

Analisis Kestabilan Lubang Buka *Tail Gate* BT-03 Menggunakan *Q-System* pada Penambangan Bawah Tanah PT. Cahaya Bumi Perdana Sawahlunto

Dinda Apriko Harli^{1*}, Raimon Kopa¹

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*dindaaprikoharli@gmail.com

Abstract. A mining method where all activities are carried out below the earth's surface is called underground mining. Underground mining activities can cause collapses, to prevent this from happening by analyzing the stability of openings using the *Q-System* method. The parameters used to find the *Q* value are rock quality designation, joint set number, joint roughness, joint alteration number, stress reduction factor. Look for the value of the tunnel safety factor and also the value of the meanstress acting on the tunnel BT-03 Value the tunnel and also the voltage acting on the BT-03 tunnel using phase2 software. The results obtained include the *Q-System* value for coal is 1.8 and sandstone is 1.6, The tunnel safety factor value is 0.9, which means the tunnel is in an unstable condition so it is necessary to install supports. The minimum voltage value working on tunnel BT-03 is 2.00 while the maximum voltage is 3.50.

Keywords : *Q-System*, Phase2, Rock Quality Designation, Security Factor, Meanstress

1 Pendahuluan

Pertambangan bawah tanah adalah kegiatan penambangan yang kegiatannya dilakukan dibawah permukaan bumi.

PT. Cahaya Bumi Perdana memiliki sistem penambangan dengan metode tambang bawah tanah yang melakukan proses penambangan batubara di beberapa tunnel antara lain tunnel BT-02, tunnel BT-03, tunnel BT-05 yang masing- masing terdapat 2 pintu lubang dan pada tunnel BT- 06 terdapat 2 pintu lubang. Pada tunnel BT-03 terdapat 2 lubang maju yaitu *main gate* yang memiliki 5 lubang cabang dan *tail gate* yang memiliki 7 lubang cabang di front penambangan.

Bahaya yang akan terjadi apabila ketidakstabilan suatu terowongan diabaikan ialah terjadi runtuh. Karena ini menyangkut keselamatan pekerja dan peralatan proses produksi perusahaan pertambangan. Untuk itu dibutuhkan pengetahuan tentang penyebab ketidakstabilan itu terjadi dan merancang sistem penyanggaan yang dibutuhkan. Maka akan mengurangi

berbagai permasalahan yang bisa saja terjadi saat kegiatan penambangan bawah tanah.

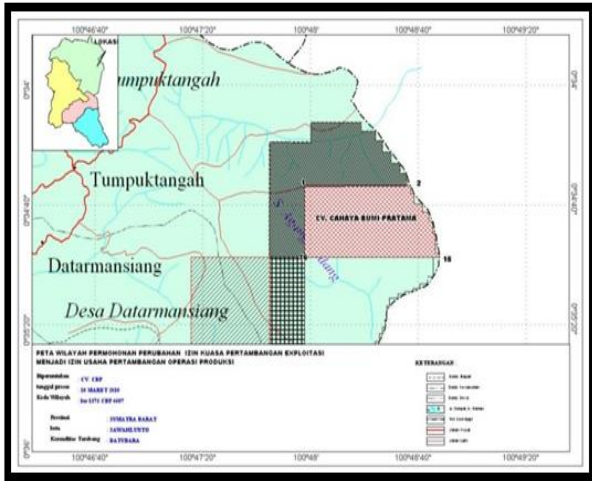
Metode *Q-System* bisa untuk melakukan analisis kestabilan terowongan dan mengetahui kelas massa batuan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi yaitu sifat fisik dan mekanik batuan, tekanan air bawah tanah, dan bidang lemah pada terowongan tersebut dan juga tegangan yang bekerja pada terowongan. Pengujian terhadap sampel batuan sangat diperlukan, permodelan jenis penyangga yang paling cocok untuk mencegah keruntuhan.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Lokasi dan Kesempaian Daerah

Secara administrasi Izin Usaha Pertambangan PT. Cahaya Bumi Perdana berada di Kecamatan Talawi, Sawahlunto. Secara geografis lokasi tersebut berada pada koordinat 00° 34' 33.60" - 00° 34' 57.42" LS dan 100° 47' 57.80" - 100° 48' 47.84" BT. Lokasi tambang tempat penelitian dapat ditempuh dengan 4,5 jam

perjalanan dari Kota Padang menggunakan sepeda motor.



