

# Analisis Lubang Buka *Decline Channel* (CH) 677 Blok Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya, Banten

Annisa Hanim.D<sup>1,\*</sup> and Bambang Heriyadi<sup>1\*\*</sup>

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

\*annisadedrizal@gmail.com

\*\*bambangh@ft.unp.ac.id

**Abstract.** Study was conducted in the underground mine of PT Cibaliung Sumberdaya, Cimanggu, Pandeglang, Banten Province. Openings of declines and mining fronts, has caused the stability of the mining area to be disrupted. Rock deformation at the site is decline still observed using a convergence meter. In detail the observation area was carried out at decline Cikoneng CH 677, the rock mass quality (RMR) is 31 and width of decline is 4,2 m. From the results of the observation, the CH 677 have a lump on the left wall and cracks on shotcrete. The cumulative convergence monitoring results show a displacement is 32,285 mm with the largest displacement speed of 1,718 mm/day. The 2 D modeling results based on convergence theory, the area are categorized as unstable. For this reason, the stability of the aperture hole was performed using software Phase 2 with Hoek-Brown collapse criteria. The simulation produced a support system using 5 pieces of rock bolt (2,4 m) set of on the left wall with a space of 0,8 m, 5 pieces on the right wall with a spacing of 0,8 m and using shotcrete on the left wall with a thickness of 100 mm.

**Keywords:** Decline, convergence meter, tunnel stability, deformation, rock bolt

## 1. Pendahuluan

PT. Cibaliung Sumberdaya (CSD) merupakan salah satu perusahaan tambang yang bergerak dalam bidang penambangan emas dan perak. PT. CSD terletak di Desa Mangkualam, Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Endapan emas *low sulphidation* berbentuk urat cendrung vertikal dengan kedalaman 30-300 meter. Kegiatan penambangan di PT. CSD menggunakan sistem penambangan dalam atau underground dengan metode *cut and fill*<sup>[1-2]</sup>.

Salah satu peranan geotek adalah mengidentifikasi kelas massa batuan agar dapat ditentukan penyanggaan yang paling tepat terhadap batuan tersebut. Selain rekomendasi penyangga, kegiatan selanjutnya adalah melakukan kegiatan pemantauan terhadap penyanggaan yang telah dipasang sebelumnya<sup>[3][4]</sup>. Pemantauan di PT. CSD meliputi kegiatan *monitoring* konvergen dengan menghitung perpindahan batuan dan laju perpindahan batuan yang bertujuan untuk mengetahui kestabilan terowongan.

Dalam kegiatan pemantauan, selain dilakukan pengamatan langsung, tim geotek juga melakukan pemantauan konvergen dengan melakukan pengukuran kecepatan konvergen batuan. Ditemui di *decline* Cikoneng ada beberapa lokasi yang mengalami retakan pada dinding (*shotcrete*) dan di beberapa lokasi ditemukan batuan yang menggantung serta tonjolan pada dinding terowongan, khususnya pada channel (CH) 677. Hal ini sangat membahayakan jika tidak diberi perhatian khusus pada lokasi ini. Jika hal ini dibiarkan terus menerus, dikhawatirkan akan membahayakan pekerja dan peralatan yang melewati area tersebut.

CH 677 mengalami perubahan konvergen dari data awal 4283,33 mm menjadi 4251,04 mm pada tanggal 20 Agustus 2018, ditandai dengan tonjolan pada dinding kiri *channel* dan retakan pada *shotcrete*.

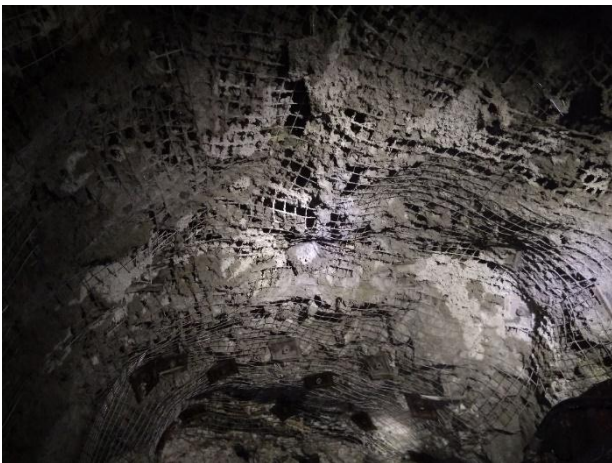
Untuk itu diperlukan penelitian mengenai analisis kestabilan lubang bukaan berdasarkan pemantauan konvergen batuan serta analisis dan simulasi penyanggaan menggunakan *software Phase 2* untuk mendapatkan rekomendasi sistem penyanggaan pada CH 677.

