

# Analisis Kestabilan Lubang Bukaan Tambang Bawah Tanah Berdasarkan Klasifikasi Geomekanika (RMR-System) Site D.25 Lokasi III PT. Dasrat Sarana Arang Sejati, Parambahan, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto

Ari Ardila<sup>1\*</sup>, Bambang Heriyadi<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

\*[ariardilaa@gmail.com](mailto:ariardilaa@gmail.com)

\*\*[bambangh@ft.unp.ac.id](mailto:bambangh@ft.unp.ac.id)

**Abstract.** *From the measurement of several parameters of the RMR method that has been carried out, at Site D.25 Location III for siltstone is in class III (fair rock) with an RMR value of 57 with Stand Up Time is 1200 hours or 50 days with a planned production advance hole width of 3 meters, and coal is in class III (fair rock) with an RMR value of 51 with a Stand Up Time of 600 hours or 25 days with a planned production advance pit width of 3 meters. Based on the RMR weighting data then: if using rock bolt (20 mm diameter fully grouted) with a length of 4 m and a spacing of 1.5-2 m on the walls and roof then add the installation of wire mesh, shotcrete thickness of 50-100 mm on the roof and 30 mm on the wall. If using wood reinforcement, then for the reinforcement of the opening holes, a recommendation for a support system that should be applied to optimize the support to be safe and profitable is obtained, namely with a wood diameter of 20 cm, a distance between supports of 1.5 m and FK 1.5.*

**Keywords:** *Tunnel, Rock Mass Rating, Geotechnical, Wooden Support, Safety Factor*

## 1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan pada tambang bawah tanah memiliki resiko yang sangat tinggi bagi para pekerja tambang sehingga sangat diperlukan suatu penanganan yang hati-hati dalam pengerjaannya. Pembongkaran batuan yang dilakukan akan berpengaruh langsung terhadap kekuatan dan bentuk batuan yang dibongkar, oleh karena itu batuan tersebut akan mencari keseimbangan baru setelah adanya perlakuan yang diberikan kepadanya. Dengan sifat alami yang dimiliki batuan tersebut maka batuan akan mencari bidang bebas untuk berdeformasi dan memungkinkan tercapainya suatu keseimbangan yang baru, yang mana perilaku ini ditunjukkan dengan adanya perpindahan pada dinding dan atap lubang bukaan, terjadinya longsoran atau ambrukan pada lubang bukaan.

P.T Dasrat Sarana Arang Sejati berada di Parambahan, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Yang mana pada daerah tersebut terdapat cekungan ombilin yang merupakan formasi pembawa batubara. Selanjutnya apabila dilihat dari peta geologi regional lembar solok oleh Silitongga dan Kaswoto (1995) lokasi penambangan tersebut berada di Formasi Ombilin, terdiri dari lempung gampingan, napal, dan pasir gampingan yang berwarna abu-abu kehitaman, berlapis tipis, dan

mengandung fosil. Umur dari formasi ini diperkirakan Miosen Awal.

Saat melakukan tinjauan ke lapangan penulis menemukan adanya penyangga yang patah titik 334 m dari mulut lubang pada cap, dan pada tiang penyangga lubang bukaan titik 313 m dari mulut lubang seperti pada Gambar, yang mana hal ini disebabkan oleh beban batuan lebih besar dari pada kekuatan kayu sebagai penyangganya.

Dalam menyangga massa batuan pada terowongan. Penyangga yang digunakan oleh perusahaan adalah penyangga kayu dengan bentuk *three piece set*. Sistem penyangga yang diterapkan oleh perusahaan dengan tinggi penyangga 2 m, bagian cap 2 m, dan lebar kaki penyangga 2,5 m, dan jarak antar penyangga 1,5 m. Semakin dalam suatu lubang yang akan digali maka akan memiliki suatu tekanan yang lebih besar dari batuan, dengan diterapkannya jarak antar penyangga yang sama pada setiap titik mengakibatkan dimensi pada lubang bukaan menjadi lebih kecil dari pada dimensi awal, yang mana dimensi pada lubang bukaan menjadi, tinggi penyangga 1.6 m dan lebar kaki penyangga 2 m.

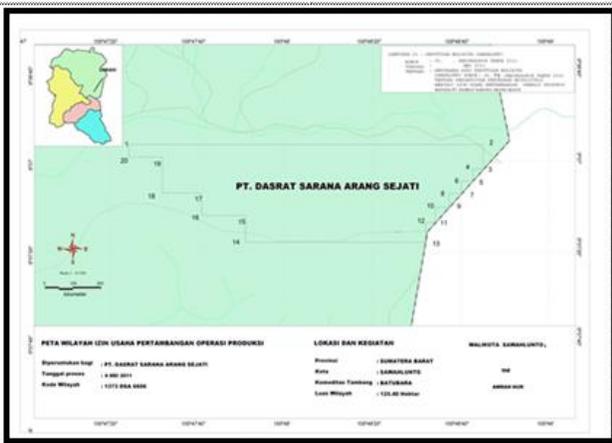
## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Secara administrasi, kegiatan Operasi Produksi Batubara PT. Dasrat Sarana Arang Sejati berada di Parambahan Desa Batu Tanjung Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. Lokasi kegiatan penambangan dapat ditempuh dari Pusat Kota Sawahlunto (Talawi) – simpang napar (± 25 Km jalan Kota beraspal) – Lokasi (± 2,5 Km jalan tanah diperkeras.