Sumber : PT.CBP
Gambar 1. IUP PT.CBP

2.2 Geologi Regional

Komplek batuan tersier menurut Koesoemadinata dan Matasak antara lain :

- Formasi Brani, tersusun dari batu pasir kasar coklat keunguan dan batu konglomerat diperkirakan berumur Paleosen.
- Anggota Selo, teridentifikasi dalam formasi brani yang terdiri dari batu konglomerat dengan fragmen granit 8-75 cm dan material berukuran pasir. .
- Formasi Sawahlunto, mengandung batubara dengan ciri adanya batu lanau, lempung dan batubara. Formasi sawahlunto diperkirakan berumur Eosen.
- Formasi Sawahtambang, terdiri dari beberapa endapanbatu pasir konglomerat tanpa adanya sisipan lempung maupun batu lanau. Umurnya diperkirakan sekitar Oligosen.

Gambaran stratigrafi formasi Sawahlunto pada gambar 2.

Umur	Satuan Stratigrafi	Lithologi
Kuarter	Formasi Brani	Endapan Vulkanik, tuf batupasir
Miosen	Formasi Selo	Lempung gampingan, napal lempungan mengandung globigerina, batupasir gampingan
Oligosen	Anggota Sawah Ransu Formasi Sawahtambang	Batupasir silang-siur, konglomerat Endapan sungai teranyam, batupasir
Eosen	Formasi Sawahlunto	Perselingan serpih karbonan, batulanau, batupasir, dengan sisipan-sisipan, konglomerat dan batubara 1. seam A, tebal 2. seam B, tebal 3. seam C, tebal
Paleosen	Formasi Selo	Endapan lakustrin, batulempung mengandung fosil ikan tawar, serpih napal dan gampingan
Triasik	Formasi Tubau Formasi Tumpuktangah Formasi Kuantan	Sedimen kipas aluvial, batupasir konglomerat Intrusi granitis batuan sedimen Triasik. Batuan vulkanik permian. Batugamping karbonan.

Sumber : PT. CBP
Gambar 2. Statigrafi Formasi Sawahlunto

2.3Q-System

Sifat-sifat batuan yang digunakan dan sangat penting dalam proses pengamatan terhadap lubang bukaan untuk dijadikan parameter batuan sehingga mendapatkan nilai stabilitas.

2.3.1 Sifat Fisik Batuan

Pengujian sifat fisik batuan dilakukan tanpa merusak sampel. Beberapa parameter yang didapat dari pengujian ini antara lain :

- bobot isi asli
- bobot isi kering
- bobot isi jenuh

Semakin besar bobot isi dari suatu batuan maka semakin besar juga gaya penggerak menyebabkan runtuh.

2.3.2 Sifat Mekanik Batuan

Pengujian sifat mekanik batuan :

- Kuat Tekan Uniaksial (*Uniaxial Compressive Strength*)

Pengujian ini menghasilkan nilai kekuatan batuan utuh, nilai ini merupakan besarnya tekanan yang harus diberikan agar batuan pecah. Merupakan pengujian satu arah dengan sampel batuan yang memiliki bentuk silinder, beraturan, balok dan prisma. Hasil yang akan didapat berbentuk kurva tegangan regangan, kurva kuat tekan uniaksial, nilai Modulus Young, dan Nisbah Poisson.

- *Point Load Index*

Sebagai alternatif untuk memperoleh nilai UCS yang dilakukan dengan memberi tekanan pada satu titik.

- Kuat Tarik Langsung

Nilai tegangan maksimum suatu conto dalam pengujian merupakan kuat tarik langsung.

- Kohesi

Kekuatan geser makin besar jika gaya tarik menarik antar partikel batuan semakin besar.

- Sudut Geser Dalam

Merupakan sudutrekahan yang terbentuk jika terjadinya tegangan atau gaya terhadap batuan yang melebihi tegangan geser batuan tersebut.

- Modulus Elastisitas

Beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain tipe batuan, porositas dan kandungan air.

- Poison Ratio

Adalah nilai mutlak perbandingan regangan rateral dan regangan aksial.

2.3.3 Parameter Q-System

Untuk memperoleh nilai q menggunakan rumus berikut:

$$Q = \left[\frac{RQD}{J_n} \right] \left[\frac{J_r}{J_a} \right] \left[\frac{J_w}{SRF} \right]$$

Ket:

$\left[\frac{RQD}{J_n} \right]$: Ukuran blok

$\left[\frac{J_r}{J_a} \right]$: Kuat geser blok utuh

$\left[\frac{J_w}{SRF} \right]$: Tegangan aktif

Parameter nilai q antara lain :