## 2. Kajian Teori

### 2.1. Penyanggaan

Penyanggaan (*support*) merupakan salah satu dari aktifitas penambangan bawah tanah yang dilakukan untuk menyediakan kekuatan langsung maupun tidak langsung pada batuan yang massa batuan telah dirubah dari kondisi semula. Penggalian menimbulkan retakan dan daerah bebas tegangan. Dimana karena pertumbuhan daerah bebas tegangan (kehancuran batuan) ini, volumenya bertambah besar dan terdorong keluar dalam terowongan yang dapat mempersempit penampang terowongan atau menjadi beban mati yang dapat menimbulkan batuan ambruk. Tujuan utama dari penyanggaan di tambang bawah tanah adalah untuk mempertahankan luas dan bentuk bidang penampang yang cukup dan melindungi pekerja dan sarana dari resiko tertimpa reruntuhan<sup>[5]</sup>.

Jenis penyanggaan terbagi dua, yaitu penyangga pasif yang bersifat mendukung batuan yang akan runtuh dan tidak melakukan reaksi langsung terhadap beban yang diterima. Contoh penyangga pasif adalah kayu, penyangga baja dan beton tembak (*shotcrete*). Sedangkan jenis penyangga lainnya adalah penyangga aktif yang bersifat melakukan reaksi langsung (*yield*) dan memperkuat batuan tersebut secara langsung (*reinforcement*). Contoh penyangga ini adalah baut batuan dan *stell prop & kappe*<sup>[5-7]</sup>.



Gambar 1. Shotcrete and Mesh

### 2.2. Metode Penanganan Stabilitas Lubang Bukaan pada Penambangan Bawah Tanah

Metode rancangan yang tersedia untuk memperkirakan stabilitas medan kerja penambangan dan lubang bukaan dapat dikategorikan sebagai berikut:

#### 2.2.1. Metode Analitik (Analytical Method))

Metode analitik digunakan untuk menganalisis tegangan dan deformasi di sekitar lubang bukaan.

#### 2.2.2. Metode Observasi/Pengamatan

Metode pengamatan adalah mengadakan analisis berdasarkan pada data pemantauan pergerakan massa batuan sewaktu penggalian untuk mengamati ketidakmampuan dan analisis interaksi penyanggaan terhadap massa batuan.

#### 2.2.3. Metode Empirik (Empirical Method)

Metode empirik memperkirakan stabilitas sebuah tambang bawah tanah dan lubang bukaan dengan menggunakan analisis statistik pengamatan bawah tanah.

### 2.3. Pemantauan (Monitoring)

Beberapa ahli mekanika batuan mengemukakan beberapa faktor dasar yang mempengaruhi kestabilan pada lubang bukaan tambang dan terowongan adalah keadaan tegangan di sekitar lubang bukaan, interaksi tegangan dan regangan antara lubang bukaan yang berdekatan, sifat mekanik dari massa batuan dan sifat lain dari perlapisan batuan dimana penggalian dilakukan, keadaan air tanah; bila air tanah dalam jumlah besar sebaiknya perlu dilakukan sistem penyaliran yang baik untuk kestabilan lubang bukaan, macam-macam metode penggalian lubang bukaan dan tipe dan jenis peyangga yang dipakai.

PT. Cibaliung Sumberdaya menggunakan sebagai alat ukur perpindahan konvergen untuk mengetahui kestabilan lubang bukaan.