Batas Wilayah Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi Batubara PT. Dasrat Sarana Arang Sejati adalah :

- Sebelah Utara : PT. AIC
- Sebelah Selatan : PT. Bukit Asam
- Sebelah barat : PT. Bukit Asam
- Sebelah Timur : Aur Duri



Gambar 1. Peta IUP PT. Dasrat Sarana Arang Sejati

### 2.2. Rock Mass Rating (RMR)

Rock Mass Rating (RMR) atau dikenal dengan *Geomechanics Classification* dikembangkan oleh Bieniawski pada tahun (1973, 1976, dan 1989). Metode klasifikasi ini dengan menggunakan rating yang besarnya didasarkan pada pengalaman Bieniawski dalam mengerjakan proyek- proyek terowongan dangkal.

Tujuan dari sistem RMR adalah untuk mengklasifikasikan kualitas massa batuan dengan menggunakan data permukaan, dalam rangka untuk memandu metode penggalian dan memberikan rekomendasi pendukung kegiatan pertambangan serta rentang yang tidak didukung dan *stand-up time*. Sistem klasifikasi massa batuan dengan RMR dari Bieniawski (1973) menggunakan enam parameter dasar untuk pengklasifikasian dan evaluasi hasil uji. Keenam parameter tersebut membantu perkiraan lebih lanjut hasil analisis stabilitas sampai permasalahan khusus geomekanika batuan, yaitu:

1. Kuat tekan uniaksial batuan utuh
2. Rock Quality Designation (RQD)
3. Spasi bidang diskontinyu
4. Kondisi bidang diskontinyu
5. Kondisi air tanah

### 6. Orientasi bidang diskontinu

Masing-masing dari parameter di atas memiliki nilai pembobotan yang dibuat berdasarkan pengalaman di berbagai lokasi tambang. Bobot-bobot nilai dari setiap parameter tersebut akan dijumlahkan untuk memperoleh bobot total massa batuan. Berikut ini penjelasan mengenai keenam parameter klasifikasi RMR sistem :

#### 2.2.1 Kuat Tekan Batuan Utuh (UCS) dan Point Load Test (PLI)

Kuat tekan batuan utuh dapat diperoleh dari uji kuat tekan uniaksial, Uniaxial Compressive Strength (UCS) dan uji point load, Point Load Test (PLI).

Tabel 1. Identifikasi Kekuatan Material Batuan Utuh – UCS

PLI (Mpa)	UCS (Mpa)	Deskripsi Kualitatif
>10	>250	Sangat kuat sekali
4-10	100-250	Sangat Kuat
2-4	50-100	Kuat
1-2	25-50	Sedang
	5-25	Lemah
	1-5	Sangat lemah
	<1	Sangat lemah sekali

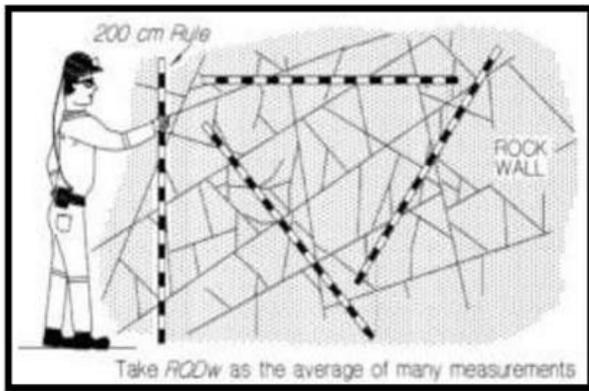
#### 2.2.2 Rock Quality Design

Pada tahun (1989) D.U.Deere memperkenalkan *Rock Quality Design* (RQD) sebagai sebuah petunjuk untuk memperkirakan kualitas dari massa batuan secara kuantitatif. RQD penting untuk digunakan dalam pembobotan massa batuan (*Rock Mass Rating*, RMR) dan pembobotan massa lereng (*Slope Mass Rating*, SMR). RQD didefinisikan sebagai presentase dari bagian inti yang utuh dengan panjang lebih dari 100 mm terhadap total kedalaman lubang bor (*core run*)

Sedangkan Priest, S.D, Hudson (1976) memberikan hubungan antara nilai RQD dengan jarak antar bidang diskontinu yang ada didalam massa batuan atau joint spacing(Js), perhitungan RQD biasa didapat dari perhitungan langsung dari singkapan batuan yang mengalami retakanretakan (baik lapisan batuan maupun kekar atau sesar) dengan persamaan sebagai berikut :

$$RQD = 100 e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \tag{1}$$

\*λ adalah rasio antara jumlah kekar dengan panjang scanline (kekar/meter).



Gambar 2. Prosedur Pengukuran Frekuensi Kekar dengan Menggunakan Scanline

2.2.3 Spasi Diskontinuitas

Spasi bidang diskontinuitas didefinisikan sebagai jarak tegak lurus antara dua diskontinuitas berurutan sepanjang garis pengukuran yang dibuat sembarang

2.2.4 Kondisi Bidang Diskontinuitas

Kondisi bidang diskontinu dapat diperkirakan dengan mengamati beberapa parameter, diantaranya :

- Kemenerusan(Persistence/Continuity)
- Bukaan/rekahan (separation/aperture)
- Kekasaran permukaan bidang diskontinu (roughness)
- Material pengisi (Infilling /gouge)
- Pelapukan (weathering)

2.2.5 Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah ditentukan dengan mengamati atap dan dinding terowongan secara visual. Kemudian kondisi air tanah yang ditemukan dapat dinyatakan sebagai keadaan umum seperti kering (completely dry), lembab (damp), basah (wet), terdapat tetesan air (dripping), atau terdapat aliran air (flowing).

2.2.6 Orientasi Bidang Diskontinu

Koreksi RMR selanjutnya dilakukan berdasarkan arah penggalian terowongan dan orientasi bidang diskontinu yang ada pada lokasi tersebut. Orientasi bidang diskontinu dianggap menguntungkan jika berarah tegak lurus terhadap sumbu terowongan dan akan merugikan jika searah dengan sumbu terowongan. Arah umum biasanya dinyatakan dalam strike/dip atau dip/dipdirection. Kedua nilai ini diperoleh dengan pengukuran menggunakan kompas geologi.

