

# Analisis Penyanggaan Berdasarkan Karakteristik Batuan Pada Atap dan Dinding Lubang Tambang Batubara Bawah Tanah BMK-04 di CV. Bara Mitra Kencana, Kecamatan Talawi, Sawahlunto

Wahyu Eko Prasetyanto<sup>1\*</sup>, Bambang Heriyadi<sup>1\*\*</sup>

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

\*wahyuekoprasetyanto@gmail.com

\*\*bambang\_heriyadi@yahoo.co.id

**Abstract.** *Physical properties and mechanical properties of rocks will be needed for analyzed RMR-Bieniawski 1989. The data will then be needed for supporting calculations (Biron and Arioglu theory, 1983). Based on the results of soil mechanical laboratory test and rock mechanics obtained values of physical properties for claystone is an average water content value 3.46%, the average specific gravity 2.42, and average density 1.54 grams/cm<sup>3</sup>. For sandstone the natural density 2.55 gr/cm<sup>3</sup>, the dry density 2.53 gr/cm<sup>3</sup>, the saturated density 2,69 gr/cm<sup>3</sup>, apparent SG 2,53, true SG 3, natural water content 0.73%, saturated water content 6.15%, degree of saturation of 11.93%, porosity 15.56%, and void ratio 0.18. For marlstone we get the natural density 2,83 gr/cm<sup>3</sup>, the dry density 2,77 gr/cm<sup>3</sup>, the saturated density 2,88 gr/cm<sup>3</sup>, apparent SG 2,77, true SG 3,14, natural water content 1.94%, saturated water content 3,86%, degree of saturation 57,09%, porosity 10,99%, and void ratio 0,13. For mechanical properties such as, compressive strength of claystone 1,25 MPa, sandstone 3,64 MPa, and marlstone 5,48 MPa. From the results of the Bieniawski-1989 RMR analysis, the rocks on the roof and wall tunnel BMK-04 has a value of RMR 56 and include to rock class III. RMR 56 have span value and stand up time 1 week to 5 m span. Based on the analysis using Biron and Arioglu theory in 1983 obtained the value of stress to the cap of 414.01 Kg/cm<sup>2</sup>, side post 369.91 Kg/cm<sup>2</sup>, and the distance between wedges of 5,52 cm.*

**Keywords:** *Ground Support, Geotechnical, Rock characteristics, Rock Mass properties (RMR-System), Underground mining.*

## 1. Pendahuluan

Batubara merupakan salah satu bahan galian yang tidak dapat diperbarui dan sebagai bahan bakar memiliki peranan penting di dalam industri besar maupun industri kecil dan rumah tangga. Di Indonesia banyak tersebar endapan batubara diantaranya di Sumatera Barat, salah satunya terdapat di Desa Tanah Kuning, Parambahan, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Endapan batubara di daerah tersebut mempunyai cadangan batubara yang cukup banyak, bernilai ekonomis dan siap untuk ditambang.<sup>[1]</sup>

CV. Bara Mitra Kencana merupakan salah satu pemilik Izin Usaha Pertambangan seluas 49,61 Ha yang melakukan penambangan batubara di daerah tersebut. Metode penambangan yang digunakan adalah metode tambang bawah tanah dengan sistem *Room and Pillar*. Diatas lahan 49,61 Ha tersebut juga dibangun berbagai fasilitas untuk kelancaran operasional kegiatan, baik berupa areal tertutup seperti *basecamp*, kantor, *workshop*

(bengkel), maupun areal terbuka, jalan masuk tambang, dan *disposal area*, serta kolam penampungan air. Berdasarkan hasil eksplorasi diketahui jumlah cadangan sumberdaya batubara terdapat pada lahan seluas 49,61 Ha mencapai 1.194.168 Ton. Umur penambangan efektif sejak tahun 2015 diproyeksikan akan berlangsung selama sepuluh tahun lagi dan dilakukan penambangan dengan metode tambang bawah tanah.

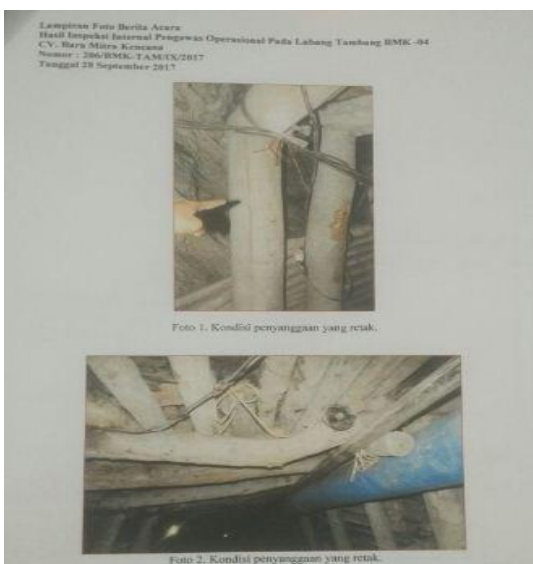
Formasi batuan daerah Sawahlunto berhubungan dengan penunjaman lempeng di daerah busur kepulauan, penunjaman lempeng terjadi di sebelah barat pulau Sumatra yaitu lempeng Samudra Hindia yang masuk ke lempeng Eurasia. Akibat dari kegiatan tektonik ini terjadi perlipatan (*Fold*), patahan (*Fault*), intrusi dan terbentuknya cekungan Ombilin yang merupakan cekungan antar pegunungan (*inter mountain basin*). Proses selanjutnya batuan *tercier* mengisi bagian tengah dan atas cekungan ini yang termasuk dalam formasi Brani, formasi sangkawerang, formasi sawahlunto, formasi sawahtambang, formasi ombilin, dan formasi

ranau. Litologi yang dijumpai dan tersebar pada wilayah IUP OP Batubara CV. Bara Mitra Kencana adalah *sandstone, claystone-siltstone, conglomerate*, dan *coal*. Litologi tersebut mencerminkan ciri-ciri dari Formasi Ombilin Bawah (Tmol), berumur Miosen Awal.

Dalam penggunaan metode tambang bawah tanah aspek geomekanika merupakan salah satu aspek yang penting dalam menjaga kestabilan lubang bukaan tambang bawah tanah. Beberapa aspek lainnya diantaranya adalah aspek geologi, hidrogeologi, dan teknik penyanggaan.<sup>[2]</sup> Penambangan di BMK-04 dilakukan dengan menggali ulang sisa penambangan tambang rakyat terdahulu. Dikarenakan lubang lamanya sudah ambruk maka penggalian lubang di BMK-04 dilakukan dengan menggali pada lapisan tanah penutupnya terlebih dahulu (Clay stone). Batubara di BMK-04 merupakan batubara *seam A* (level 1), di atasnya terdapat 3 lapisan batuan yaitu batu lempung 18,51 m, batu napal 4 m dan batu pasir 7 m.

