tekan batuan	PLI (Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	gunakan nilai UCS			
		UCS (Mpa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1-5	<1	
	bobot	15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25-50	<25				
	bobot	20	17	13	8	3				
3	jarak antar kekar	>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0.06m				
	bobot	20	15	10	8	5				
4	panjang diskontinuitas (<i>persistence/continuity</i>)	<1m	1 - 3m	3-10m	10-20m	>20m				
		bobot	6	4	2	1	0			
	lebar permukaan diskontinuitas (<i>separation/aperture</i>)	tidak ada	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm				
bobot		6	5	4	1	0				
4	kekasaran diskontinuitas (<i>roughness</i>)	sangat kasar	kasar	sedikit kasar	halus	licin (<i>slickensided</i>)				
		bobot	6	5	3	1	0			
	material pengisi (<i>infilling/gouge</i>)	tidak ada		<5mm (keras)	>5mm (keras)	<5mm (lunak)	>5mm (lunak)			
bobot		6		4	2	2	0			
4	kelapukan (<i>weathering</i>)	tidak lapuk	sedikit lapuk	lapuk	sangat lapuk	hancur				
		bobot	6	5	3	1	0			
5	kondisi air tanah	aliran per 10 m panjang singkapan (lt/ men)	kosong	<10	10 - 25	25-125	>125			

tekanan tegangan major	air/ utama	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5
kondisi umum		kering (<i>completely dry</i>)	lembab (<i>damp</i>)	basah (<i>wet</i>)	netes (<i>dripping</i>)	mengalir (<i>flowing</i>)
bobot		15	10	7	4	0

Tabel 3. Pengaruh orientasi kekar dalam pembuatan terowongan dan penggalian (Bieniawski, 1989)

Pengaruh jurus & kemiringan kekar untuk penerowongan						
Jurus tegak lurus sumbu terowongan				Jurus paralel sumbu terowongan		
Galian/kemiringan		Galian\kemiringan		Jurus paralel sumbu terowongan		Tidak tergantung jurus
<i>Dip</i>	<i>Dip</i>	<i>Dip</i>	<i>Dip</i>	<i>Dip</i>	<i>Dip</i>	<i>Dip</i>
45 – 90°	20 – 45°	45 – 90°	20 – 45°	45 – 90°	20 – 45°	0 – 20°
Sangat menguntungkan	Menguntungkan	Sedang	Tidak menguntungkan	Sangat tidak menguntungkan	Sedang	Tidak menguntungkan

Tabel 4. Peubah bobot orientasi kekar

Orientasi jurus dan kemiringan kekar		Sangat menguntungkan	Menguntungkan	Sedang	Tidak menguntungkan	Sangat tidak menguntungkan
Pembobotan	Terowongan	0	-2	-5	-10	-12
	Pondasi	0	-2	-2	-15	-25
	Lereng	0	-5	-25	-50	-60

Tabel 5. Hubungan nilai RMR dengan kualitas massa batuan

Nilai RMR	Kualitas Massa Batuan
81-100	Sangat Baik
61-80	Baik
41-60	Sedang
21-40	Buruk
<20	Sangat buruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rock mass rating system (RMR)

Rock Mass Rating didapat dari penjumlahan dari seluruh bobot parameter massa batuan yang diperoleh dari lokasi penelitian. pengujian dan pengamatan dilapangan selanjutnya akan diolah berdasarkan parameter RMR. hasil pengolahan data tersebut akan dilakukan pembobotan berdasarkan pembobotan parameter RMR yang sudah ditentukan. Nilai RMR yang diperoleh dari hasil penjumlahan bobot parameter selanjutnya dilakukan pengklasifikasian massa batuan.

Kuat tekan batuan (UCS)

Pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mencari nilai kuat tekan pada batuan, ketika batuan tersebut diberikan tegangan. Nilai kuat tekan batuan, ditunjukkan dari hasil nilai tertinggi tepat sebelum batuan mengalami keruntuhan. Dari pengujian sampel batuan didapat nilai kuat tekan batuan dan nilai pembobotan tiap singkapan seperti berikut.