- RQD (*Rock Quality Designation*)
Dalam penentuan nilai RQD pada metode Q-system ini menggunakan rumus matematika Priest dan Hudson (1979).
- Jumlah kekar/*Joint Set Number* (Jn)
jumlah dari *Joint Set* yang dipengaruhi oleh rontokan, pecahan, belahan, tumpukan dan lain – lain. Jika terus menerus tergerus maka bisa dihitung sebagai *Joint Set* yang menyeluruh. Namun apabila hanya beberapa yang muncul atau bahkan jarang maka bisa dimasukkan ke dalam kategori “a random joint set”.
- *Joint Roughness Number* (Jr)
Menggambarkan kekasaran dan dan derajat perubahan dinding *Joint* dan material pengisi.
- Derajat Alterasi / *Joint Alterasi Number* (Ja)
Gesekan antar kekar sangat dipengaruhi oleh pengisi kekar dan juga mempengaruhi ketebalan serta kekuatan komposisi batuan.
- Aliran Air/*Joint Water Reduction Number* (Jw)
Parameter Jw merupakan takaran dari tekanan air dimana berlawanan dengan kekuatan *Shear Joint*. Ini berkaitan dengan reduksi tekanan normal pada *Joint*. Keikutsertaan air akan mengurangi dan melepaskan *clay* yang mengisi *Joint*.
- Faktor Reduksi Tegangan/*Stress Reduction Factor* (SRF)

2.3.4 Faktor Keamanan Terowongan

Menurut Bieniewski (1989) apabila nilai yang diperoleh $FK > 1$ berarti terowongan stabil. Jika $FK = 1$ maka terowongan Kritis. Jika $FK < 1$ maka kondisi terowongan Tidak Stabil. Beberapa bidang lemah pada terowongan sangat rentan terjadi runtuh maka untuk mengurangi potensi runtuh dilakukan perhitungan nilai FK dengan *Mohr-Coulumb* menggunakan rumus :

$$\sigma_1 = \frac{2c \times \cos \theta}{1 - \sin \theta}$$

$$\sigma_3 = \frac{2c \times \cos \theta}{1 + \sin \theta}$$

$$FK = \frac{\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right) \sin \theta + c \cos \theta}{\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right)}$$

Ket :

σ_1 = nilai tegangan mayor (Mpa)

σ_3 = nilai tegangan minor (Mpa)

c = kohesi (Mpa)

θ = sudut geser dalam (°)

3. Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian terapan dengan metode analisis kuantitatif atau perhitungan dengan hasil berupa angka.

3.2 Jenis Data

Data primer sampel batuan atap dan dinding, data kekar, peta geologi, layout penambangan dan data pendukung lainnya.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Orientasi lapangan dan studi literatur.

3.4 Teknik Analisis Data

Sampel yang sudah didapat dari lapangan kemudian dilakukan pengujian sampel di laboratorium dan hasilnya berupa data kemudian dilakukan pengolahan menggunakan rumus dan *software Phase2*.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Sifat Fisik

Tabel 1. Hasil pengujian Batubara.

Sampel	γ_n gr/cm ³	γ_o gr/cm ³	γ_w gr/cm ³
1	1,22	1,18	1,24
2	1,23	1,18	1,25
3	1,23	1,17	1,25
rata-rata	1,23	1,18	1,25

Tabel 2. Hasil pengujian Batu Pasir.

Sampel	γ_n gr/cm ³	γ_o gr/cm ³	γ_w gr/cm ³
1	2,04	1,69	2,49
2	2,28	1,78	2,53
3	1,95	1,71	2,52
Rata-rata	2,09	1,73	2,51

Berdasarkan data yang dianalisis diperoleh nilai bobot isi asli batubara sebesar 1,23 gr/cm³ dan bobot isi asli batu pasir adalah 2,09 gr/cm³.

4.1.2 Sifat Mekanik Batuan

Adapun pengujian *Point Load Index* batubara :

Tabel 3. Hasil PLI Batubara.

Batubara	F	Is (Kg/Cm ²)	Σc	
			Kg/cm ²	Mpa
1	0,779	0,740	16,980	1,589
2	0,789	0,95	21,79	2,221
3	0,799	1,050	23,921	2,405
Rata-rata	0,789	0,90	20,897	2,072

Hasil pengolahan data uji PLI batu pasir untuk menentukan nilai UCS (σc) berikut :

Tabel 4. Hasil Uji PLI Batu Pasir

Batu Pasir	F	Is (Kg/Cm ²)	Σc	
			Kg/Cm ²	Mpa
1	0,788	1,961	46,064	4,617
2	0,783	1,852	44,448	4,356
3	0,794	1,562	37,608	3,686
Rata-rata	0,788	1,791	41,706	4,220

4.1.3 Kuat Tarik

Kuat tarik suatu batuan 10% dari nilai UCS nya. Nilai kuat tarik untuk batubara :

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \sigma_c / 10 \\ &= 2,077 / 10 \\ &= 0,277 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