Lubang tambang bawah tanah pada BMK-04 dibuat berbentuk tapal kuda dengan dimensi ukuran lebar  $\pm 2,5$  m dan tinggi  $\pm 2$  m. Sejauh ini penggalian lubang pada lubang BMK-04 lori 2 sudah mencapai 119 m dari mulut lubangnya dengan azimuth arah penggalian  $185^\circ$  dan kemiringan lubang  $23-27^\circ$ . Ukuran kayu yang digunakan rata-rata memiliki diameter  $\pm 20$  cm dan bentuk penyangga yang digunakan adalah berbentuk *three piece set* (trapesium).

Saat melakukan tinjauan awal ke lapangan khususnya di lubang tambang BMK-04 penulis menemukan adanya retakan dan patahan pada kayu penyangga, seperti dapat dilihat pada Gambar 1, berdasarkan aspek geomekanika hal ini disebabkan oleh beban batuan yang lebih besar dibandingkan kekuatan sistem penyangganya. Retakan dan patahan ini terjadi dengan waktu atau periode yang tidak menentu (tidak terprediksi). Akibatnya penyisipan kayu penyangga dilakukan 2 sampai 3 kali dalam seminggu, yang menyebabkan proses produksi terganggu.



Gambar 1. Retakan pada penyangga

## 2. Tinjauan Pustaka

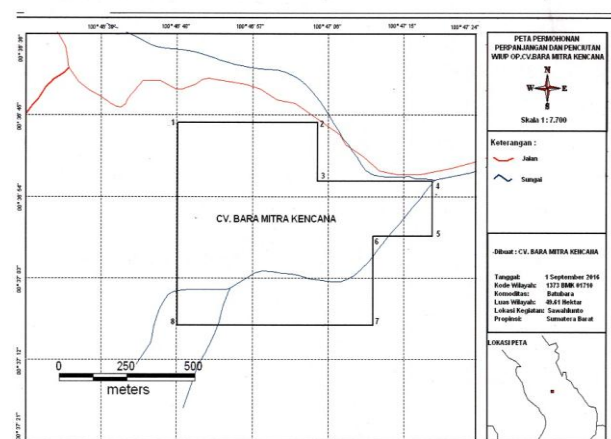
### 2.1. Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi penelitian terletak di Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Lokasi tersebut dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat dari Kota Padang jaraknya  $\pm 117$  Km ke kota Sawahlunto serta menuju ke lokasi tambang dengan jarak tempuh  $\pm 13$  Km selebihnya  $\pm 3$  Km merupakan jalan operasional tambang. Lokasi kesampaian daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kesampaian Daerah Lokasi Penelitian

Wilayah Izin Usaha Penambangan (IUP) seluas 49,61 Ha. Secara geografis terletak pada koordinat  $100^\circ 47' 18,39'' - 100^\circ 46' 48,10''$  Bujur Timur (BT) dan  $00^\circ 37' 08,22'' - 00^\circ 36' 58,36''$  Lintang Selatan (LS). Status lahan merupakan bekas tambang PT. BA-UPO yang telah diserahkan pengelolanya kepada pemerintah Kota Sawahlunto. Dibawah ini merupakan gambar lokasi IUP CV. Bara Mitra Kencana<sup>[3]</sup>.



Gambar 3. Peta IUP CV. Bara Mitra Kencana

## 2.2. Topografi dan Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian yang berada di Kota Sawahlunto terletak diantara jajaran Bukit Barisan. Dengan ketinggian antara 250-650 mdpl,<sup>[3]</sup> di bawah ini merupakan gambar peta topografi lokasi penelitian.



Gambar 4. Peta topografi lokasi penelitian

Berdasarkan pola Tektonik pulau Sumatera daerah telitian termasuk dalam zona intramontana. Menurut P.H. Silitonga dan Kastowo (1995) daerah telitian termasuk dalam anggota Bawah Formasi Ombilin (Tmol), yang menumpang pada Batuan Granit berumur Trias (g)<sup>[3]</sup>. Agar lebih jelas lihat pada Gambar 5.

Batuan-batuan yang terdapat di lokasi penyelidikan dari yang tertua sampai yang termuda ialah sebagai berikut:

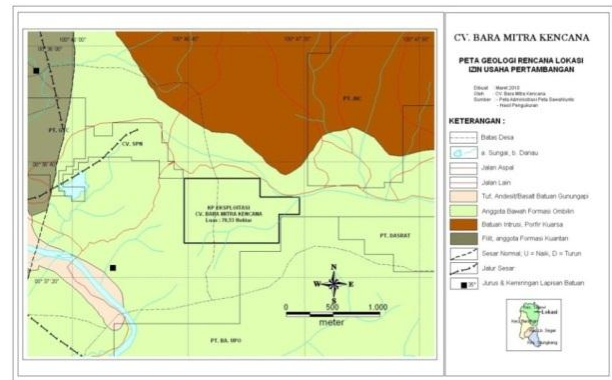
### 2.2.1. Batuan Intrusi

Batuan granit, merupakan batuan intrusi yang dominan di wilayah ini, berwarna abu-abu putih berbintik putih, dengan susunan dari leuko granit sampai dengan monzonit kuarsa. Tekstur biasanya feneritik sampai porfiritik dan secara setempat mengalami pelapukan sehingga dapat diambil sebagai bangunan oleh masyarakat setempat. Umur satuan ini diperkirakan Trias.

Batuan diorit, berwarna abu-abu tua sampai abu-abu semu hijau dengan bintik-bintik hitam, keras retak-retak secara setempat berongga. Berstruktur trakit, bersusunan felspar dan mineral mafik dengan masa dasar mikrolitik. Umur satuan ini diperkirakan Trias.

### 2.2.2. Batuan Sedimen

Anggota Atas Formasi Ombilin, satuan batuan ini terdiri dari lempung dan napal berwarna abu-abu semu biru sampai semu hijau dengan sisipan batupasir, konglomerat dan batu pasir tufaan berwarna kehijau-hijauan, mengandung kapur dan berfosil. Umur satuan batuan ini Miosen Awal. Formasi Sangkarewang, serpihan napal coklat kua sampai kehitam-hitaman disisipi oleh batu pasir arkose dan secara setempat oleh breksi andesit kasar bersudut. Formasi Brani, konglomerat kasar beranekaragam dengan beberapa sisipan batu pasir.