Berdasarkan hasil pembobotan dari identifikasi 6 parameter diatas, hasil dari penjumlahan bobot dari setiap parameter di indikasikan sebagai nilai RMR. Kemudian nilai RMR digunakan untuk menentukan kelas massa batuan dengan menggunakan tabel klasifikasi massa

batuan.

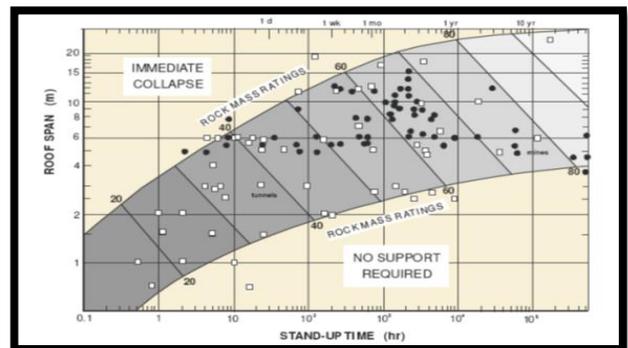
Tabel 2. Kelas Massa Batuan

Parameter	Bobot				
	81 – 100	61 - 80	41 – 60	21 – 40	< 20
Nilai RMR	81 – 100	61 - 80	41 – 60	21 – 40	< 20
Nomor Kelas RMR	I	II	III	IV	V
Nilai GSI	76 – 95	56 - 75	36 – 55	21 – 35	< 20
Kualitas Massa Batuan	Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk

2.3. Analisis Berdasarkan Rock Mass Rating (RMR)

2.3.1 Stand Up Time & Span

Kriteria analisis kestabilan terowongan dapat dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan antara RMR terhadap roof span untuk mengetahui nilai stand-up time dan mengetahui kondisi kestabilan terowongan. Parameter stand-up time dalam mekanika batuan dan desain terowongan mempengaruhi keputusan dalam pemilihan metode perkuatan batuan, dan waktu untuk memasang penyangga batuan. Stand up time bukan merupakan fungsi dari bobot nilai (rating) batuan dan dapat ditentukan dengan memplot nilai RMR dan span pada garafik interpolasi stand up time geomekanik dari grafik yang dapat dilihat pada:



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Stand-up Time dengan Span

2.3.2 Rekomendasi Sistem Penyangga

Rekomendasi sistem penyanggan/ penguatan massa batuan dapat menentukan seberapa panjang terowongan yang aman tanpa disangga dengan waktu swasangganya. Selain itu, Bieniewski juga menentukan jenis, diameter, dan panjang dari baut batuan (rockbolt), jejaring besi (steel set), beton tembak (shotcrete), dan beton cor (concrete), seperti dijelaskan pada tabel di bawah.:

Kelas RMR	Metode Penggalian	Baut Batuan (diameter 20 mm, fully grouted)	Beton Tembak	Stell Set
I	Full face, dengan kemajuan 3 m.	Secara umum tidak membutuhkan penyangga		
II	Full face, dengan kemajuan 1.5 – 3 m. Pemasangan penyang-gaan penuh 20 m dari face	Baut batuan pada atap panjang 3m, spasi 2.5m, dengan penambahan wire mash	50 mm pada atap	Tidak Dibutuhkan
III	Top heading and bench 1.5 - 3 m kemajuan pada top heading, penyangga setelah peledakan. Penyanggaan penuh 10 m dari face	Baut batuan panjang 4 m, spasi 1.5 - 2m pada dinding dan atap,serta pemasangan wire mash	50 - 100mm pada atap, dan 30 mm pada dinding	Tidak Dibutuhkan
IV	Top heading and bench 1 - 1.5 m kemajuan pada top heading Penyanggaan	Baut batuan panjang 4 m, spasi 1 - 1.5 m pada dinding dan atap, serta	100 - 150mm pada atap, 100 mm	Ringan s/d medium dengan spasi 1.5 m

Gambar 4. Rekomendasi Ground Suport berdasarkan Nilai RMR

2.3.3 Estimasi Tinggi Runtuh & Beban Runtuh

Unal (1983), berdasarkan studinya di tambang batubara, membuat suatu korelasi berikut ini untuk memperkirakan tekanan pendukung menggunakan Rock Mass Rating (RMR) pada lubang bukaan dengan atap datar. Persamaan tinggi beban dan besar beban secara vertikal yang terjadi pada lubang bukaan bawah tanah adalah:

a) Tinggi Runtuh (Ht)

$$Ht = \frac{(100-RMR)}{100} \times B \tag{2}$$

b) Beban Runtuh (P<sub>RMR</sub>)

$$P_{RMR} = \frac{(100-RMR)}{100} \times \gamma \times B \tag{3}$$

Keterangan:

Ht = tinggi runtuh

B = lebar terowongan (m)

P<sub>RMR</sub> = beban runtuh = densitas batuan (ton/m3)

3. Metodologi Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Menurut tujuannya penelitian ini termasuk penelitian jenis terapan. Penelitian terapan (applied research) adalah penelitian yang diarahkan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah (Sugiono, 2010). Metode analisis data yang digunakan adalah metode analisis kuantitatif berdasarkan teori perhitungan dan memberikan keluaran yang bersifat kuantitatif atau berbentuk angka.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

3.2.1 Data Primer

- a. Data yang berhubungan langsung dengan geometri lubang bukaan, seperti:
  - 1) Dimensi lubang bukaan aktual lapangan : bentuk, panjang, lebar, dan tinggi
  - 2) Kedalaman Penggalian : jarak lokasi penelitian dari mulut penambangan, kemiringan lantai, dan arah penggalian.
- b. Data yang berhubungan dengan struktur geologi lubang bukaan seperti:
  - 1) Strike dan Dip lapisan batubara
  - 2) Jenis batuan pembatas lapisan batubara
  - 3) Data kondisi diskontinuitas kekar meliputi :
    - a) Dip dan dip Direction kekar diukur menggunakan kompas geologi.
    - b) Persistence dan separation kekar diukur menggunakan meteran.
    - c) Kekasaran, pengisi, pelapukan dan kondisi air tanah diamati langsung secara pengamatan megascopic.
- c. Sampel batuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekaniknya.
 