Gambar 2. Konvergenmeter

Data perpindahan yang didapat akan menjadi parameter dasar dalam analisis selanjutnya baik untuk kemantapan lubang bukaan, evaluasi penyanggaan maupun analisis balik. Pemantauan harus rutin dilaksanakan dan menjadi bagian dari system penambangan agar potensi kegagalan struktur dapat diketahui sejak dini dan dapat segera dilakukan langkah antisipasinya.

Tujuan utama pemantauan insitu adalah untuk menentukan kondisi stabilitas bukaan bawah tanah dengan cara memberikan data kuantitatif mengenai kondisi perilaku massa batuan dan penyanggaan<sup>[8]</sup>. Pada

dasarnya, rancangan sebuah bukaan bawah tanah adalah rancangan sistem penyanggaan<sup>[9]</sup>. Pengukuran perpindahan di lubang bukaan bawah tanah terbukti paling bermanfaat. Ada dua alasan utama, pertama, perpindahan adalah suatu kuantitas yang bisa diukur secara langsung dan dipantau secara kontinu (dan relatif lebih mudah). Kedua, pengukuran perpindahan memberikan informasi mengenai pergerakan keseluruhan massa batuan dalam daerah pengukuran dan tidak menampilkan variabilitas yang besar.

Pengukuran dengan konvergenmeter adalah mengukur jarak antara dua titik yang ada di dinding terowongan. Jika jarak antara dua titik mula mula besarnya  $L_0$  dan setelah waktu ke- $t$ , ke dua titik tersebut diukur kembali, didapat jarak  $L$ , maka perpindahan relatif atau konvergen dari titik 1 dan 2 pada waktu ke- $t$  adalah:

$$AL = L_0 - L_t \quad (1)$$

Keterangan :

$AL$  = konvergen dari dua titik pantau, pada waktu ke- $t$ , mm

$L_0$  = jarak dua titik pantau mula mula, mm

$L$  = jarak dua titik pantau setelah waktu ke- $t$ , mm

Dari perhitungan konvergen akan menghasilkan dua kemungkinan yaitu: Nilai  $AL$  bertanda positif, artinya dinding dan atap terowongan yang diukur makin mengecil, karena jarak akhir ( $L$ ) semakin pendek. Kemudian nilai  $AL$  bertanda negatif, artinya dinding dan atap terowongan yang diukur makin membesar, karena jarak akhir ( $L_t$ ) semakin panjang.

Tiga parameter perpindahan yang dapat digunakan sebagai kriteria kemandapan lubang bukaan adalah:

### 2.3.1. Besar Perpindahan

Kondisi batuan mengalami ketidakstabilan apabila perpindahan yang teramati lebih besar dibandingkan perpindahan yang diperkirakan dari teori elastik. Berdasarkan pengamatan di 13 lubang bukaan bawah tanah besar, Cording mengemukakan bahwa perpindahan dan loosening sepanjang bidang lemah mulai terjadi ketika perpindahan yang teramati tiga kali lebih besar dari perpindahan elastiknya. Jika perpindahan tersebut melebihi perhitungan perpindahan elastik sebesar lima sampai sepuluh kali, maka prosedur penggalian dan penyanggaan harus dimodifikasi untuk menghindari pergerakan yang lebih besar<sup>[10]</sup>.

Dengan mengetahui nilai modulus deformasi massa batuan ( $E_m$ ) maka dapat dihitung regangan vertikal ( $\epsilon_v$ ) yang terjadi akibat tegangan vertikal ( $\sigma_v$ ) dengan persamaan<sup>[11]</sup>:

$$\epsilon_v = \sigma_v / E_m \quad (2)$$

$E_m$  = deformasi batuan, MPa

$\sigma_v$  = tegangan vertikal, MPa

$\epsilon_v$  = regangan vertikal

Akibat adanya tegangan vertikal maka regangan yang diperoleh dari persamaan di atas adalah regangan arah vertikal. Sementara dari hasil pengukuran konvergenmeter diperoleh perpindahan dalam arah horizontal ( $\epsilon_H$ ). Untuk itu regangan arah vertikal harus

dikonversikan ke arah horizontal dengan dikalikan dengan *poisson ratio* ( $\nu$ ).