Gambar 5. Peta geologi daerah penelitian

## 2.3. Pemilihan Tambang Bawah Tanah

Pemilihan metode penambangan terhadap suatu cebakan tertentu dapat dibantu dengan pemahaman terhadap kendala dan aplikasi setiap metode yang ada. Tidak ada rumusan eksak (pasti) yang dapat mencakup semua variasi yang terdapat secara alamiah terhadap suatu cebakan. Dalam pemilihan suatu sistem tamban bawah tanah, memerlukan pertimbangan-pertimbangan yang saling terintegrasi dari banyak faktor.<sup>[4]</sup>

### 2.3.1. Metode Room and Pillar

Pada metode ini pembongkaran bijih dilakukan secara maju (*advancing*) terhadap bijih yang terletak horizontal dengan tinggi/ketebalan tidak lebih dari 3 meter, dimana kondisi ini tida memungkinkan dilakukan penambangan dari atas ke bawah. Penyanggaan atap (*roof*) pada *breast stoping* biasanya secara permanen atau semi-permanen.<sup>[5]</sup>

### 2.3.2. Pengendalian Lubang Buka

Struktur batuan merupakan penyebab penting ketidakstabilan pada lubang bukaan. Massa batuan tertentu terdiri dari batuan utuh dan sejumlah struktur batuan atau diskontinuitas struktural. Jenis utama struktur batuan meliputi *bedding plane*, lipatan (pembelokan pada strata batuan), patahan (patahan akibat pergerakan lempeng), *dykes* (intrusi batuan beku). Diskontinuitas struktural mempengaruhi perilaku teknik massa batuan: orientasi, jarak, panjang kekar, kekasaran, aperture dan adanya material pengisi. Pengumpulan informasi struktural yang sesuai oleh para insinyur dan ahli geologi merupakan komponen penting dari program pengendalian lubang bukaan pada operasi penambangan. Bahkan program komputer canggih untuk menganalisa data struktural dan geometri serta stabilitas *wedges* di tambang permukaan atau bawah tanah sekarang sudah tersedia.<sup>[6]</sup>

Penerapan analisis mekanika batuan membutuhkan model dan data geologi berdasarkan definisi tipe-tipe batuan, struktur diskontinuitas dan sifat material. Pengumpulan data diskontinuitas melalui investigasi geologi dilakukan dengan cara melakukan pengkategorian diskontinuitas, termasuk proses

terbentuknya. Parameter-parameter yang perlu dicatat dalam investigasi geologi diskontinuitas seperti tipe batuan, tipe diskontinuitas, skala, orientasi, spasi, *persistence*, kekasaran, kekuatan (*wall strength*), *aperture*, pengisi, *seepage*, jumlah set kekar, bentuk dan ukuran blok, serta tingkat pelapukan.<sup>[7]</sup>

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pemilihan ukuran dan kelas kayu yang baik dan benar berdasarkan karakteristik batuan yang akan didapatkan dari hasil uji laboratorium. Di dalam data karakteristik batuan tersebut ada 2 variabel penelitian yaitu data hasil uji sifat fisik dan sifat mekanik, dari 2 data variabel ini nantinya akan dilakukan perhitungan ukuran dan kelas kayu penyangga yang baik dan benar. Berikut merupakan *output* penelitian ini:

1. Nilai sifat fisik batuan pada atap dan dinding lubang tambang BMK-04.
2. Nilai kuat tekan dan kondisi stress batuan pada atap dan dinding lubang tambang BMK-04.
3. Pengelompokan jenis batuan pada atap dan dinding lubang tambang BMK-04 berdasarkan teori RMR Bieniewski.
4. Mendapatkan nilai stand up time dan span penyangga guna sebagai acuan penginstalasian penyangga lubang tambang.
5. Mendapatkan cara penginstalasian penyangga yang baik dan benar.

#### 3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan yang merupakan penelitian yang dilakukan untuk mencari pemecahan masalah yang nyata (riil) secara ilmiah. Hasil penelitian yang obyektif mengenai latar belakang dan sebab-sebab suatu masalah, merupakan petunjuk yang dapat dipergunakan dalam menyusun implementasi dan alternatif saran-saran tindakan dalam menyelesaikan masalah tersebut.

#### 3.3. Teknik Pengumpulan Data

Hasil kajian geoteknik diperoleh dari pengujian sifat fisik (bobot isi jenuh/ $\gamma_{sat}$  dan bobot isi alami/ $\gamma_{nat}$ ) dan pengujian sifat mekanik berupa pengujian kuat geser langsung, pengujian triaxial, dan pengujian kuat tekan (nilai kohesi/ $c$  dan sudut geser dalam/ $\Phi$ , kuat tekan/ $\sigma_c$ , modulus Young's/ $E$ , Poisson's ratio/ $\nu$ ) akan dapat menentukan dimensi pilar (kekuatan pilar), jenis penyanggaan dan metoda penambangan (sistem *Longwall* atau *Semi Longwall Mining*).<sup>[8]</sup>

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis data yaitu data primer dan sekunder, berikut merupakan penjabaran dari dua data tersebut:

#### 3.3.1. Data Primer

##### 3.3.1.1. Sampel Conto Batuan

Pengambilan sampel conto batuan penulis lakukan terhadap ketiga jenis batuan pada atap lubang tambang BMK-04. Untuk batu lempung penulis mengambil sampel pada titik kedalaman 52,5 m dari mulut lubang terowongan. Sementara untuk batu napal dan batu pasir penulis mengambil sampel dari atap lubang BMK-04.

##### 3.3.1.2. Uji sifat fisik batuan

Uji sifat fisik batuan penulis lakukan terhadap batu napal dan batu pasir. Uji ini ditujukan untuk mendapatkan parameter sifat fisik diantaranya; bobot isi asli (*natural density*), bobot isi kering (*dry density*), bobot isi jenuh (*saturated density*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis nyata (*true specific gravity*), kadar air asli (*natural water content*), kadar air jenuh (*absorption*), derajat kejenuhan, porositas, dan angka pori (*void ratio*).

##### 3.3.1.3. Uji sifat fisik tanah

Uji sifat fisik tanah penulis lakukan terhadap batu lempung, hal ini dikarenakan kondisi batu lempungnya yang sangat rapuh sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan uji sifat fisik batuan. Uji ini ditujukan untuk mendapatkan parameter sifat fisik diantaranya; kadar air tanah, berat jenis tanah, dan berat isi tanah.

##### 3.3.1.4. Uji Point Load Indeks

Uji *point load index* penulis lakukan untuk memprediksi nilai kuat tekan ketiga batuan pada atap lubang BMK-04.

##### 3.3.1.5. Data Analisis RQD (metode scanline)

Analisis RQD penulis lakukan berdasarkan data survey diskontinuitas pada dinding lubang BMK-04 lori 2. Analisis ini penulis lakukan sebagai salah satu parameter dalam melakukan analisis RMR Bieniawski-1989.

##### 3.3.1.6. Data analisis RMR Bieniawski-1989

Analisis RMR penulis lakukan untuk mengelompokkan kelas batuan dan memprediksi nilai *span* dan *stand up time* batuan pada atap lubang BMK-04.