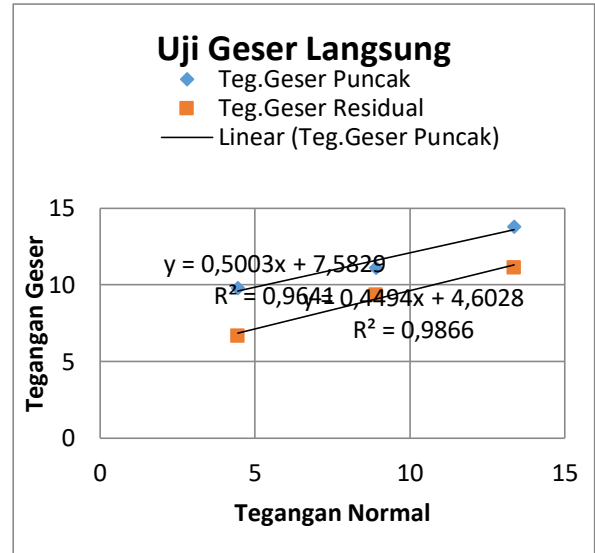
Nilai kuat tarik untuk batu pasir :

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \sigma_c / 10 \\ &= 4,220 / 10 \\ &= 0,422 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4.1.4 Kohesi

4.1.5 Sudut Geser Dalam

- Batubara



Gambar 3. Grafik Uji Kuat Geser Batubara.

Nilai kohesi serta sudut geser dalam batubara seperti berikut:

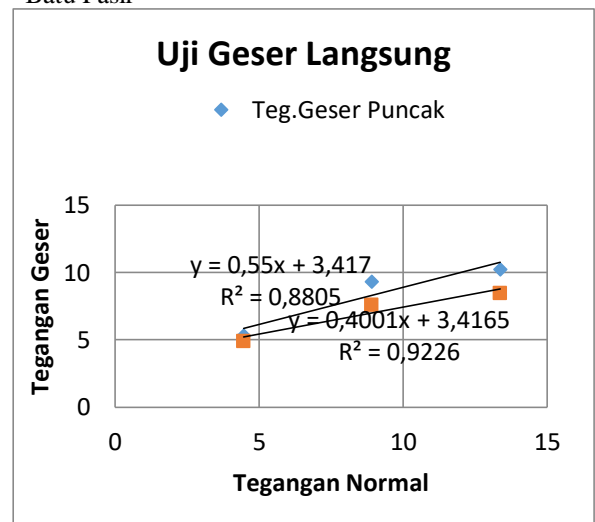
Tegangan Geser Puncak :
 Kohesi = (7,5829 x 0,098)
 = 0,74363 Mpa
 = 743,63 KPa

Sudut geser dalam
 Tan φ = 0,50
 = Arctan (0,5)
 = 26,58°

Tegangan Geser Residu :
 Kohesi = (4,6028 x 0,098)
 = 0,45138 Mpa
 = 451,38 KPa

Sudut geser dalam
 Tan φ = 0,45
 = Arctan (0,45)
 = 24,2°

- Batu Pasir



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Kuat Geser Batu Pasir.

Nilai dari kohesi serta nilai sudut geser dalam berbentuk nilai puncak dan residu dari batu pasir:
Tegangan Geser Puncak :

$$\begin{aligned} \text{Kohesi} &= 3,417 \times 0,098 \\ &= 0,33509 \text{ Mpa} \\ &= 335,09 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut geser dalam} \\ \text{Tan } \phi &= 0,50 \\ &= \text{Arctan} (0,5) \\ &= 28,81^\circ \end{aligned}$$

Tegangan Geser Residu :

$$\begin{aligned} \text{Kohesi} &= 3,416 \times 0,098 \\ &= 0,33504 \text{ Mpa} \\ &= 335,4 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut geser dalam} \\ \text{Tan } \phi &= 0,40 \\ &= \text{Arctan} (0,40) \\ &= 21,81^\circ \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Geser Batubara dan Batu Pasir.

Sampel	Tegangan Geser	Kohesi (Mpa)	Sudut Geser Dalam (°)
Batubara	Puncak	0,744	26,58
	Residu	0,451	24,20
Batu Pasir	Puncak	0,335	28,82
	Residu	0,335	21,81

4.1.6 Possion Ratio

Nilai posion ratio batubara:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1-\sin(0,64.\phi')}{2} \\ &= \frac{1-\sin(0,64.24,2)}{2} \\ &= \frac{1-\sin (15,488)}{2} \\ &= 0,352 \end{aligned}$$

Nilai *poissaon ratio* batu pasir :

$$\begin{aligned} V &= \frac{1-\sin(0,64.\phi')}{2} \\ &= \frac{1-\sin(0,64.21,81)}{2} \\ &= \frac{1-\sin (13,958)}{2} \\ &= 0,380 \end{aligned}$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Parameter Sifat Mekanik Batubara dan Batu Pasir.