$$\epsilon_H = \epsilon_v \times \nu \quad (3)$$

$\nu$  = poisson ratio

$\epsilon_v$  = regangan vertikal

Hubungan tegangan-regangan dengan asumsi jarak awal adalah horizontal (lebar bukaan /  $B$ ), sehingga dapat dihitung perpindahan yang terjadi akibat adanya tegangan pada lokasi pemantauan berdasarkan teori elastik. Sedangkan untuk batas maksimal regangan menurut Cording (1974) perpindahan mencapai 5 kali dari perpindahan elastisnya. Persamaan dapat dilihat pada persamaan 4.

$$\delta = \epsilon_H \times B \quad (4)$$

$\delta$  = Perpindahan elastis (m)

$\epsilon_H$  = Regangan arah horizontal

$B$  = Lebar lubang bukaan (m)

### 2.3.2. Kecepatan Perpindahan

Dalam menentukan kriteria kestabilan berdasarkan kecepatan perpindahan, Cording tidak menyertakan data tentang kondisi massa batuan. Jenis penyangga yang dipakai dan tempat pemantauan yang dilakukan. Berdasarkan hasil pengamatan disebutkan bahwa dinding lubang bukaan bawah tanah dikategorikan stabil jika kecepatan perpindahannya 0,001 mm/hari. Kecepatan perpindahan 0,05 mm/hari sudah tergolong besar dan membahayakan untuk ruang penggalian yang besar (misal ruang pembangkit tenaga listrik bawah tanah). Jika dinding lubang bukaan mengalami kecepatan perpindahan melebihi 1 mm/hari maka penyangga harus ditambah karena sudah sangat membahayakan.

Kemudian Zhenxiang melakukan hal serupa dengan mengadakan pengamatan kecepatan perpindahan pada terowongan di Xiaken dan Lingqian (Cina). Kedua terowongan tersebut mempunyai lebar sekitar 6 m dengan tebal *overburden* 20 m sampai 24 m, dan massa batuan pembentuk lubang bukaan mempunyai nilai  $Q$  yang berkisar 0,067 - 0,208 (massa batuan masuk dalam kategori sangat buruk sekali sampai sangat buruk). Penyanggaan setelah penggalian dilakukan dengan memberi lapisan *shotcrete* setebal 5 cm pada dinding lubang, kemudian dikombinasi dengan memasang baut batuan panjang 2 m setiap spasi 1 m. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa dinding lubang dikategorikan stabil jika mengalami perpindahan dengan kecepatan 0,2 mm/hari. Perpindahan dinding dengan kecepatan 3 mm/hari dikategorikan belum cukup aman, kecepatan perpindahan sebesar itu perlu diperkecil dengan menambahkan sistim penyangga yang ada (dalam kasus terowongan Xiaken dan Lingqian dilakukan dengan menambah jumlah baut batuan). Bila kecepatan perpindahan turun hingga mencapai 1 mm/hari, merupakan pertanda bahwa dinding lubang sedang mencapai tahap awal untuk menuju kondisi stabil. Bila kecepatan perpindahan mencapai 10 mm/hari dinding lubang dikategorikan berbahaya. Perhitungan kecepatan perpindahan ditulis dengan persamaan:

$$\left| v = \frac{\ln - l_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \cdot 24 \right| \quad (5)$$

- $v$  = laju konvergensi (mm/hari)
- $\ln$  = angka pengukuran perpindahan (mm)
- $\ln-1$  = angka pengukuran perpindahan sebelumnya (mm)
- $t_n$  = waktu pengukuran perpindahan (jam)
- $n-1$  = waktu pengukuran perpindahan sebelumnya (jam)
- 24 = faktor pengali; 24 jam/hari

### 2.3.3. Kecepatan Konvergensi

Ghosh dan Ghose menggunakan kecepatan konvergensi (*convergency velocity*) sebagai indikator stabilitas lubang bukaan di tambang bawah tanah, dengan menyatakan hubungan antara kecepatan kritis dan kecepatan konvergensi maksimum dengan *Rock Mass Rating* sebagai berikut.