#### 3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang sudah ada di arsip perusahaan, berikut merupakan data sekunder yang penulis dapat dari CV. Bara Mitra Kencana:

1. Peta Topografi
2. Peta IUP perusahaan
3. Peta Geologi
4. Layout Lubang Tambang BMK-04

### 3.4. Teknik Pengolahan Data

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

#### 3.4.1. Pengolahan Data

Setelah didapatkan sampel batuan selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap sampel tersebut, pengujian dilakukan di laboratorium mekanika batuan yang meliputi:

##### 3.4.1.1. Penimbangan Berat Conto<sup>[8]</sup>

1.  $W_n$  : Berat conto asli (natural)
2.  $W_o$  : Berat conto kering (sesudah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperature  $\pm 90^\circ\text{C}$ )
3.  $W_w$  : Berat conto jenuh (sesudah dijenuhkan selama 24 jam)
4.  $W_s$  : Berat conto jenuh di dalam air
5.  $W_o - W_s$  : Volume conto tanpa pori-pori
6.  $W_w - W_s$  : Volume conto total

##### 3.4.1.2. Uji sifat fisik batuan

Dari data penimbangan berat conto batuan seperti pada poin a di atas akan dilakukan perhitungan parameter sifat batuan, diantaranya:<sup>[9]</sup>

1. Bobot Isi Asli (*Natural Density*)  

$$\gamma_{nat} = \left[ \frac{W_n}{W_w - W_s} \right] : \text{Bobot Isi Air} \quad (1)$$
2. Bobot Isi Kering (*Dry Density*)  

$$\gamma_{dry} = \left[ \frac{W_o}{W_w - W_s} \right] : \text{Bobot Isi Air} \quad (2)$$
3. Bobot Isi Jenuh (*Saturated Density*)  

$$\gamma_{sat} = \left[ \frac{W_w}{W_w - W_s} \right] : \text{Bobot Isi Air} \quad (3)$$
4. Berat Jenis Semu (*Apperent Spesific Gravity*)  

$$P_{er} = \left[ \frac{W_o}{W_w - W_s} \right] : \text{Bobot Isi Air} \quad (4)$$
5. Berat Jenis Sejati (*True Spesific Gravity*)  

$$P_{app} = \left[ \frac{W_o}{W_o - W_s} \right] : \text{Bobot Isi Air} \quad (5)$$
6. Kadar Asli Asli (*Natural Water Content*)  

$$W_{rat} = \left[ \frac{W_n - W_o}{W_o} \right] \times 100 \% \quad (6)$$
7. Kadar Air Jenuh (*Absorption*)  

$$W_{sat} = \left[ \frac{W_w - W_o}{W_o} \right] \times 100 \% \quad (7)$$
8. Derajat Kejenuhan  

$$S = \left[ \frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \right] \times 100 \% \quad (8)$$
9. Porositas  

$$n = \left[ \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \right] \times 100 \% \quad (9)$$
10. Angka Pori (*Void Ratio*)  

$$e = \frac{n}{1-n} \quad (10)$$

##### 3.4.1.3. Uji sifat fisik tanah<sup>[10]</sup>

###### 1. Uji kadar air

$$\omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%, \quad (11)$$

Keterangan :

- $\omega$  = kadar air (%)
- $W_1$  = berat cawan + tanah asli (gr)
- $W_2$  = berat cawan + tanah kering (gr)
- $W_3$  = berat cawan kosong (gr)
- $W_1 - W_2$  = berat air (gr)
- $W_2 - W_3$  = berat tanah kering (gr)

###### 2. Uji berat jenis

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1) + (W_4 - W_3)} \quad (12)$$

Dimana :

- $W_4$  = berat piknometer dan air
- $W_3$  = berat piknometer + air + air
- $W_1$  = berat piknometer
- $W_2$  = berat piknometer dan tanah

###### 3. Uji berat isi tanah

$$\text{Berat tanah} = W_s = W_2 - W_1 \quad (13)$$

$$\text{Berat isi Tanah} = \gamma = \frac{W_s}{V} \quad (14)$$

$$= \gamma = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ (gram/cm}^3\text{)} \quad (15)$$

Keterangan:

- $\gamma$  = berat isi tanah (gram/cm<sup>3</sup>)
- $v$  = volume tanah (cm<sup>3</sup>)
- $W_s$  = berat tanah (gram)
- $W_1$  = berat wadah (gram)
- $W_2$  = berat wadah + tanah (gram)

##### 3.4.1.4. Uji Sifat Mekanik

###### 1. Uji point load indeks

Dilakukan untuk mendapatkan data kuat tekan (UCS), berikut merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungannya:

$$F = \left[ \frac{D}{50} \right]^{0.45} \quad (16)$$

$$I_s = F \times P/D^2 \quad (17)$$

$$\sigma_c = 23 \times I_s \quad (18)$$

Keterangan:

- $I_s$  : Indeks Point Load (MPa)
- $F$  : Faktor Koreksi
- $d$  : Diameter Contoh (mm)
- $P$  : Beban maksimum contoh pecah (kg)
- $D$  : Jarak antar konus penekan (cm)
- $\sigma_c$  : Kuat tekan uniaksial/UCS (MPa)

###### 2. Data kuat geser

Data parameter kuat geser diantaranya tegangan normal, tegangan geser, kohesi dan sudut geser dalam didapatkan dari software *rocklab*. Berikut merupakan parameter yang diperlukan untuk analisis menggunakan software

rocklab: kuat tekan batuan, gsi jenis batuan (mi), metode penggalian (d), kedalaman terowongan, dan bobot isi.<sup>[11]</sup>

### 3.4.2. Analisis Data

Analisis yang akan dilakukan diantaranya adalah:

#### 3.4.2.1. Analisis pengolahan data uji laboratorium mekanika batuan.

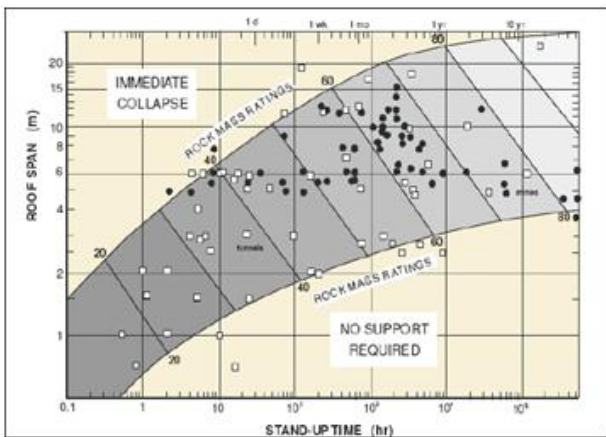
#### 3.4.2.2. Analisis Rock Mass Rating (RMR Bieniawski, 1989).