Dimana pengujian sifat fisik dilakukan untuk menentukan berat isi dari batuan, sementara pengujian sifat mekanik untuk mengetahui besarnya nilai Is dan kuat tekan batuan.
- d. Uji sifat fisik kayu penyangga yang digunakan
 

Mengukur berat jenis penyangga dilakukan dengan mengukur volume sampel dan berat natural sampel untuk mendapatkan berat jenis kayu penyangga kayu.

3.2.2 Data Sekunder

Data Sekunder, Data ini diperoleh dari studi literatur maupun informasi yang ada di perusahaan. Adapun data tersebut meliputi;

- a. IUP Perusahaan.
- b. Data geologi lokasi penambangan.
- c. Litologi perlapisan batubara
- d. Data kualitas batubara.
- e. Layout penambangan Site D.25 Lokasi III

3.3. Teknik Analisis Data

Setelah dilakukan pengambilan data, selanjutnya data tersebut akan diolah dengan proses sebagai berikut:

- 1. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Batuan
  - a. Pengujian sifat fisik dilakukan di Laboratorium Tambang Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang untuk mendapatkan parameter-parameter sifat fisik salah satunya bobot isi batuan.

- b. Pengujian kuat tekan batuan menggunakan alat uji *Point Load*. Pengujian dilakukan dengan *regular test*. Dari uji ini akan didapatkan *point load strenght index* (Is) yang akan menjadi patokan untuk menentukan nilai kuat tekan batuan (UCS) .
- 2. Perhitungan Nilai RMR
 

Proses perhitungan nilai RMR adalah dengan cara mengisi nilai bobot dari parameter-parameter RMR-sistem, yang terdapat pada lembar mapping geoteknik, sesuai dengan kondisi lapangan sebenarnya. Adapun tahapan- tahapan dalam perhitungan nilai RMR tersebut, yaitu:

  - a. Menghitung bobot total dari 6 parameter yang meliputi:
    - 1) *Rock strength*
    - 2) *Rock Quality Designation (RQD)*
    - 3) *Spacing of discontinuitis*
    - 4) *Condition of discontinuity (Pesistance, Aperture, Roughness, Infilling dan Weathering)*
    - 5) *Ground water*
    - 6) Orientasi kekar
  - b. Menghitung nilai kedudukan sumbu terowongan (*axis*) terhadap jurus (*strike*) dan kemiringan (*dip*), dari bidang-bidang kekar berpasangan (*joint set*) yang terdapat pada dinding lubang bukaan.
  - c. Menghitung jumlahkan bobot yang diperoleh dari tahapan a dan b sehingga didapatkan bobot total dan diketahui klasifikasi massa batuan berdasarkan RMR-sistem.
- 3. Menghitung nilai *stand up time* dari massa batuan tersebut dengan nilai span tertentu. Hasil pembobotan nilai RMR nantinya akan di plot ke alam kurva sehingga kita dapat mengetahui *stand up time* dari massa batuan.
- 4. Menghitung beban runtuh batuan menggunakan nilai RMR.
- 5. Menganalisa arah umum *joint* menggunakan program Dips dimana data *joint* yang telah diperoleh akan di input ke program dips. Data yang di input adalah data per domain sehingga diperoleh arah umum nya. Arah umum ini nantinya akan di gunakan kedalam program Unwedge untuk mengetahui baji yang nilai *safety factor* nya kecil dari 1,5.
- 6. Menganalisa baji menggunakan program Unwedge, dilakukan setelah arah umum diketahui, selanjutnya data tersebut di input kedalam program unwedge untuk mengetahui potensi baji yang terbentuk. baji yang tidak stabil adalah baji yang nilai faktor keamanan nya lebih kecil dari 1,5.
- 7. Merekomendasikan jenis penyanggaan berdasarkan penilaian massa bataan dengan RMR system.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Uji Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

#### 4.1.1 Sifat Fisik batuan

Tabel 3. Sifat Fisik Batuan

No	Parameter	Coal	Sillstone
1	Bobot Asli (gr/cm <sup>3</sup> )	1.292	2.318
2	Bobot Jenuh (gr/cm <sup>3</sup> )	1.310	2.373
3	Bobot Kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1.215	2.258
4	Berat Jenis Semu	1.215	2.258
5	Berat Jenis Asli	1.356	2.551
6	Kadar Air Asli (%)	6.293	2.646
7	Air Jenuh (%)	7.950	5.081
8	Derajat Kejenuhan (%)	79.135	51.315
9	Porositas (%)	9.658	11.457
10	Angka Pori	0.106	0.129

#### 4.1.2 Sifat Mekanik Batuan

Tabel 4. Sifat Mekanik Batuan

Sampel	<i>Index Strength Is</i> (Mpa)	Kuat Tekan Uniakcial $\sigma_c$ (Mpa)
Coal	0.44	5.19
Sillstone	0.76	8.98

### 4.2. Klasifikasi Massa Bauan rmr-system

#### 4.2.1 Uji Point Load Indeks

Dari hasil yang didapatkan diperoleh nilai rata-rata untuk nilai *Index Strength* (Is) Batubara adalah sebesar 0.44 Mpa dengan nilai konversi UCS sebesar 5.19 MPa. Dan nilai *Index Strength* (Is) Siltstone adalah 0.69 Mpa dengan nilai konversi UCS sebesar 8.17 Mpa. Jika di input kedalam tabel *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) diperoleh bobot sebesar 2 untuk sillstone dan 2 untuk batubara.