$$v_r = 2.25B \left(\frac{\gamma}{1000}\right)^{0.66} \left(\frac{100-R}{100}\right)^6 \quad (6)$$

$$v_{r \max} = 3.3B^{0.55} \left(\frac{\gamma}{1000}\right)^{0.36} \left(\frac{100-R}{100}\right)^{3.3} \quad (7)$$

Keterangan:

- $v_r$  = kecepatan kritis, mm/hari
- $v_r \max$  = kecepatan konvergensi maksimum, mm/hari
- $B$  = lebar lubang bukaan, m
- $\gamma$  = bobot isi kering, kg/m<sup>3</sup>
- $R$  = *Rock Mass Rating*

Kecepatan kritis dapat dianggap sebagai peringatan pertama ketidakmampuan lubang bukaan, apabila kecepatan konvergensi mencapai nilai di atas nilai kritis maka atap perlu disangga untuk mencegah atap runtuh. Jika kecepatan konvergensi lebih kecil daripada nilai kecepatan kritis maka atap dapat dianggap dalam kondisi aman. Jadi kecepatan kritis adalah batas bawah dimana ketidakmampuan mulai terjadi, sedangkan batas atasnya adalah kecepatan maksimum yang jika kecepatan konvergensi telah mencapai batas ini maka atap akan segera runtuh.

## 2.4. Fase-Fase Batuan dan Zona Plastis

Batuan mempunyai perilaku yang berbeda-beda pada saat menerima beban. Perilaku ini dapat ditentukan dengan pengujian di laboratorium yaitu dengan pengujian kuat tekan. Adapun fase-fase yang terjadi pada batuan saat mendapatkan tekanan adalah sebagai berikut:

### 2.4.1 Closing Crack

Fase ini terjadi pada awal saat batuan diberikan tekanan, pada fase ini yang terjadi adalah penutupan pada pori-pori batuan sehingga pori-pori tersebut tidak memiliki ruang lagi. Pada setiap batuan fase ini berbeda-beda, tergantung pada jenis dan kekuatan batuan masing-masing.

### 2.4.2 Elastik

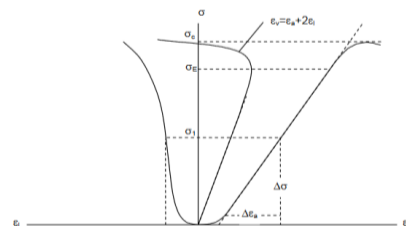
Batuan dikatakan berperilaku elastik apabila tidak ada deformasi permanen pada saat tegangan dihilangkan (dibuat nol). Dari kurva tegangan-regangan hasil pengujian kuat tekan terdapat dua macam sifat elastik, yaitu elastik linier dan elastik non linier. Pada fase ini batuan bisa mengembalikan posisinya seperti bentuk awal batuan tersebut.

### 2.4.3 Plastis

Fase ini adalah lanjutan dari fase sebelumnya, dimana pada fase ini batuan mengalami perubahan ukuran dan tidak bisa kembali pada posisi awalnya. Sehingga jika tekanan dilepaskan maka batuan akan berubah bentuk dan ukurannya. Pada fase inilah kondisi batuan harus diantisipasi oleh bidang geotek tambang bawah tanah. Sehingga kondisi plastis pada batuan merupakan kondisi yang diberikan penyanggaan pada kondisi dan fase batuan. Kondisi plastis ini juga disebut juga dengan *yield zone*. Kurva stress strain bisa dilihat pada di bawah ini.