Sampel	Parameter				
	σ_c (Mpa)	σ_t (Mpa)	Kohesi (Mpa)	Sudut Geser dalam (°)	v
Batubara	2,078	0,208	0,744	24,20	0,352
Batu Pasir	3,961	0,396	0,335	28,81	0,380

4.2 Klasifikasi Massa Batuan Q-System

4.2.1 Pembobotan Parameter Q-System

- RQD

Dari perhitungan didapatkan hasil nilai RQD yang terdapat pada batubara sebanyak 10 set kekar dan rata-rata 98,9%, pada batu pasir terdapat 3 set kekar dengan rata rata 99,54%. Batubara dan batu pasir tergolong kelas batuan memuaskan.

- Jumlah Kekar

Pada *scaline* batubara ada 10 kekar dengan rata-rata 3,25masuk kelas batuan 2 bentuk kekar, terdapat pada *scanline* no.3 hingga *scanline* 8.

- Kekerasan Kekar

Kekasaran kekar *scanline* batubara berupa kekar halus bergelombang. sedangkan kekasaran kekar pada *scanline* batu pasir didefenisikan kekar tidak teratur, bergelombang.

- Alterasi Kekar

Material penyusun kekar di PT. Cahaya Bumi Perdana memiliki material pengisi kekar dari lempung lanau dan lempung pasiran.

- Aliran Air Tanah

Nilai kondisi air tanah 1 dengan kecepatan aliran <5liter/menit artinya kering.

- SRF

Tabel 7. Hasil perhitungan nilai SRF

Sampel Batuan	Kuat Tekan σ_c	Kuat Tarik σ_t	Tegangan Mayor σ_1	σ_c/σ_1	σ_t/σ_1	SRF	Ket
Batubara	2,077	0,708	1,04	1,99	0,2	15	Hancuran batuan sangat tinggi
Batu pasir	3,961	0,396	0,9	4,36	0,44	15	

4.2.2 Perhitunan Nilai Q-System

Nilai Q untuk batubara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{98,9}{3,17} \times \frac{2,08}{2,29} \times \frac{1,0}{15} \\ &= 1,8 \end{aligned}$$

Nilai Q untuk batu pasir sebagai berikut :

$$Q = \frac{99,54}{4} \times \frac{3}{3,0} \times \frac{1,0}{15} = 1,6$$

Tabel 8. Nilai Q dari Scanline Batubara dan Batu Pasir

	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Nilai Q-system
batubara	98,9	3,25	2,06	2,22	1	15	1,8
Batu pasir	99,54	4	3	3,0	1	15	1,6

Nilai Q dari scanline batubara yaitu 1.8 dan batu pasir 1.6.

4.3 Nilai Tegangan

Analisis nilai tegangan yang ada pada tunnel BT-03 dengan bantuan software phase2 menggunakan kriteria Mohr-Colomb. Terdapat 4 parameter pada software phase2. Untuk mendapatkan nilai modulus young sebagai berikut :

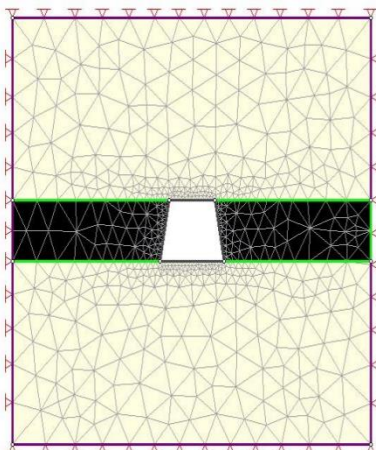
- Batubara
 $E_m = 10 \times Q_c^{1/3}$
 $= 10 \times 1,8^{1/3}$
 $= 12,14 \text{ Mpa}$

- Batu Pasir
 $E_m = 10 \times Q_c^{1/3}$
 $= 10 \times 1,6^{1/3}$
 $= 12,06 \text{ Mpa}$

Tabel 9. Parameter untuk software Phase2

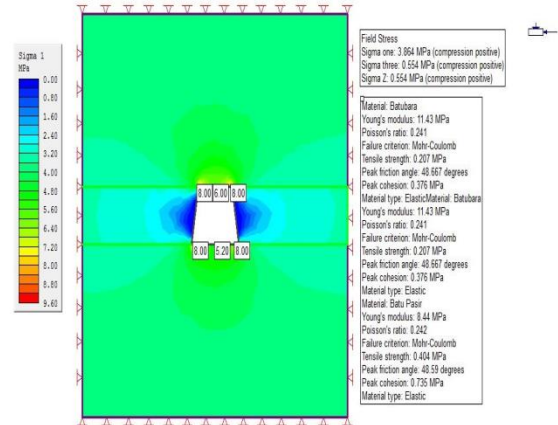
Sampel	σ_t (Mpa)	Kohesi (Mpa)	Θ (°)	Modulus Young (Mpa)	Posion Ratio
Batubara	0,208	0,451	24,2	12,14	0,35
Batu Pasir	0,396	0,335	21,81	12,06	0,38

Setelah data diinput berikut :



Gambar5. Pemodelan tunnel BT-03

Gambar 5 merupakan permodelan lapisan batubara dengan warna hitam.