#### 4.2.2 Nilai RQD

Tabel 5. *Rock Quality Designation (RQD)*

Jarak		RQD (%)			
Dari (m)	Ke (m)	Dinding Kiri	Atap	Dinding Kanan	RQD Rata-Rata (%)
0	1	87,15	94,14	87,21	89,5
1	2	85,15	85,28	93,84	88,09
2	3	92,02	94,73	81,98	89,57

3	4	89,02	86,74	88,65	88,13
4	5	88,65	90,97	84,21	87,94
5	6	88,43	91,46	87,74	89,21
6	7	84,38	86,74	86,74	85,95
7	8	88,85	89,55	84,38	87,59
8	9	89,04	88,56	88,49	88,69
9	10	90,79	92,68	92,91	92,12
Nilai RQD Rata-Rata		88,34	90,08	87,61	88,68

Dari hasil pengukuran kekar lapangan dan pengolahan data RQD yang telah dilakukan jika di input ke dalam Tabel 15. *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) diperoleh RQD atap pada lokasi penelitian 90.08% (Bobot 17), RQD dinding kiri pada lokasi penelitian 88.34% (Bobot 13), RQD dinding kanan pada lokasi penelitian 87.61% (Bobot 13)

**4.2.3 Spasi Bidang Diskontinu**

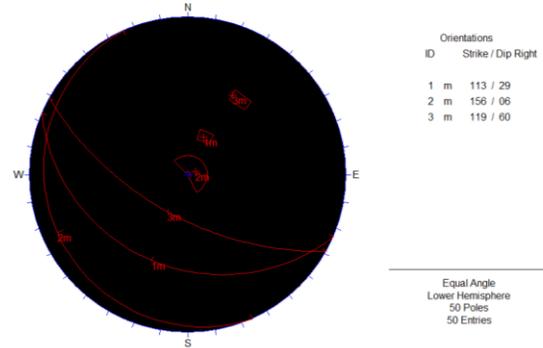
**Tabel 6. Spasi Bidang Diskontinu**

Jarak		Rata-Rata Spasi per meter			
Dari (m)	Ke (m)	Dinding Kiri (m)	Atap (m)	Dinding Kanan (m)	Rata-Rata
0	1	0,16	0,25	0,16	0,19
1	2	0,15	0,14	0,25	0,18
2	3	0,22	0,27	0,13	0,21
3	4	0,18	0,15	0,17	0,17
4	5	0,17	0,2	0,14	0,17
5	6	0,17	0,21	0,17	0,18
6	7	0,14	0,16	0,2	0,17
7	8	0,18	0,18	0,14	0,16
8	9	0,18	0,17	0,17	0,17
9	10	0,19	0,26	0,23	0,23
Rata-Rata		0,17	0,20	0,18	0,18

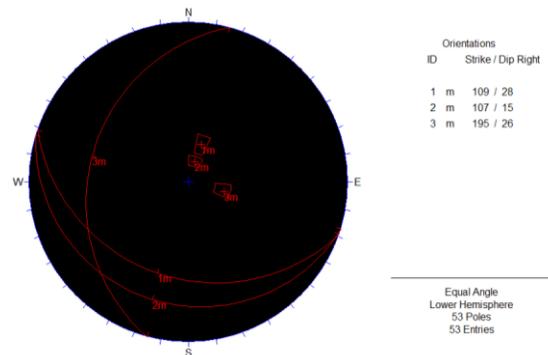
Dari hasil pengukuran kekar lapangan dan pengolahan data spasi bidang diskontinu yang telah dilakukan diperoleh jarak rata – rata antar kekar pada atap sebesar 0,20 m (bobot 10), pada dinding kanan sebesar 0,18 m (bobot 8), pada dinding kiri 0,17 m (bobot 7), karena spasi kekar yang diperoleh tidak berbeda jauh antara dinding dan atap yang artinya kondisi bidang diskontinuitasnya berada pada satu kesatuan, maka jika di input kedalam Tabel 15. *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) halaman 40 dapat diambil kesimpulan bahwa pada lokasi penelitian tergolong rapat (0,06 – 0,2) m.

**4.2.4 Orientasi Kekar**

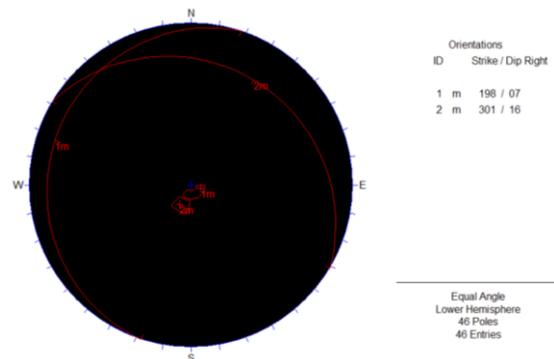
Dari hasil pengolahan data diskontinuitas pada kemajuan 350 menggunakan software DIPS, didapatkan pada bagian atap, dinding kiri dan dinding kanan memiliki kekar dominan yaitu N 113° E / 29°, N 109° E / 28°, N 196° E / 7° dan dengan arah kemajuan terowongan pada N 163° E. dari hasil analisis didapatkan bobot pada dinding kiri dan dinding kanan dan atap -5.