Analisis yang dilakukan diantaranya adalah pembobotan nilai RMR dan prediksi nilai *span* dan *stand up time* menggunakan gambar seperti dibawah ini:<sup>[12]</sup>

Berdasarkan PPKI 1961 kekuatan kayu dibagi oleh tingkat atau kelas-kelas kuat kayu. Pembagian kelas kuat kayu sendiri dapat terlihat pada Tabel 2 tentang daftar kelas kuat kayu.<sup>[13]</sup>

**Tabel 1.** Daftar Kelas Kuat Kayu

Tingkat / Kelas Kuat	Berat Jenis	Kekuatan Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Kekuatan Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
I	> 0.90	> 1100	> 650
II	0.90 - 0.60	1100 - 725	650 - 425
III	0.60 - 0.40	725 - 500	425 - 300
IV	0.40 - 0.30	500 - 360	300 - 215
V	< 0.30	< 360	< 215



**Gambar 6.** Prediksi nilai *span* dan *stand up time*

#### 3.4.2.3. Analisis kuat geser batuan menggunakan software rocklab

**Tabel 2.** Input Data pada Software Rocklab

No	Data masukan
1	Kuat tekan batuan
2	GSI
3	Jenis batuan (Mi)
4	Metode penggalian (D)
5	Kedalaman lubang
6	Bobot isi

### 3.4.2.4. Analisis penyanggaan berdasarkan karakteristik batuan

Berdasarkan hasil klasifikasi geomekanik sistem RMR, tinggi runtuh (Ht) dan beban runtuh (P<sub>RMR</sub>) yang akan diterima oleh penyangga dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.<sup>[14]</sup>

#### 1. Tinggi runtuh (Ht)

$$Ht = \frac{(100-RMR)}{100} \times B \quad (19)$$

#### 2. Beban runtuh (P<sub>RMR</sub>)

$$P_{RMR} = Ht \times \gamma \quad (20)$$

#### Keterangan:

Ht = tinggi runtuh

B = lebar terowongan (m)

P<sub>RMR</sub> = beban runtuh

γ = densitas batuan (ton/m<sup>3</sup>)

### 3. Rancangan Cap

1). nilai beban merata (q<sub>t</sub>) sebagai berikut :

$$q_t = \sigma_t \times a \quad (21)$$

2). Perhitungan reaksi tumpuan (R<sub>b</sub>)

$$R_b = \frac{1}{2} \times q_t \times l \quad (22)$$

3). Perhitungan momen maksimal (M<sub>max</sub>)

$$M_{max} = 0,125 \times q_t \times l^2 \quad (23)$$

4). Perhitungan modulus tampang (W)

$$W = \frac{3,14 \times d^3}{32} \quad (24)$$

5). Perhitungan kuat tekan batuan runtuh (σ<sub>b</sub>)

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \quad (25)$$

#### Keterangan:

σ<sub>tn</sub> = Tekanan pada atap (Kg/cm<sup>2</sup>)

σ<sub>b</sub> = Kuat tekan batuan runtuh (Kg/cm<sup>2</sup>)

q<sub>t</sub> = Beban persatuan panjang (Kg/m)

R<sub>b</sub> = Reaksi tumpuan (Kg)

h = Tinggi penampang kayu (m)

l = Panjang cap (m)

a = Jarak antar penyangga (m)

d = Diameter penampang kayu (cm)

M<sub>max</sub> = Momen maksimal (Kgc m)

W = Modulus tampang (m<sup>3</sup>)

### 4. Rancangan side post

1). Perhitungan beban reaksi kolom (R<sub>k</sub>)

$$R_k = \frac{R_b}{\sin \alpha} \quad (26)$$

2). Perhitungan luas alas (F)

$$F = 0,785 \times d^2 \quad (27)$$

3). Perhitungan kuat tekan batuan runtuh

$$\sigma_b = \frac{(\omega \times R_k)}{F} + \frac{0,85 M_{max}}{W} \quad (28)$$

**Keterangan:**

- $\alpha$  = Sudut yang terbentuk ( $^{\circ}$ )
- $l$  = Panjang *side post* (m)
- $a$  = Jarak antar penyangga (m)
- $d$  = Diameter penampang kayu (cm)
- $\omega$  = *Buckling factor*
- $q_t$  = Beban persatuan panjang (Kg/m)
- $R_b$  = Reaksi tumpuan (Kg)
- $R_k$  = Reaksi kolom (Kg)
- $M_{max}$  = Momen maksimal (Kgcm)
- $F$  = Perhitungan luas alas (cm)
- $W$  = Modulus tampang ( $m^3$ )
- $\sigma_b$  = Kuat tekan batuan runtuh (Kg/cm<sup>2</sup>)

5. Rancangan siring atau wedges

$$r = 1,142 a \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{sf}}\right)^{1/2} \quad (29)$$

$$r = 0,868 \left(\frac{\sigma_y c a^2}{\sigma_{sf}}\right)^{1/3} \quad (30)$$

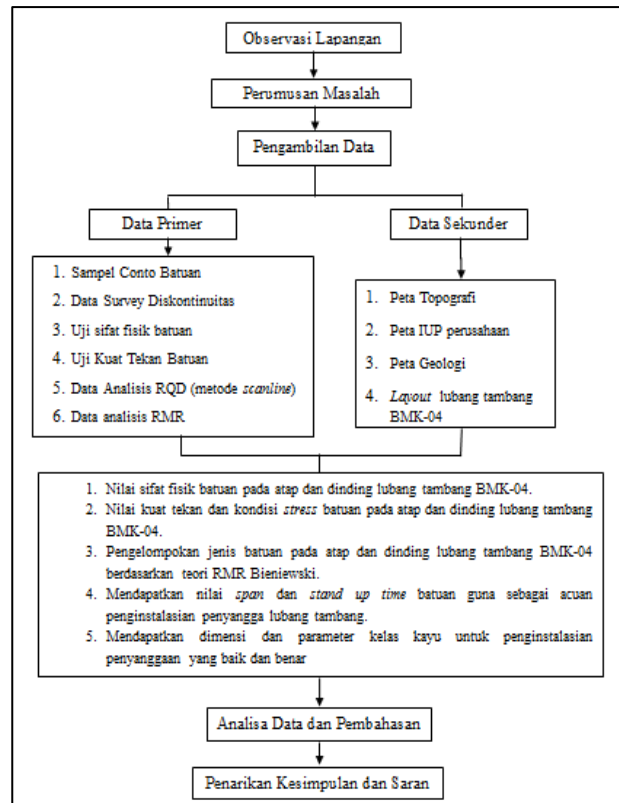
$$h_k = 0,865 a \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{sf}}\right)^{1/2} \quad (31)$$

**Keterangan:**

- $r$  = setengah dari nilai  $b$  atau diameter kayu (cm)
- $h_k$  = tebal dari kotak wedge/siring (cm)
- $a$  = jarak antar sets (cm)
- $c$  = jarak antar wedges (cm)
- $\sigma_y$  = tegangan dari samping (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{sf}$  = tegangan kelengkungan (kg/cm<sup>2</sup>)