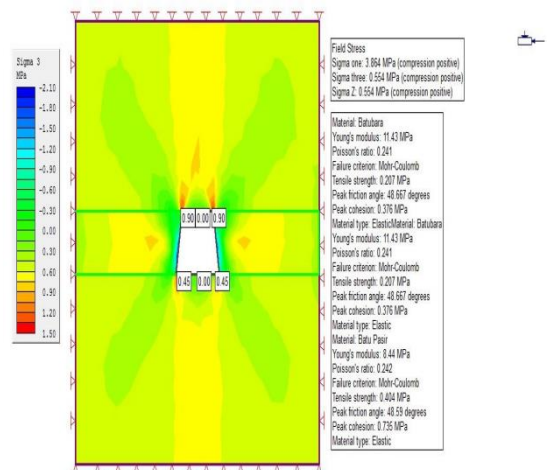


Gambar 6. Nilai sigma 1 (tegangan mayor) pada tunnel BT-03

Gambar 6. Menunjukkan bahwa nilai tegangan mayor yang bekerja pada tunnel BT-03 yaitu 5.20-8.00 Mpa rata-rata sebesar 7.20 Mpa :

Tabel 10. Nilai Sigma 1 Tegangan Mayor tunnel BT-03

Lokasi	Nilai Sigma 1 (Mpa)	Nilai Rata-rata
CBP BT-03	8,00	7,20
	8,00	
	8,00	
	8,00	
	6,00	
	5,20	

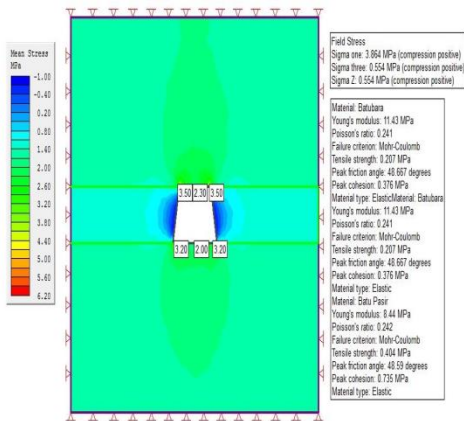


Gambar 7. Nilai sigma 3 (tegangan minor) pada tunnel BT-03

Gambar menunjukkan tegangan minor pada *tunnel* BT-03 adalah sekitar 0,45-0,90 Mpa rata-rata sebesar 0.45Mpa. :

Tabel 11. Nilai Tegangan Minor *tunnel* BT-03

Tunnel	Sigma 3 (Mpa)	Rata-rata
CBP BT-03	0,00	0,45
	0,00	
	0,45	
	0,45	
	0,90	
	0,90	



Gambar Nilai Tegangan pada *tunnel* BT-03

Pada Gambar 7 menunjukkan nilai tegangan yang bekerja pada *tunnel* BT-03 antara 2.00-3.50 Mpa dengan rata-rata adalah 2.95 Mpa :

Tabel 12. Nilai Tegangan yang bekerja pada *tunnel* BT-03

Tunnel	Tegangan (Mpa)	Rata-rata
CBP BT-03	2,00	2,95
	2,30	
	3,20	
	3,20	
	3,5	
	3,5	

Tabel 4.25 diatas menunjukkan nilai tegangan yang bekerja pada *tunnel* BT-03 dengan rata-rata 2,95.

4.4 Menghitung Faktor Keamanan

Tabel 13. Parameter Menghitung Nilai FK.

Parameter			
σ_1 (Mpa)	σ_3 (Mpa)	c (Mpa)	Θ (°)
7,2	0,45	0,45	24,2

Berikut ini menghitung faktor keamanan:

$$FK = \frac{(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}) \sin\Theta + c \cos\Theta}{(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})}$$

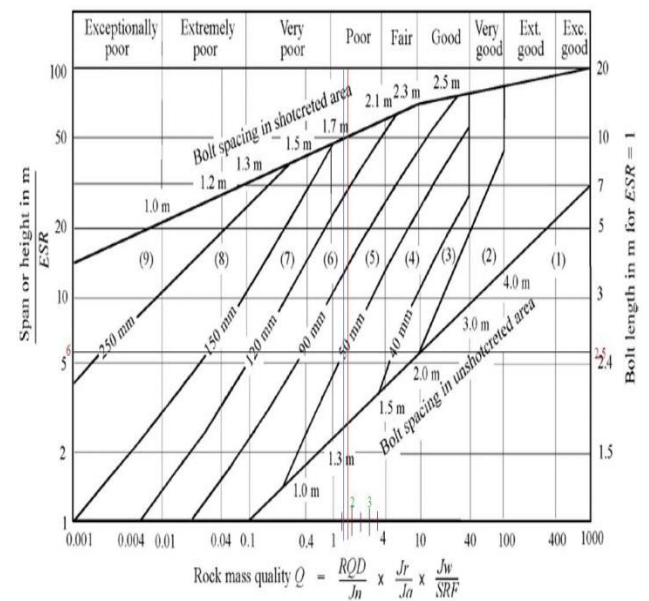
$$= \frac{(\frac{7,2 + 0,45}{2}) \sin 24,2 + 0,45 \cos 24,2}{(\frac{7,2 - 0,45}{2})}$$