**Gambar 5. Arah Kekar Dominan Atap**



**Gambar 6. Arah Kekar Dominan Dinding Kiri**



**Gambar 7. Arah Kekar Dominan Dinding Kanan**

**4.3. Pembobotan Berdasarkan RMR-System**

**4.3.1 Pembobotan RMR Batuan Atap**

**Tabel 7. Klasifikasi RMR-Sistem Atap**

Parameter Klasifikasi RMR-sistem (Atap)				
No	Parameter	Kondisi	Rating	
1	<i>Rock Strength (UCS)</i>	8.17 Mpa	2	
2	<i>Spacing of Discontinuities</i>	0.20 m	10	
3	<i>Rock Quality Design (RQD)</i>	90.08%	17	
4	<i>Condition</i>	<i>Persistence</i>	0.77 m	6
		<i>Aperature</i>	Sedang (0.1-1.0) mm	4
		<i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	4
		<i>Infiling</i>	None	6
		<i>Weathering</i>	Sedikit Melapuk	3
5	<i>Ground Water</i>	Lembab	10	
6	<i>Strike and dips of Joint set</i>	Sedang	-5	
Total Rating				57
Kelas Massa Batuan				III

**4.3.2 Pembobotan RMR Batuan Dinding Kiri**

**Tabel 8. Klasifikasi RMR-Sistem Dinding Kiri**

Parameter Klasifikasi RMR-sistem (Dinding Kiri)				
No	Parameter	Kondisi	Rating	
1	<i>Rock Strength (UCS)</i>	5.19 Mpa	2	
2	<i>Spacing of Discontinuities</i>	0.17 m	7	
3	<i>Rock Quality Design (RQD)</i>	88.34%	13	
4	<i>Condition</i>	<i>Persistence</i>	0.78 m	6
		<i>Aperature</i>	Sedang (0.1-1.0) mm	4
		<i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	3
		<i>Infiling</i>	None	6
		<i>Weathering</i>	Tidak Melapuk	5
5	<i>Ground Water</i>	Lembab	10	
6	<i>Strike and dips of Joint set</i>	Sedang	-5	
Total Rating				51
Kelas Massa Batuan				III

**4.3.3 Pembobotan RMR Batuan Dinding Kanan**

**Tabel 9. Klasifikasi RMR-Sistem Dinding Kiri**

Parameter Klasifikasi RMR-sistem (Dinding Kanan)				
No	Parameter	Kondisi	Rating	
1	<i>Rock Strength (UCS)</i>	5.19 Mpa	2	
2	<i>Spacing of Discontinuities</i>	0.18 m	18	
3	<i>Rock Quality Design (RQD)</i>	87.61%	13	
4	<i>Condition</i>	<i>Persistence</i>	0.74 m	6
		<i>Aperature</i>	Sedang (0.1-1.0) mm	3
		<i>Roughness</i>	Sedikit Kasar	3
		<i>Infiling</i>	None	6
		<i>Weathering</i>	Sedikit Melapuk	5
5	<i>Ground Water</i>	Lembab	10	
6	<i>Strike and dips of Joint set</i>	Sedang	-5	
Total Rating				51
Kelas Massa Batuan				III

Berdasarkan hasil pembobotan menurut parameter RMR-System (Beniawski, 1989) yang dilakukan pada titik kemajuan 350 – 360 dapat disimpulkan kelas massa batuan pada dinding kiri dan kanan lubang bukaan termasuk dalam batuan kelas III yang merupakan lapisan batubara, dan batuan atap masuk dalam batuan kelas III yang merupakan lapisan Siltstone.

**4.4. Kestabilan Lubang Bukaan Berdasarkan Potensi Keruntuhan Baji**

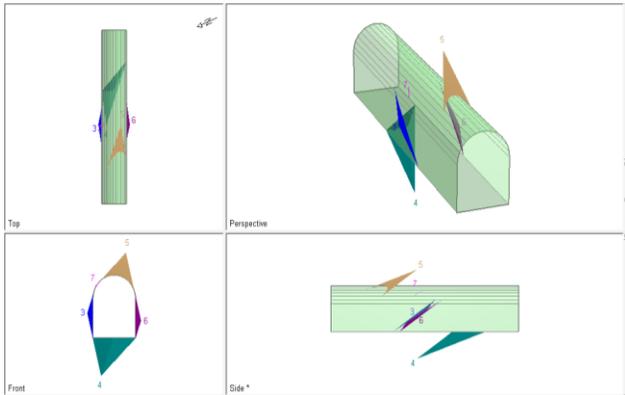
Pengolahan menggunakan Software *Unwedge* dibutuhkan data-data input seperti pada tabel di bawah ini.

**Tabel 10. Input Data Software *Unwedge***

No	Input Data	Keterangan
1	Bentuk Terowongan	Penampang Tapal Kuda
2	Dimensi Terowongan	2.5m x 2m
3	Kemiringan Terowongan	28°
4	Panjang Total Terowongan	363
5	Kedalaman Terowongan	350
6	Bobot Isi	2.3 ton/m <sup>3</sup>
7	Kohesi (c)	0.512 Mpa
8	Sudut Geser Dalam (phi)	24.309

Dari software *Unwedge* akan didapatkan safety factor dan potensi runtuh baji dari parameter yang dimasukkan di

dalam software. Berikut ini merupakan hasil dari pengolahan menggunakan software Unwedge yang dapat dilihat pada gambar Berikut ini.