**3.5. Diagram Alir Penelitian**

Analisis yang akan dilakukan diantara adalah Analisis uji laboratorium mekanika batuan, Analisis Rock Mass Rating (RMR Bieniawski, 1989), Analisis kuat geser batuan menggunakan software rocklab, dan Analisis penyanggaan berdasarkan karakteristik batuan.<sup>[15]</sup> Di bawah ini merupakan diagram alir penelitian ini:

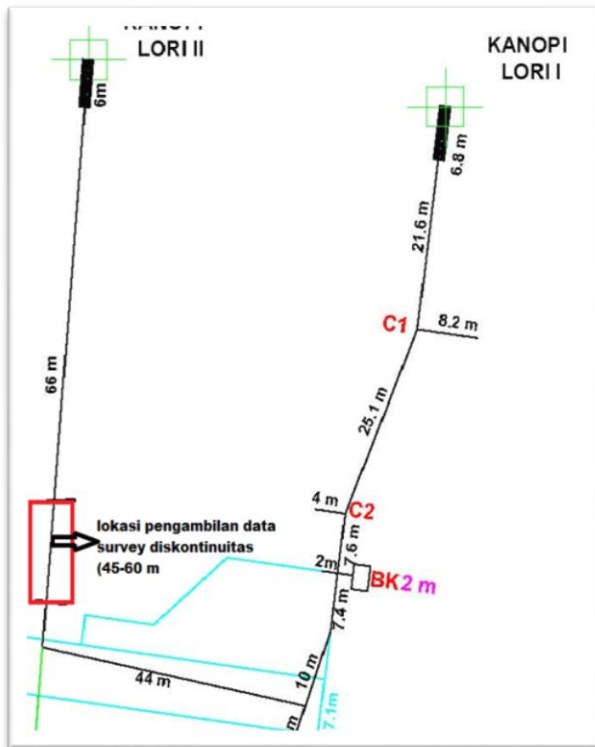


Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

**4. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

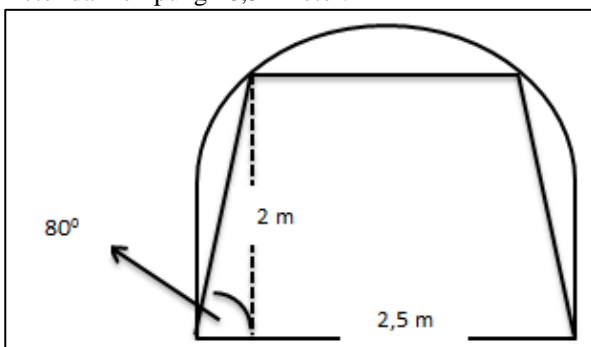
**4.1 Kondisi Batuan Pada Lokasi Penelitian**

Penelitian ini penulis lakukan di Tambang Bawah Tanah CV. Bara Mitra Kencana, yaitu pada lubang BMK-04 lori 2. Panjang lubang terowongan BMK-04 lori 2 saat penulis melakukan penelitian adalah 117 meter dan penulis melakukan penelitian (survey diskontinuitas) pada kedalaman 45-60 meter.



**Gambar 8.** Lokasi pengambilan survey diskontinuitas

Lapisan batubara pada lubang BMK-04 adalah lapisan 1 (*seam A*) dengan kalori batubara rata-rata 6500 kcal/kg dan ketebalan  $\pm 2$  meter. Batuan penutup pada lubang ini terdiri atas 3 lapisan batuan yaitu pasir 7 meter, napal 4 meter dan lempung 18,51 meter.



**Gambar 9.** Dimensi lubang BMK-04

## 4.2 Data dan Perhitungan Hasil Uji Laboratorium

Analisa yang membahas mengenai karakteristik bukaan batuan dibahas pada bab ini, selain menggunakan data survey diskontinuitas juga menggunakan data lain seperti data hasil pengujian di laboratorium. Berikut hasil uji laboratorium mekanika tanah dan batuan yang penulis lakukan :

### 4.2.1 Sifat Fisik

#### 4.2.1.1. Batu lempung

Untuk batu lempung didapat nilai kadar air rata-rata 3,46%, berat jenis rata-rata  $2,42 \text{ gram/cm}^3$ , dan berat isi rata-rata  $1,54 \text{ gram/cm}^3$ .

#### 4.2.1.2. Batu pasir

Untuk batu pasir didapat nilai bobot isi asli  $2,55 \text{ gr/cm}^3$ , bobot isi kering  $2,53 \text{ gr/cm}^3$ , bobot isi jenuh  $2,69 \text{ gr/cm}^3$ , *apparent SG* 2,53, *true SG* 3,00, kadar air asli 0,73%, kadar air jenuh 6,15%, derajat kejenuhan 11,93%, porositas 15,56%, dan *void ratio* 0,18.

#### 4.2.1.3. Batu napal

Untuk batu napal didapat nilai bobot isi asli  $2,83 \text{ gr/cm}^3$ , bobot isi kering  $2,77 \text{ gr/cm}^3$ , bobot isi jenuh  $2,88 \text{ gr/cm}^3$ , *apparent SG* 2,77, *true SG* 3,14, kadar air asli 1,94%, kadar air jenuh 3,86%, derajat kejenuhan 57,09%, porositas 10,99%, dan *void ratio* 0,13.

### 4.2.2 Sifat Mekanik

**Tabel 3.** Uji Sifat Mekanik (*Point Load Index*)

sampel	no	beban/P (kg)	konus/D (cm)	l (cm)	F	Is (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{c=23}$ Is (MPa)	kuat tekan rata-rata (MPa)
clay	1	21,52	6,80	7,10	1,15	0,53	1,23	1,25
	2	21,62	6,10	6,50	1,09	0,64	1,46	
	3	15,50	6,05	6,10	1,09	0,46	1,06	
sand	1	59,65	6,60	5,40	1,13	1,55	3,57	3,64
	2	56,80	6,50	4,80	1,13	1,51	3,48	
	3	55,68	6,00	5,80	1,09	1,68	3,86	
napal	1	60,67	5,20	5,30	1,02	2,28	5,25	5,48
	2	68,53	5,20	5,40	1,02	2,58	5,93	
	3	80,53	6,00	5,50	1,09	2,43	5,58	
	4	70,67	5,80	5,80	1,07	2,25	5,17	

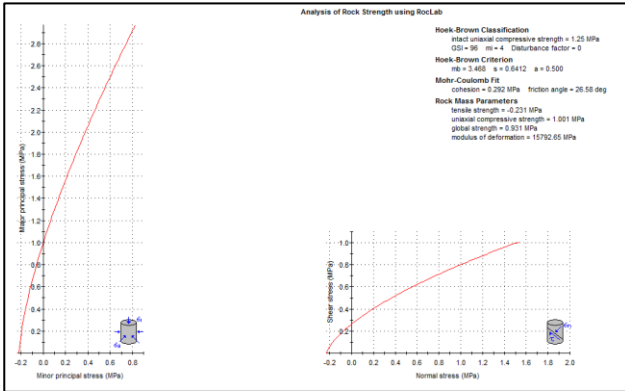
### 4.2.3 Analisis Kekuatan Batuan Menggunakan Software Rocklab Rocscience