Tabel 6. Nilai kuat tekan batuan

Singkapan	Nilai (Mpa)	Ucs	Rata-Rata (Mpa)	UCS
I	5,31		5,58	
	5,71			
	5,71			
II	7,48		6,63	
	6,89			
	5,51			
III	8,46		6,89	
	6,3			
	5,91			
IV	3,73		2,56	
	2,76			
	1,18			

Tabel 7. Bobot nilai kuat tekan batuan

Singkapan	bobot	deskripsi
I	2	lemah (<i>weak</i>)
II	2	lemah (<i>weak</i>)
III	2	lemah (<i>weak</i>)
IV	1	sangat lemah (<i>very weak</i>)

Dari nilai rata-rata UCS yang sudah didapatkan, nilai UCS Singkapan I diperoleh sebesar 5,58 Mpa, Singkapan II sebesar 6,63 Mpa, Singkapan III sebesar 6,89 Mpa, dan Singkapan IV sebesar 2,56 Mpa. Dari tabel pembobotan kuat tekan batuan tiap singkapan, didapatkan nilai pembobotan kuat tekan batuan singkapan I, II, III yaitu 2 (dua) dengan kategori batuan lemah (*weak*) dan singkapan IV yaitu 1 (satu) dengan kategori batuan sangat lemah (*very weak*).

Rock Quality Designation (RQD)

Nilai *Rock Quality Designation* dihitung secara tidak langsung dengan melakukan pengamatan pada singkapan batuan dengan membuat suatu garis yang dibentangkan (*scanline*). *Scanline* pada penelitian ini terdapat 4 lokasi singkapan batupasir. Nilai *Rock Quality Designation* dari masing- masing singkapan dan pembobotannya seperti berikut

Tabel 8. Nilai RQD dan nilai pembobotan

Lokasi	RQD (%)	Bobot	Deskripsi
I	98,48	20	Sangat Baik
II	98,75	20	Sangat Baik
III	99,15	20	Sangat Baik
IV	99,75	20	Sangat Baik

Dari hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan nilai RQD Singkapan I diperoleh sebesar 98,48%, singkapan II sebesar 98,75%, Singkapan III sebesar 99,15%, dan Singkapan IV sebesar 99,75%. Berdasarkan tabel pembobotan nilai RQD, didapatkan nilai pembobotan RQD tiap lokasi singkapan memiliki bobot yang sama yaitu 20. Berdasarkan klasifikasi massa batuan RQD, kualitas batuan di daerah penelitian secara umum tergolong sangat baik. Nilai RQD menentukan kualitas dari massa batuan yang dilihat dari banyaknya diskontinuitas pada tiap satu meter dari sacanline. Semakin tinggi nilai RQD maka semakin baik kualitas massa batuanya.

Jarak antar kekar

Jarak antar kekar adalah jarak tegak lurus antar kekar yang dapat dihitung secara langsung di lapangan. Berdasarkan pengukuran di lapangan menggunakan alat ukur berupa meteran didapatkan data rata-rata jarak kekar dan pembobotannya seperti berikut.

Tabel 9. Jarak antar kekar dan pembobotan

Lokasi	Rata-Rata Antar Kekar (M)	Jarak	Bobot	Deskripsi
1	0,54		10	Sedang
2	0,6		15	Lebar
3	0,73		15	Lebar
4	1,38		15	Lebar

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh rata-rata spasi bidang diskontinu tiap singkapan. Pada singkapan I diperoleh sebesar 0,54 m, Singkapan II diperoleh sebesar 0,60 m, Singkapan III diperoleh sebesar 0,73 m, Singkapan IV diperoleh sebesar 1,38 m. Dari tabel 4.12 diatas dapat dilihat nilai bobot spasi bidang diskontinu pada singkapan I dengan deskripsi sedang (*moderate*) mempunyai bobot 10, singkapan II yaitu memiliki deskripsi lebar (*wide*) dengan nilai bobot 15, singkapan III dengan deskripsi lebar (*wide*) mempunyai bobot 15, singkapan IV dengan deskripsi lebar (*wide*) mempunyai bobot 15. Berdasarkan tabel RMR Bieniawski 1989 menyebutkan bahwa semakin tinggi jarak antar kekar, maka semakin baik kualitas massa batuan dikarenakan semakin sedikit jumlah kekar yang ada dalam massa batuan.