$$= 0,9$$

Diperoleh perhitungan faktor keamanan bahwa nilai FK 0,9 yang berarti bahwa jika $FK < 1$ tidak stabil/kritis.

4.5 Rekomendasi Penyangga Berdasarkan Q - System

4.5.1 Rekomendasi Penyangga pada *Tunnel* BT-03 berdasarkan kurva Grimstad & Barton, 1993



Gambar 9. Kurva Rekomendasi Jenis Penyangga Berdasarkan Q-System (Grimstad & Barton, 1993).

Hubungan nilai Q-system dengan dimensi ekuivalen yang diperoleh dari kurva maka rekomendasi jenis penyangga pada *tunnel* BT-03 adalah sebagai berikut :

Tabel 14. Rekomendasi Jenis Penyangga pada *tunnel* BT-03.

Q	De	Kelas batuan	Tebal <i>Shotcrete</i>	Spasi <i>rockbolt Inshotcrete area</i>	Spasi <i>rockbolt unshotcrete area</i>	Panjang <i>Rockbolt</i>
1,8	6	Buruk	48	1.81	1.38	2.5
1,6	6	Buruk	50	1,80	1,35	2,5

Hasil dari kurva termasuk kelas batuan buruk. Jenis penyangga yang disarankan yaitu *Shotcrete* dengan ketebalan 48 mm, spasi pemasangan *Rockbolt* dengan *Shotcrete* 1.81m, spasi pemasangan *Rockbolt* tanpa *Shotcrete* 1.38m panjang *Rockbolt* 2.5 m.

4.5.2 Rekomendasi Penyangga Kayu pada Tunnel BT-03

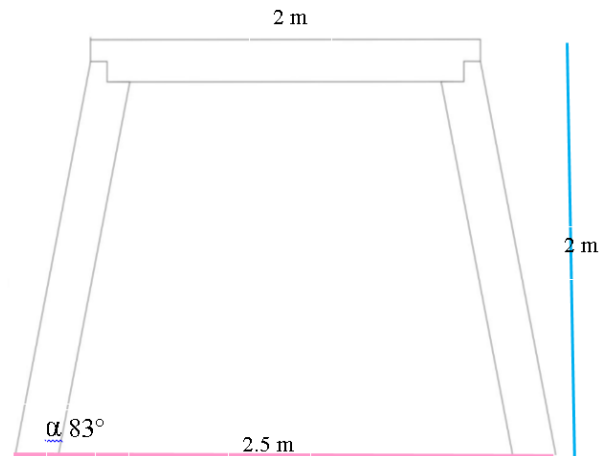
PT. Cahaya Bumi Perdana menggunakan jenis kayu mahoni (kuat II dan III) seperti tabel.

Tabel 15. Berat Jenis Kayu Mahoni PT. CBP

Sampel	Berat Asli (W) (gr)	Volume (V) (Cm ³)	Berat Jenis (gr/cm ³)
K1	90,37	153,22	0,6
K2	85,96	161,65	0,53
K3	86,7	154,4	0,57
K4	97,61	164,92	0,6
K5	84,15	153,4	0,55
Rata-rata	89,68	157,31	0,57

Berdasarkan data tersebut kayu mahoni pada PT.Cahaya Bumi Perdana memiliki Berat Jenis 0,59 gr/cm³ dimana pengujian terhadap 5 sampel kayu penyangga yang digunakan perusahaan (τ lengkung 691,25 Kg/Cm² dan τ tekan 423,02 Kg/Cm²) dengan kuat lengkung yang diizinkan adalah sebesar 384,02 Kg/Cm² dan nilai kuat tekan yang diizinkan 235,07 Kg/Cm², SF=1,8 yang berarti berada pada kayu kelas III.