**Tabel 4.** Input Data pada Software Rocklab

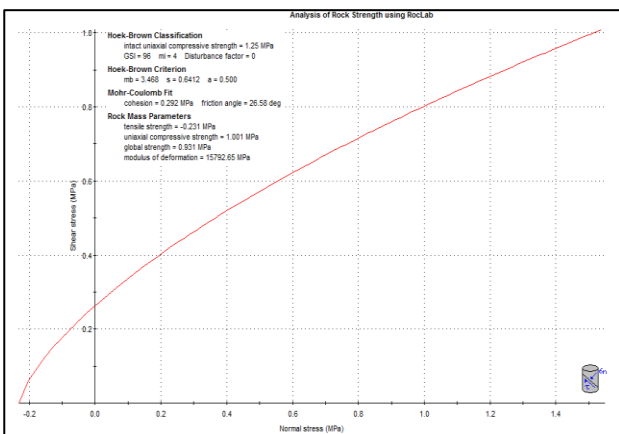
No	Data masukan	Nilai
1	Kuat tekan batuan	1,25 MPa
2	GSI	96
3	Jenis batuan (Mi)	4
4	Metode penggalian (D)	0
5	Kedalaman lubang	60 m
6	Bobot isi	$1,54 \text{ ton/m}^3$



Hasil *output* pengolahan menggunakan perangkat lunak *rocklab* dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Output Pengolahan Software *Rocklab*



Gambar 11. Analisis tegangan normal dan tegangan geser Software *Rocklab*

Parameter-parameter hasil pengolahan menggunakan *rocklab* disajikan pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Nilai Parameter *Rocklab*

No	Parameter	Nilai
1	Kohesi (c)	0,292 MPa
2	Sudut geser dalam (phi)	26,58°
3	Kuat tarik	0,231 MPa
5	Modulus deformasi	15.792,65 MPa
6	Tegangan Normal	0,654 MPa
7	Tegangan geser	0,648 MPa

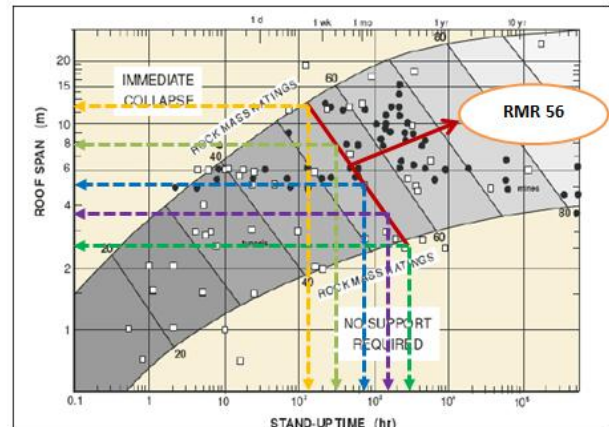
#### 4.2.4 Klasifikasi Massa Batuan (RMR-Bieniawski, 1989)

Setelah didapatkan data parameter RMR Bieniawski-1989, selanjutnya dilakukan perhitungan seperti pada tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Perhitungan RMR Bieniawski-1989

Parameter	Nilai	Bobot
RQD (%)	95,30	20
Kuat Tekan (Point Load)	1,25	1
Spasi (mm)	1479,00	15
Kondisi Discontinuitas		
1. Persistence (m)	0,44	6
2. Lebar Rongga (mm)	0.1-1.0	4
3. Kekasaran Kekar	sedikit kasar	3
4. Material Pengisi	None	6
5. Pelapukan	sangat lapuk	1
Kondisi Air		
Kondisi Air	lembab	10
Orientasi kekar		
Orientasi kekar	tidak baik	-10
<b>RMR</b>		<b>56</b>

Berdasarkan tabel 6 di atas didapat nilai RMR 56 yang berdasarkan teori RMR Bieniawski 1989 pada halaman 50 tergolong ke batuan kelas III (sedang). Berdasarkan tabel 9. Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989) nilai RMR 56 memiliki nilai *span* dan *stand up time* 1 week for 5 m *span*.



Gambar 12. Prediksi nilai *span* dan *stand up time*

Berdasarkan gambar 12 di atas maka didapatkan:

Tabel 7. Nilai *Span* dan *Stand Up Time*

RMR	<i>Span</i> (m)	<i>Stand up time</i> (jam)
56	12	140
	8	300
	5	700
	3,5	1500
	2,5	3000

#### 4.2.5 Analisis Penyanggaan Berdasarkan Karakteristik Batuan

Berdasarkan analisis menggunakan teori Biron and Arioglu tahun 1983 didapatkan nilai tegangan terhadap *cap* sebesar 414,01 Kg/cm<sup>2</sup>, *side post* sebesar 369,91 Kg/cm<sup>2</sup>, dan jarak antar *wedges* sebesar 5,52 cm.

#### 4.2.6 Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis RMR-Bieniawski 1989 dan perhitungan penyangga dengan menggunakan teori Biron dan Arioglu tahun 1983 yang telah penulis lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penentuan jarak antar penyangga (*span*) dan pemilihan jenis dan ukuran kayu pada lubang tambang BMK-04 di CV. Bara Mitra Kencana sudah dapat dikategorikan benar.

Namun setelah dilakukan perhitungan jarak isian antar penyangga (*wedges*) yang pada perhitungannya menggunakan parameter tegangan vertikal dan horizontal terhadap penyangga, maka penulis menyimpulkan bahwa seharusnya pemasangan *wedges* bukan hanya pada bagian *cap* tetapi juga pada bagian *side post*, pemasangannya juga harus dilakukan secara rapat. Dibawah ini merupakan gambar yang menunjukkan bahwa pemasangan *wedges* pada lubang tambang BMK-04 di CV. Bara Mitra Kencana hanya dilakukan pada bagian *cap* saja.

### 5. Penutup

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Berdasarkan hasil uji laboratorium mekanika tanah dan mekanika batuan didapatkan nilai sifat fisik:

##### 1) Batu lempung

Untuk batu lempung didapat nilai kadar air rata-rata 3,46%, berat jenis rata-rata 2,42 gram/cm<sup>3</sup>, dan berat isi rata-rata 1,54 gram/cm<sup>3</sup>.

##### 2) Batu pasir

Untuk batu pasir didapat nilai bobot isi asli 2,55 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi kering 2,53 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi jenuh 2,69 gr/cm<sup>3</sup>, *apperent SG* 2,53, *true SG* 3,00, kadar air asli 0,73%, kadar air jenuh 6,15%, derajat kejenuhan 11,93%, porositas 15,56%, dan *void ratio* 0,18.