Kondisi kekar

Kondisi bidang diskontinuitas terdiri dari Panjang bidang diskontinu (*continuity*), lebar bidang diskontinu (*separation*), kekasaran bidang diskontinu (*roughnes*), material pengisi (*infiling*), dan tingkat pelapukan (*weathering*).

Tabel 10. Kondisi kekar singkapan

Deskripsi	Singkapan I	Singkapan II	Singkapan III	Singkapan IV
<i>continuity</i> (m)	0,55	0,63	0,78	0,62

<i>separation</i> (mm)	3,44	3,4	1,42	3,42
<i>roughness</i>	halus	Sedikit kasar	Halus	halus
<i>infiltration</i>	ada, material lunak <5mm	Keras < 5mm	ada, material lunak >5mm	ada, material lunak > 5mm
<i>weathering</i>	Sedikit lapuk	lapuk	sedikit lapuk	hancur

Tabel 11. Nilai pembobotan kondisi kekar

Kondisi kekar	Singkapan			
	I	II	III	IV
<i>Continuity</i>	6	6	6	6
<i>separation</i>	1	1	1	1
<i>Roughness</i>	1	3	1	1
<i>infiltration</i>	2	4	1	1
<i>Weathering</i>	5	3	3	0
Bobot	15	17	12	9

Dari hasil penelitian diperoleh nilai continuity Singkapan I sebesar 0,55 m, Singkapan II sebesar 0,63 m, Singkapan III sebesar 0,78 m, dan Singkapan IV sebesar 0,62 m. nilai bobot continuity tiap singkapan secara umum diperoleh sebesar 6. nilai *separation* Singkapan I sebesar 3,44 mm, Singkapan II sebesar 3,40 mm, Singkapan III sebesar 1,42 mm, dan Singkapan IV sebesar 3,42 mm dengan nilai bobot untuk tiap Singkapan secara umum diperoleh sebesar 1. Kekasaran Permukaan bidang diskontinu pada Singkapan I, Singkapan III, dan Singkapan IV relatif halus dan pada Singkapan II relatif sedikit kasar sehingga diperoleh nilai bobot untuk Singkapan I, III, dan IV sebesar 1 dan nilai bobot untuk singkapan II diperoleh 3. pada Singkapan I terdapat material lunak < 5 mm, pada Singkapan II terdapat material pengisi keras < 5 mm, pada Singkapan III dan Singkapan IV terdapat material pengisi lunak > 5 mm. sehingga diperoleh nilai bobot infiltration pada Singkapan I sebesar 2, Singkapan II sebesar 4, Singkapan III dan IV sebesar 2. Pada penelitian ini tiap lokasi singkapan mengalami pelapukan ditandai dengan adanya perubahan warna di Sebagian batuan. pada Singkapan I mengalami tingkat pelapukan sedikit lapuk, Singkapan II relatif lapuk, Singkapan III relatif sedikit lapuk dan pada singkapan IV relatif hancur. Sehingga diperoleh nilai bobot pada singkapan I sebesar 5, pada singkapan II sebesar 3, singkapan III sebesar 3 dan Singkapan IV sebesar 0. Berdasarkan hasil pembobotan kondisi bidang diskontinu diatas pada Singkapan I diperoleh bobot total sebesar 15, Singkapan II diperoleh bobot total 17, Singkapan III diperoleh bobot total sebesar 13, dan Singkapan IV diperoleh bobot total sebesar 9.

Kondisi air tanah

Penelitian kondisi air tanah ini diperkirakan dengan cara mendeskripsikan gambaran secara umum mengenai kondisi air tanah dengan parameter yaitu kering, lembab, berair, basah, atau mengalir.