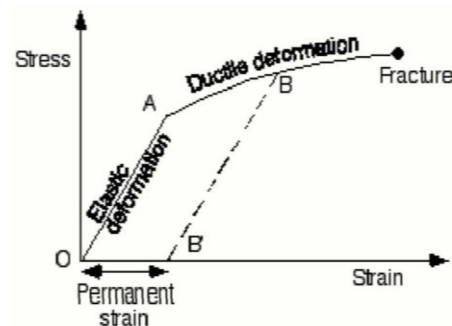
kurva tegangan-regangan (stress-strain) untuk tiap percontoh batu, kemudian dari kurva ini dapat ditentukan sifat mekanik batuan :

1. Kuat tekan  $\sigma_c$
2. Batas Elastik  $\sigma_E$
3. Modulus Young  $E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon_s}$  .....(2.9)
4. Poisson's Ratio  $\nu = \frac{\epsilon_{II}}{\epsilon_{41}}$  .....(2.10)



Gambar 3. Kurva Stress-Strain

Strain – Elastic, Plastic, Brittle



Gambar 4. Kurva Stress-Strain 2

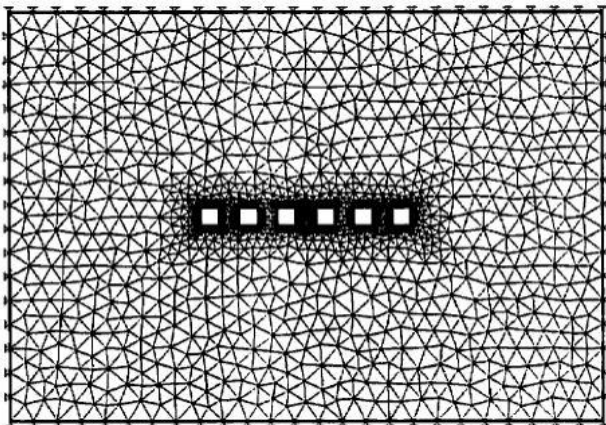
## 2.5. Klasifikasi Massa Batuan

Sistem *Rock Mass Rating* atau dikenal dengan *Geomechanics Classification* telah dimodifikasi berulang

kali ketika informasi baru dari studi-studi kasus yang diperoleh dan menjadikannya sesuai dengan Standar Internasional dan prosedur. RMR terdiri dari 5 parameter utama dan 1 parameter pengontrol (Poin 6) untuk membagi massa batuan<sup>[12-14]</sup>. Parameter klasifikasi massa batuan berupa UCS (*Uniaxial Compressive Strength*), RQD, spasi bidang diskontinu, kondisi bidang diskontinu, kondisi air tanah serta koreksi orientasi kekar.

## 2.6. Permodelan Numerik

Metoda elemen hingga adalah salah satu metoda numerik yang menggunakan pendekatan differensial<sup>[15-17]</sup>. Metoda ini dapat digunakan untuk menganalisis kondisi tegangan dan regangan pada suatu struktur batuan yang sangat kompleks. Prinsip dasar perhitungannya adalah dengan cara membagi suatu media continuum menjadi beberapa elemen yang lebih kecil (*diskretize*). Elemen yang lebih kecil ini merupakan elemen berhingga dan umumnya memiliki bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan dengan continuumnya. Salah satu perangkat lunak (*software*) yang sering digunakan dalam permodelan kondisi suatu struktur batuan yang sangat kompleks yaitu *Phase2* yang dikembangkan oleh *Rockscience*. Mesh dengan elemen hingga untuk program *Phase2* bisa dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Mesh dengan elemen hingga untuk program Phase2

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1. Lokasi Penelitian

PT. Cibaliung Sumberdaya terletak di Desa Mangkualam, Padasuka, Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten tepatnya berada di ujung Barat Daya Pulau Jawa. Perusahaan ini memiliki luas wilayah IUP eksplorasi seluas 7.811 ha yang terdiri dari luas IUP seluas 6.471 ha dan luas IUP eksploitasi 1.340 ha. Secara geografis, perusahaan ini terletak pada koordinat 568000 mE – 574000 mE dan 9250000 mN – 9256000 mN.



Gambar 6. Peta Lokasi PT. Cibaliung Sumberdaya

### 3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian dalam tugas akhir ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan atau melakukan deskripsi angka-angka yang telah diolah sesuai standarisasi tertentu. Data yang akan ditampilkan pada penelitian ini adalah data kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah metode meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi memandang realita atau gejala atau fenomena itu dapat diklasifikasikan relatif tetap, konkret, teramati, terukur dan hubungan gejala bersifat sebab akibat<sup>[18]</sup>.