##### 3) Batu napal

Untuk batu napal didapat nilai bobot isi asli 2,83 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi kering 2,77 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi jenuh 2,88 gr/cm<sup>3</sup>, *apperent SG* 2,77, *true SG* 3,14, kadar air asli 1,94%, kadar air jenuh 3,86%, derajat kejenuhan 57,09%, porositas 10,99%, dan *void ratio* 0,13.

2. Berdasarkan hasil uji laboratorium mekanika batuan didapatkan nilai sifat mekanik:

##### 1) Kuat tekan

Berdasarkan hasil uji dan perhitungan didapatkan kuat tekan batu lempung 1,25 MPa, batu pasir 3,64 MPa, dan batu napal 5,48 MPa.

##### 2) Kuat geser

Analisis data kuat geser dilakukan dengan *Software roclab rocscience* dan didapatkan Kohesi (c) 0,292 Mpa, Sudut geser dalam ( $\phi$ ) 26,58°, Kuat tarik 0,231 Mpa, Modulus deformasi 15.792,65 Mpa, Tegangan Normal 0,654 Mpa, dan Tegangan geser 0,648 Mpa.

3. Dari hasil analisis RMR Bieniawski-1989, batuan pada atap dan dinding lubang BMK-04 lori 2 memiliki nilai RMR 56 dan termasuk ke dalam batuan kelas III.
4. Setelah dilakukan analisis dan perhitungan RMR Bieniawski-1989 dapat diketahui bahwa batuan dengan nilai RMR 56 dan kelas III memiliki nilai *span* dan *stand up time* 1 minggu untuk 5 m *span*.
5. Berdasarkan analisis menggunakan teori Biron and Arioglu tahun 1983 didapatkan nilai tegangan terhadap *cap* sebesar 414,01 Kg/cm<sup>2</sup>, *side post* sebesar 369,91 Kg/cm<sup>2</sup>, dan jarak antar *wedges* sebesar 5,52 cm.

#### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan dengan pelaksanaan penelitian skripsi ini adalah:

1. Disarankan agar perusahaan menyisipkan kayu bukan hanya di atas *cap*, tetapi juga dilakukan pemasangan kayu tambahan di samping *side post* (*wedges*). Jarak pemasangan antar *wedges* maksimalnya adalah 5,52 cm, hal ini dilakukan untuk mengurangi potensi runtuhnya pada dinding lubang.
2. Disarankan untuk pemilihan kayu penyangga selalu menggunakan kayu kelas 2 dengan ukuran minimal 20 cm.
3. Disarankan untuk segera dilakukan penyisipan dan penggantian kayu saat terjadi retakan pada kayu penyangga.
4. Disarankan kepada pengawas agar benar-benar memeriksa dan mengawasi pemasangan penyangga dengan baik.

#### Daftar Pustaka

- [1] R. Stefanko. *Coal Mining Technology*. New York: Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers (1983)
- [2] E. Ambarini. *Sistem Stabilitas Lubang Bukaan Pengembangan Dengan Menggunakan Baut Batuan (Rockbolt) dan Beton Tembak (Shotcrete) di Blok Cikoneng PT Cibaliung Sumberdaya, Kab. Pandeglang, Prov. Banten*. Jurnal penelitian 6.2. Bandung: UNISBA (2015)

- [3] Anonim. Data Laporan dan Arsip CV. Bara Mitra Kencana. Sawahlunto. Sumatera Barat (2015)
- [4] Ardinal. *Metode Tambang Bawah Tanah Menggunakan Penyangga*. Jurnal Penelitian 2.7. Jambi: Universitas Jambi (2016)
- [5] F. Akbar, dkk. *Kajian Geoteknik Terhadap Rancangan Penambangan Batubara Bawah Tanah Metode Shortwall di CV. Artha Pratama Jaya, Kutai Kertanegara*. Jurnal Teknologi Pertambangan 1.1 : 37-45 . Tenggara (2015)
- [6] K. Dhatu, Heri Syaeful, dan Mirna Berliana Garwan. *Evaluasi Massa Batuan Terowongan Eksplorasi Uranium Eko-Remaja, Kalan, Kalimantan Barat*. Jurnal Penelitian 37.2. Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir. Pontianak: Badan Tenaga Nuklir Nasional (2016)
- [7] O. Sutra, Raimon Kopa, Heri Prabowo. *Pemetaan Kestabilan Lereng pada Lokasi Penambangan Emas Pit Durian PT. J Resouces Bolaang Mongondow Site Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara*. [Ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/9066](http://Ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/9066). Jurnal Bina Tambang 3.1. Padang: UNP (2018)
- [8] E. Endri O. dkk. *Kajian Geoteknik Untuk Tambang Batubara Bawah Tanah di Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan*. Jurnal Penelitian 13.1. BALITBANG Energi dan Sumber Daya Mineral. Tapin: PUSLITBANG Teknologi Mineral (2010)
- [9] M. R Astawarai; S. Kramajinoto, dan R. K. Wattimena. *Mekanika Batuan*. R. Stefanko. 1983. *Coal Mining Technology*. NewYork: Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers Bandung: ITB (2012)
- [10] S. Tri M. W., et.al. *Perbandingan Pengukuran Sifat Fisik Lempung Menggunakan Metode Gravimetry dan Gypsum Block Berdasarkan Variasi Kedalaman*. Jurnal Penelitian 24.1. Fakultas Teknik Sipil. Kupang: UNDANA (2016)
- [11] Hoek-Brown. *Failure Criterion*. Rocscience Inc., Toronto, Canada (2002)
- [12] Mahdianzar dan Zahlul Amri. *Metode Sublevel Stopping/Room And Pilar Dan Peralatan–Peralatan Mekanis Yang Digunakan Pada Penambangan Bawah Tanah*. Jurnal Penelitian 5.6. Banda Aceh: Universitas Syah Kuala (2017)
- [13] E. Hungguram; Tri M. W. Sir, dan Maria I. K. K. Lau. *Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Material Pengganti Kayu dengan Campuran Serat Nilon*. Jurnal Penelitian 4.2. Fakultas Teknik Sipil. Kupang: Universitas Nusa Cendana (2015)
- [14] K. Biron and E. Arioglu. *Design Of Support in Mines*. Istanbul: Istanbul Technical University (1983)
- [15] F. Alfathoni, Syamsul Komar, dan Fuad Rusydi Suwardi. *Evaluasi Teknis Sistem Penyanggaan Menggunakan Metode Rock Mass Rating (Rmr) System Pada Development Area (Ckn\_Dc) Tambang Emas Bawah Tanah Pt. Cibaliung Sumberdaya*. Jurnal Penelitian 1.2. Palembang: UNSRI (2017)