Tabel 12. kondisi air tanah dan pembobotan

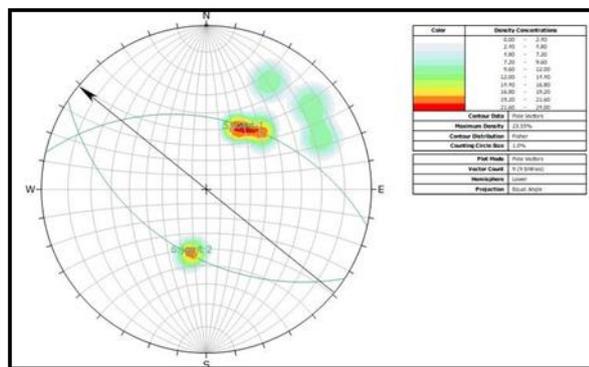
Singkapan	Kondisi air tanah	Bobot
I	Kering	15
II	Kering	15

III	Kering	15
IV	Kering	15

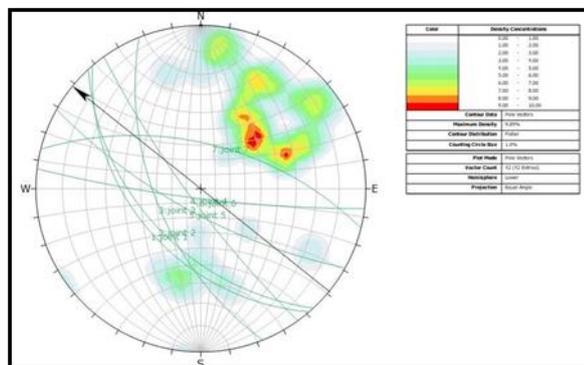
Berdasarkan tabel pembobotan kondisi umum air tanah diatas dapat disimpulkan bahwa singkapan I, singkapan II, singkapan III, dan singkapan IV. dengan kondisi umum air tanah kering didapatkan nilai bobot sebesar 15.

Orientasi bidang diskontinu

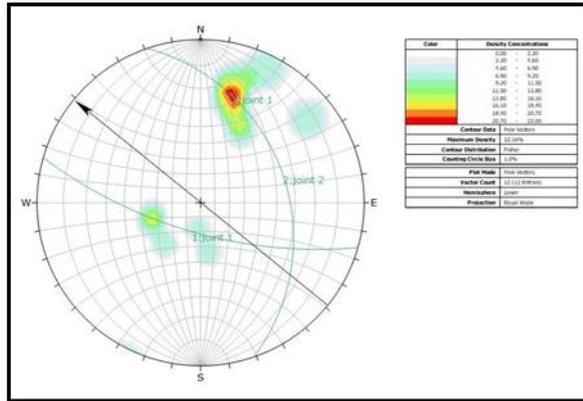
orientasi (arah dan kemiringan) bidang diskontinu dianalisis dengan menggunakan bantuan *software Dips*. pada singkapan I terdapat 9 data kekar, Singkapan II terdapat 42 data kekar, Singkapan III terdapat 12 data kekar, dan Singkapan IV terdapat 12 data kekar dan arah sumbu terowongan 309° dari arah utara. Hasil analisis orientasi bidang diskontinu terhadap arah sumbu terowongan tiap singkapan seperti berikut ini.



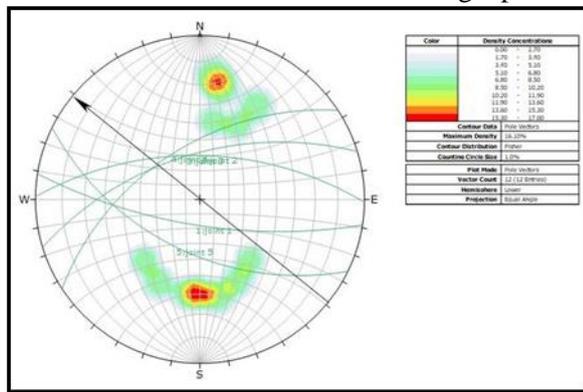
Gambar 2. Arah orientasi singkapan I



Gambar 3. Arah orientasi kekar singkapan II



Gambar 4. Arah orientasi kekar singkapan III



Gambar 5. Arah orientasi kekar singkapan IV

Berdasarkan gambar diatas didapatkan hasil arah orientasi kekar tiap singkapan. Arah orientasi kekar singkapan I (Gambar 2) searah dengan sumbu terowongan dengan *Dips* 47°, arah orientasi kekar singkapan II (Gambar 3) searah dengan sumbu terowongan dengan *Dips* 81°, arah orientasi kekar singkapan III (Gambar 4) searah dengan sumbu terowongan dengan *Dips* 68°, dan arah orientasi kekar singkapan IV (Gambar 5) searah dengan sumbu terowongan dengan *Dips* 71°. Nilai bobot arah orientasi kekar seperti berikut