### 3.3. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian<sup>[19]</sup>.

Tahap selanjutnya yaitu observasi lapangan tujuan mengamati kondisi lapangan pada tahap awal proses pelaksanaan kegiatan adalah supaya dapat membantu dalam analisis pemilihan studi kasus kritis yang terjadi di lapangan, kemudian untuk mengetahui batasan – batasan wilayah penelitian. Pengamatan kondisi lapangan juga bertujuan memahami kondisi lapangan serta mengetahui teknis pengumpulan data yang akan dilakukan. Studi kasus yang penulis pilih adalah pemantauan konvergen pada blok Cikoneng.

Tahap selanjutnya kegiatan pengukuran konvergen merupakan salah satu kegiatan pengamatan (*monitoring*) terhadap deformasi batuan yang terjadi pada terowongan. PT. CSD mempunyai lubang bukaan aktif dengan nama portal Cikoneng yang memiliki dua lokasi aktif yaitu blok Cikoneng dan blok Cibitung. Saat penelitian dilakukan, lokasi aktif penambangan hanya dilakukan di lokasi Cibitung, sedangkan untuk lokasi

Cikoneng difokuskan pada development *decline* untuk kemajuan terowongan.

### 3.4. Teknik Analisis Data

Dari pengamatan konvergen didapatkan keadaan CH 677 blok Cikoneng mengalami perpindahan yang cukup besar sehingga dibutuhkan analisis kestabilan lubang bukaan. Analisis dilakukan dengan menggunakan metoda elemen hingga dan kriteria runtuh Hoek dan Brown. Kemudian dilakukan simulasi penyanggaan untuk mendapatkan sistem penyanggaan agar lubang bukaan stabil. Analisis dan simulasi dilakukan menggunakan *software* Phase 2.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Klasifikasi Massa Batuan

Tabel 2. Hasil Klasifikasi Massa Batuan

Parameter	Besaran/Bobot	Rating
Kuat Tekan Batuan (MPa)	25-50 MPa	4
RQD	25%-50%	8
Spasi Bidang Diskontinue	Rapat (60mm-200mm)	8
Kondisi Rekahan :		
1. Kemenerusan	Sedang (3m-10m)	2
2. Rekahan		4
3. Kekasaran	Sedang	1
4. Material Pengisi	(0,1mm-1 mm)	1
5. Tingkat Pelapukan	Halus Lunak (<5mm) Tinggi	1
Kondisi Air Tanah	Basah-Menetes	7
Orientasi Kekar Terhadap Arah Penggalian	Memotong arah kemajuan	-5
<b>Nilai RMR</b>	<b>31 (Poor) / Q=0,24</b>	

### 4.2. Monitoring Konvergen

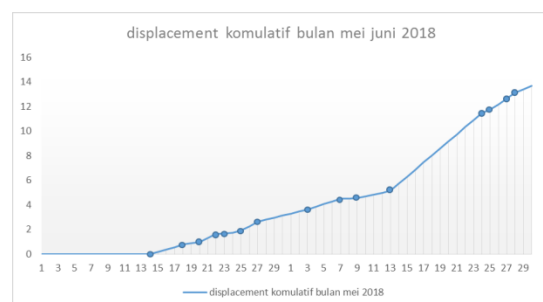
Tabel 3. Hasil Pengukuran Konvergen

No	Monitoring	Konvergen (mm)	Displacement (mm)
1	5/14/18 9:11	4283,33	0,000
2	5/18/18 9:11	4282,55	0,775
3	5/20/18 9:11	4282,36	0,190
4	5/22/18 9:11	4281,71	0,650
5	5/23/18 9:11	4281,65	0,065
6	5/25/18 9:11	4281,43	0,220
7	5/27/18 9:11	4280,68	0,745
8	6/3/18 9:11	4279,69	0,990
9	6/7/18 9:11	4278,82	0,870
10	6/9/18 9:11	4278,79	0,030