Gambar 8. Analisis Software Unwedge

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan di software Unwedge didapatkan nilai SF (Safety Factor) dari

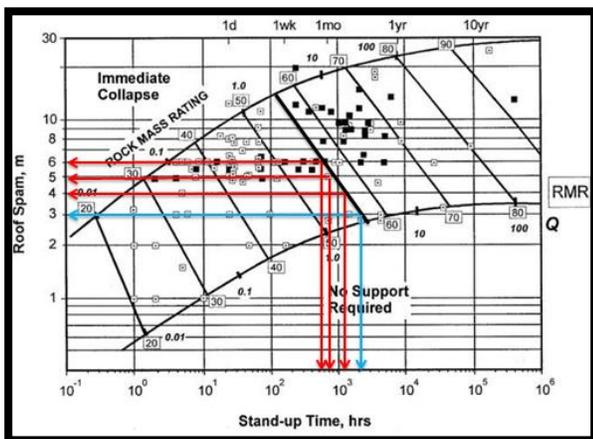
Tabel 11. Nilai FK pada Terowongan

No	Bagian Lubang Bukaannya	SF
1	Floor Wedge	21.426
2	Lowwer Right Wedge	6.663
3	Upper Left Wedge	35.991
4	Roof Wedge	37.074

4.5. Rekomendasi Ground Support Berdasarkan Klasifikasi RMR-System

4.5.1 Nilai spam maximum dan stand up time

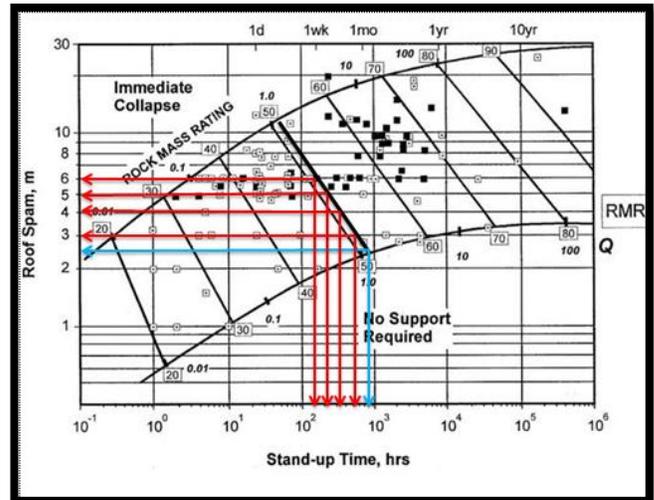
Stand up time dihitung menggunakan grafik hubungan antara stand up time dengan span untuk berbagai massa batuan berdasarkan klasifikasi geomekanik Rock Mass Rating system, Bieniawski (1990).



Tabel 12. Span Maximum dan Stand Up Time Atap

RMR	Span Maximum (m)	Stand Up Time	
		Hours	Days
57	3	1200	50
	4	1050	44
	5	780	33
	6	450	19

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 30 dapat kita simpulkan Span Maximum dan Stand Up Time dari atap lubang bukaan adalah 1200 jam atau 50 Hari dengan lebar rencana lubang maju produksi adalah sebesar 3 meter.



Tabel 13. Span Maximum dan Stand Up Time Dinding Lubang Bukaannya

RMR	Span Maximum (m)	Stand Up Time	
		Hours	Days
51	2.5	900	38
	3	600	25
	4	280	12
	5	160	7
	6	50	2

Berdasarkan hasil analisis pada tabel dapat kita simpulkan Span Maximum dan Stand Up Time dari atap lubang bukaan adalah 600 jam atau 25 Hari dengan lebar rencana lubang maju produksi adalah sebesar 3 meter.

4.5.2 Ground Support Recommendation (GSR) Berdasarkan RMR-System

Berdasarkan teori Bieniawski untuk nilai RMR sebesar 51 maka rekomendasi penyanggaan adalah sebagai berikut:



Dari perhitungan didapatkan  $FK > 1,5$  yang mana penyangga yang digunakan pada bagian cap dinyatakan aman.

**4.7.3 Rekomendasi Penyangga Kayu pada bagian cap**

Evaluasi yang telah dilakukan pada cap penyangga kayu tunnel D.25 Lokasi III, didapatkan hasil penyangga yang sudah memenuhi kriteria factor keamanan 1,5. Sehingga dalam penggunaannya sudah bisa diterapkan secara keseluruhan oleh perusahaan. Dari pengolahan data yang dilakukan diketahui bahwa kayu yang digunakan pada bagian cap yaitu dengan diameter 20 cm dan jarak 1,5 m sudah mampu digunakan sebagai bahan material penyangga. Untuk mengantisipasi akan terjadinya ambrukkan pada cap penyangga, disini penulis merekomendasikan pada ukuran berapa penyangga kayu yang sebaiknya diterapkan untuk mengoptimalkan penyangga menjadi aman dan menguntungkan terhadap FK.

**Tabel 16. Rekomendasi Diameter dan Jarak Penyangga**

d cm	a cm	$M_{max}$ kg/cm	W $cm^3$	$\sigma_b$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{sf}$ kg/cm <sup>2</sup>	FK
20	250	335.000	785	452,23	680	1,5
19	250	335.000	673,03	527,46	680	1,28

**5. Kesimpulan dan saran**

**5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai Sifat Fisik dan Mekanik Batuan di Site D,25 Lokasi III
  - a. Nilai rata-rata bobot isi batubara adalah 1,292 gr/cm<sup>2</sup> dan *sillstone* memiliki bobot isi rata-rata 2,318 gr/cm<sup>2</sup>
  - b. Rata-Rata nilai *Point Load Indeks* batubara 0,44 Mpa dan *Sillstone* 0,69 Mpa.
  - c. Dari hasil konversi nilai Is ke UCS didapatkan nilai UCS batubara 5,19 Mpa dan *Sillstone* 8,17 Mpa.
2. Berdasarkan pembobotan klasifikasi RMR yang telah dilakukan, diketahui bahwa karakteristik massa batuan untuk *siltstone* dan *coal* berada pada kelas III (*fair rock*) dengan nilai RMR masing-masing sebesar 57 dan 51.
3. Potensi keruntuhan pada lokasi penelitian Site D.25 Lokasi III kedalamannya 350-360 terdapat tiga arah umum *joint* N 125° E / 60°, N 114° E / 29°, N 180° E / 9°, dimana nilai FK terkecilnya adalah 9.144 dan baji tersebut stabil
4. Analisis penyangga kayu untuk perkuatan lubang bukaan di dapatkan rekomendasi sistem penyangga

yang sebaiknya diterapkan untuk mengoptimalkan penyangga menjadi aman dan menguntungkan pada Cap Site D.25 Lokasi III yaitu dengan diameter kayu 20 cm, jarak antar penyangga kayu 250 cm dengan FK 1,5.