Tabel 13. pembobotan arah orientasi kekar

Singkapan	Bobot
I	-12
II	-12
III	-12
IV	-12

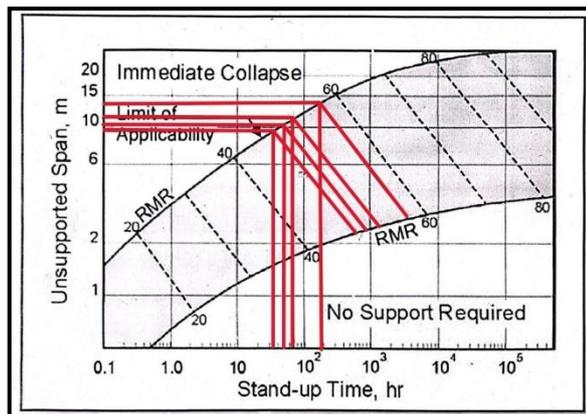
Dari hasil pembobotan arah orientasi kekar tiap singkapan, Pada singkapan I diperoleh bobot -12, singkapan II diperoleh bobot -12, singkapan III diperoleh bobot -12, dan singkapan IV diperoleh bobot -12.

Tabel 14. Nilai RMR tiap singkapan

Parameter	Pembobotan tiap singkapan			
	I	II	III	IV
Kuat Tekan (UCS)	2	2	2	1

RQD	20	20	20	20
Jarak antar kekar	10	15	15	15
Kondisi kekar	<i>Persistence</i>	6	6	6
	<i>Aperture</i>	1	1	1
	<i>Roughness</i>	1	3	1
	<i>Gouge</i>	2	4	1
	<i>Weathering</i>	5	3	3
Kondisi air tanah	15	15	15	15
Arah orientasi kekar	-12	-12	-12	-12
Jumlah pembobotan	50	57	52	48
Kelas massa batuan	III	III	III	III
	SEDANG	SEDANG	SEDANG	SEDANG

Stand-up Time dan *Span* merupakan lama waktunya batuan dapat bertahan tanpa penyangga dengan jarak kemajuan terowongan tertentu. Nilai *stand-up time* dan *span* pada terowongan dapat diketahui dengan memasukkan total bobot RMR ke dalam grafik hubungan nilai RMR, *stand up time* dan *span*. Analisis nilai *stand-up time* dan *span* pada grafik tiap singkapan menggunakan nilai RMR 50, RMR 57, RMR 50, dan RMR 48 dengan rencana tinggi dan lebar terowongan 15 x 15 meter



Gambar 6. Grafik Stand-Up Time Singkapan

. Berdasarkan grafik diperoleh nilai *stand-up time* dan *span* di setiap lokasi singkapan. singkapan I dengan RMR 50 batuan dapat bertahan ± 48 jam atau sekitar 2 hari dengan batas maksimum bukaan terowongan yaitu 10,3 m, singkapan II dengan RMR 57 batuan dapat bertahan ± 177 jam atau sekitar 7 hari dengan batas maksimum bukaan terowongan 13,6 m, singkapan 3 dengan RMR 52 batuan dapat bertahan ± 64 jam atau sekitar 2 hari dengan batas maksimum bukaan terowongan 11 m, singkapan IV dengan RMR 48 batuan dapat bertahan ± 33 jam atau sekitar 1 hari dengan batas maksimum bukaan terowongan yaitu 9,5 m.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan Nilai RMR dan kualitas massa batuan pada lokasi I yaitu 50 (batuan sedang), lokasi II yaitu 57 (batuan sedang), lokasi III yaitu 52 (batuan sedang), dan lokasi IV yaitu 48 (batuan sedang).karakterisasi massa batuan di daerah perencanaan terowongan gunung Manga secara umum termasuk kedalam kelas batuan III yaitu kualitas massa batuan sedang (Medium rock) sehingga rekomendasi metode penggalian dan system penyangga yang tepat berdasarkan biewniawski 1984, seperti tabel berikut ini.