Perancangan penyangga kayu yang digunakan pada tunnel BT-03 *three pieces set* seperti gambar 10 berikut:



Gambar 10. Dimensi Penyangga Tampak Depan

5 Penutup

Kesimpulan yang didapat antara lain :

- Berdasarkan nilai uji sifat fisik bobot isi jenuh batubara sebesar 1,25 gr/cm² dan batu pasir 2,51 gr/cm². Dan nilai UCS berdasarkan uji PLI batubara adalah 2,077 MPa dan batu pasir 3,961 MPa.
- Kualitas massa batuan adalah batuan kelas buruk.
- Nilai tegangan maksimum 3.50 Mpa, tegangan minimum sebesar 2.00 Mpa rata-rata tegangan 2.95 Mpa.
- Faktor Keamanan *MohrCoulumb* pada *tunnel* BT-03 adalah 0,9 sehingga dikategorikan tidak stabil atau kritis.
- Rekomendasi penyangga yaitu shotcrete ketebalan 48 mm dan juga *rockbolt* panjang 2.5 m spasi 1,81. Jika tanpa shotcrete dengan *rockbolt* panjang 2,5m jarak pemasangan 1,38. Apabila menggunakan penyangga kayu, maka bias menggunakan jenis kayu mahoni (kelas II dan III) dengan diameter 20Cm panjang 2M dengan panjang *span* maksimum 6,32 m.

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan adalah :

- Penyanggaan yang digunakan diusahakan seperti yang disarankan karena telah dirancang berdasarkan rekomendasi Q-system agar mencegah keruntuhan lubang bukaan.

6 Daftar Pustaka

Anonim. 2014. *Buku Panduan Tugas Akhir (TA) Jurusan Teknik Pertambangan*. Padang. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Alfi Rahman. 2018. *Analisis Kestabilan Lubang Bukaan dan Pillar saat Proses Mining Blok Development pada Penambangan Bawah Tanah Metoda Room and Pillar PT. Allied Indo Coal(AIC) Jaya*. Jurnal BinaTambang, Vol. 4, No. 1

- Bieniawski, Z.T., 1973. *Engineering Classification of Jointed Rock Mass*. Transaction of the South African Institution of Civil Engineering.
- Bieniawski, Z.T., 1976. Rock Mass Clasifications in Rock Engineering., Proceeding Symposium on Exploration for Rock Engineering, Ed. Z.T.
- Bieniawski, A.A. Balkema, Rotterdam, p. 97-106.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-60172-1
- Ambarini, Eli.2015. *Sistem Stabilitas LubangBukaan Pengembangan Dengan Menggunakan Baut Batuan (Rockbolt) dan Beton Tembak (Shotcrete) di Blok Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten*. Jurnal penelitian skripsi. Bandung: UNISBA
- Astawa, Made R.,Kramadibrata Suseno, dan Kresna, Ridho W. 2012. *MekanikaBatuan*. Bandung : ITB.
- Brady, B. H. G. & E. T. Brown. 2005. *Rock Mechanicsfor undergroundmining (Third edition)*. eBook ISBN: 1-4020-2116-X
- Made Astawa Rai., "Mekanika Batuan", ITB, Bandung, 1988
- Muh. Fathin Firaz, dkk. 2015 *Analisis Kestabilan Lubang Bukaan Tambang Bawah Tanah Menggunakan Metode Elemen Hingga*. ProsidingSeminar Nasional ReTII: 316-325.
- Recky Fernando L,dkk. 2015. *Analisis Kestabilan Lubang Bukaan dan Pillar dalam Rancangan Pembuatan Tambang Bawah Tanah Batu Gamping dengan Metode Room and Pillar di Desa Sidorejo Kecamatan LendahKab. Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta*. ProsidingSeminarNasional ReTII: 332-338.
- Sudarsono., Hariyanto, R., "Penyanggaan Terowongan", Buku Penuntun Praktek Ukur Tambang, UPN "VETERAN" Yogyakarta, Yogyakarta, 1997.
- Aulia. Fenny Gustin. Analisis kestabilan Lubang Bukaan Menggunakan RMR pada Penambangan Bawah Tanah PT. Cahaya Bumi Perdana Sawahlunto, 2020.
- Eli Ambarini, Febri Hernawan, Dono Guntoro. 2013. *Sistem Stabilitas Lubang Bukaan Pengembangan Dengan Menggunakan Baut Batuan (Rockbolt) dan Beton Tembak (Shotcrete) di SBlok Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten*. Prosiding Teknik Pertambangan. Gel. 2: 168-177.
- Ilep Prengki. 2018. *Analisis Beban Runtuh dan Evaluasi Lubang BukaanBerdasarkan Metode Rock Mass Rating dan Q-System pada TambangBawahTanah CV. Bara Mitra Kencana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Padang: Teknik Pertambangan UNP.
- Sugiono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Jefrianto Haris, 2017. *Desain Terowongan Development di Wilayah Ombilin I Sawahluwung PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, Unit Pertambangan Ombilin, Sawahlunto*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Hoek E. dan E. T. Brown. 1980. *Underground Excavation in Rock*. London: Institution of Mining and Metallurgy.
- Koppa. Raimon. 1990. *Bahan Ajar Studi Teknik Terowongan*. Padang: FT UNP.