**5.2 Saran**

1. Apabila rekomendasi *Ground Support* berdasarkan *RMR-System* tidak bisa dijalankan dikarenakan masalah biaya, maka rekomendasi alternatif adalah dengan menggunakan penyangga kayu.
2. Penelitian pada skripsi ini dilakukan pada pembahasan yang terbatas, oleh sebab itu diperlukan penyelidikan lanjutan karena perubahan kondisi dari ke dalam lubang bukaan dan juga struktur geologi yang sewaktu-waktu dapat berubah.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Alwa, Yosia Dwiki (2018), *Studi Pemanfaatan Kayu Karet Sebagai Material Penyangga Tambang Bawah Tanah Di Desa Pualam Sari, Kecamatan Binuang, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan*
- [2] Ambar sutanti, dkk (2016). *Rancangan Teknis Penyanggaan Berdasarkan Kelas Massa Batuan Dengan Menggunakan Metode RMR dan Q-System di Terowongan Gudang Handak dan Pasir Jawa UBPEPongkor PT. Aneka Tambang Persero Tbk.*
- [3] Arif, Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [3] Bieniawski, Z.T., (1976). *Rock Mass Classifications in Rock Engineering.*, Proceeding Symposium on Exploration for Rock Engineering, Ed. Z.T. Bieniawski, A.A. Balkema, Rotterdam, p. 97-106.
- [4] Bieniawski, Z.T., (1989). *Engineering Rock Mass Classifications.*, John Wiley & Sons, New York, p. 251.
- [5] Bieniawski, Z.T., (1973). *Engineering Classification of Jointed Rock Mass*. Transaction of the South African Institution of Civil Engineering.
- [6] Biron, Cemal and Arioglu, Ergin. 1983. *Design of Support in Mines*. Virginia: John Wiley & Sons.
- [7] Brady, B. H. G. & E. T. Brown. (2005). *Rock Mechanics for underground mining (Third edition)*. eBook ISBN: 1-4020-2116-X.
- [8] Broch, E dan Franklin, J.A. (1972). *The Point-Load Strength Test*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 9, 669-697.

- [9] Caudle, R., D., dan Clark, G., B. 2007. *Stresses Around Mine Openings in Some Simple Geologic Structures*. Urbana: University of Illinois.
- [10] Deere, D.U. (1989). *Rock Quality Designation (RQD) after 20 years*. U.S Army Corps Engrs. Contract Report GL-89-1. Vicksburg, MS: Waterways Experimental Station.
- [11] Gupta, M.C “*Engineering Geological Rock Mass Classification of Punasa Tunnel Site, Khandwa District, Madhya Pradesh*”
- [12] Hanim, Anisa. ”*Analisis Lubang Bukaian Decline Channel (CH) 677 Blok Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya*”. Jurnal Bina Tambang (Vol.4, No. 3)
- [13] Hoek E. dan E. T. Brown. (1980). *Underground Excavation in Rock*. London: Institution of Mining and Metallurgy.
- [14] Jefrianto Haris, (2017). *Desain Terowongan Development di Wilayah Ombilin I Sawahluwung PT. Bukit Asam (Persero) Tbk*, Unit Pertambangan Ombilin, Sawahlunto. Padang: Universitas Negeri Padang
- [15] Koppa. Raimon. (1990). *Bahan Ajar Studi Teknik Terowongan*. Padang: FT UNP.
- [16] Muh. Fathin Firaz, Sarwo Edy Lawier, Yeremias K.L. Killo dan Yusias Andrie “*Analisis Kestabilan Lubang Bukaian Tambang Bawah Tanah Menggunakan Metode Elemen Hingga*”. Penelitian dilakukan pada main level 2 lubang MH 3 lokasi Way Semuong PT. Natarang Mining, Lampung.
- [17] Prengki, Ilep. (2018). *Analisis Beban Runtuh dan Evaluasi Lubang Bukaian Berdasarkan Metode Rock Mass Rating dan Q-System pada Tambang Bawah Tanah CV. Bara Mitra Kencana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Padang: Jurnal Bina Tambang, Vol 3, No.4.
- [18] Rai, Made Astawa, dkk. (2012). *Mekanika Batuan*. ITB : Bandung.
- [19] Rai, Made Astawa, 1994. *Teknik Terowongan*. Bandung: Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.
- [20] Rehman, Hafeezur (dkk) “*Extension Of Tunneling Quality Index and Rock Mass Rating Systems For Tunnel Support Design Through Back Calculasion In Highly Stressed Jointed Rock Mass: An Empirical Approach Based on Tunneling Data From Himalaya*”
- [21] Sugiono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [22] Unal, E. (1983). *Development of Design Guidelines and Roof Control Standart for Coal Mine Roofs*, PH. D. Thesis, Penn. State Univ. USA.
- [23] Wattimena, Ridho Kresna. (2017). *Mekanika Batuan dan Perancangan Konstruksi Bawah Tanah*. ITB Press.