Tabel 15. Rekomendasi metode penggalian dan system penyangga menggunakan RMR (Bieniawski, 1984)

Metode penggalian	Sistem penyangga
-------------------	------------------

Kelas batuan	massa	<i>Rockbolt</i>	<i>Shotcrete</i>	<i>Steel sets</i>
Batuan sedang (III) RMR : 41 - 60	<i>Top heading and bench</i> , kemajuan 1.5- 3 meter di <i>top heading</i> , penyangga` dipasang setiap setelah peledakan, penyangga lengkap 10 m dari muka.	Sistematik <i>bolt</i> panjang 4 m, spasi 1.5 - 2 m di atap dan dinding dengan <i>wire mesh</i> di atap.	50 - 100 mm di atap dan 30 mm di dinding.	Tidak perlu

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan Nilai RMR dan kualitas massa batuan pada lokasi I yaitu 50 (batuan sedang), lokasi II yaitu 57 (batuan sedang), lokasi III yaitu 52 (batuan sedang), dan lokasi IV yaitu 48 (batuan sedang). Karakterisasi massa batuan di daerah perencanaan terowongan gunung Mangga secara umum termasuk kedalam kelas batuan III yaitu kualitas massa batuan sedang (Medium rock) sehingga rekomendasi metode penggalian dan system penyangga yang tepat berdasarkan hasil penelitian ini adalah menggunakan metode penggalian *Top heading and bench*, kemajuan 1.5- 3 meter di *top heading*, penyangga` dipasang setiap setelah dilakukan peledakan, penyanggaannya menggunakan penyangga lengkap yang dipasang 10m dari muka kerja. Metode Penyanggaan yang direkomendasikan dengan pemasangan rockbolts yang panjangnya 4 m secara sistematik, 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. Stand-up time dan span di setiap lokasi singkapan. Singkapan I batuan dapat bertahan ± 48 jam atau sekitar 2 hari dengan batas span terowongan yaitu 10,3 m, singkapan II batuan dapat bertahan ± 177 jam atau sekitar 7 hari dengan batas span terowongan 13,6 m, singkapan III batuan dapat bertahan ± 64 jam atau sekitar 2 hari dengan batas span terowongan 11 m, singkapan IV batuan dapat bertahan ± 33 jam atau sekitar 1 hari dengan batas span terowongan yaitu 9,5 m.

BIBLIOGRAFI

- Faisal, Achmad. 2022. Analisis kestabilan batuan pada rencana pembangunan terowongan dengan elemen hingga dan (*Q-SYSTEM*) di kota samarinda. Jurnal social dan teknologi (SOSTECH)
- Lambiase, J. J., & Husein, S. (2015). *The Modern Mahakam Delta: An Analogue for Transgressive-Phase Deltaic Sandstone Reservoirs on Low Energy Coastlines. Journal of Sedimentary Research*, 83.
- MS, Murad., Sulistia Ningsih, Indah. 2018. Analisis Kuat Tekan Terhadap Waktu Stand-Up C1-G Pertambangan Bawah Tanah PT. Nal Sawahlunto Sumatera Barat. Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 18 juni. Universitas Negeri Padang, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.
- Sutanti, Ambar., Wijaya, Pawitra. 2016. Rancangan Teknis Penyanggaan Berdasarkan Kelas Massa Batuan Dengan Menggunakan Metode RMR dan *Q-System* di Terowongan Gudang Handak dan Pasir Jawa UBE Pongkor PT. Aneka Tambang Persero Tbk. Jurnal Prosidang Seminar Nasional XIX "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Syaeful, H & Kamajati, D., 2015. Analisis Karakteristik Massa Batuan di Sektor Lemajung, Kalan, Kalimantan Barat. Jurnal Online BATAN, Vol. 36, No.1.
- Wicaksana, C. Y., Suprijanto, H., & Cahya, E. N. (2018). Studi Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Lubuk Ambacang Kecamatan Hulu Kuantan Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan
- Arif, Irwandy. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.