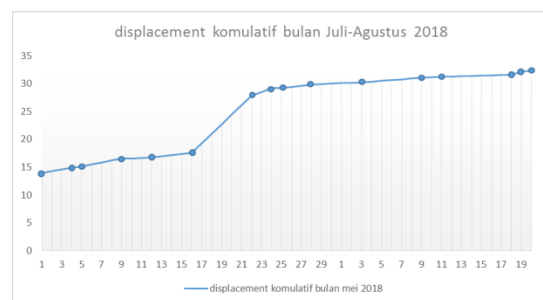
No	Monitoring	Konvergen (mm)	Displacement (mm)
11	6/13/18 9:11	4278,17	0,620
12	6/24/18 9:11	4271,85	6,320
13	6/25/18 9:11	4271,59	0,265
14	6/27/18 9:11	4270,68	0,910
15	6/28/18 9:11	4270,20	0,480
16	7/1/18 9:11	4269,36	0,835
17	7/4/18 9:11	4268,48	0,885
18	7/5/18 9:11	4268,19	0,290
19	7/9/18 9:11	4266,77	1,415
20	7/12/18 9:11	4266,62	0,150
21	7/16/18 9:11	4265,75	0,870
22	7/22/18 9:11	4255,45	10,305
23	7/24/18 9:30	4254,16	1,290
24	7/25/18 9:30	4254,10	0,060
25	7/28/18 9:20	4253,51	0,585
26	8/3/18 9:20	4253,07	0,440
27	8/9/18 9:11	4252,29	0,780
28	8/11/18 9:11	4252,06	0,230
29	8/18/18 9:11	4251,75	0,315
30	8/19/18 9:11	4251,09	0,655
31	8/20/18 9:11	4251,04	0,050

### 4.3. Besar Perpindahan

#### 4.3.1. Besar perpindahan CH 677



Gambar 7. Displacement komulatif Bulan Mei-Juni 2018



Gambar 8. Displacement komulatif Bulan Juli-Agustus 2018

Perpindahan kumulatif terbesar tercatat sebesar 32,285 mm pada tangga 20 Agustus 2018, serta mencapai perpindahan terbesar pada tanggal 22 Juli 2018 dengan besar perpindahan 10,305 mm.

#### 4.3.2. Perpindahan Maksimum

**Tabel 4.** Parameter batuan

sigt	-0.0120238	MPa
sigc	0,717978	MPa
sigcm	7,95493	MPa
Em	401,571	MPa

*Report data Rocklab*

Dengan mengetahui nilai modulus deformasi massa batuan (Em) maka dapat dihitung regangan vertikal ( $\epsilon_v$ ) yang terjadi akibat tegangan vertikal ( $\sigma_v$ ) dengan persamaan:

$$\begin{aligned}\epsilon_v &= \sigma_v / E_m \\ &= 7,954 \text{ MPa} / 401,571 \text{ MPa} \\ &= 0,01981\end{aligned}$$

Akibat adanya tegangan vertikal maka regangan yang diperoleh dari persamaan di atas adalah regangan arah vertikal. Sementara dari hasil pengukuran konvergenmeter diperoleh perpindahan dalam arah horizontal (EH). Untuk itu regangan arah vertikal harus dikonversikan ke arah horizontal dengan dikalikan dengan poisson ratio ( $\nu$ ).

$$\begin{aligned}EH &= \epsilon_v \times \nu \\ &= 0,01981 \times 0,25 \\ &= 0,004952\end{aligned}$$

Hubungan tegangan-regangan dengan asumsi jarak awal adalah horizontal (lebar bukaan / B = 4,2), sehingga dapat dihitung perpindahan yang terjadi akibat adanya tegangan pada lokasi pemantauan berdasarkan teori elastik. Sedangkan untuk batas maksimal regangan adalah apabila perpindahan mencapai 5 kali dari perpindahan elastisnya.

$$\begin{aligned}\delta &= EH \times B \\ &= 0,004952 \times 4,2 \text{ m} \\ &= 0,020798 \text{ m} \\ \delta_{\max} &= \delta \times 5 \\ &= 0,020798 \text{ m} \times 5 \\ &= 0,103992 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.3.3. Kecepatan Perpindahan

Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk mengetahui pengaruh atau hubungan secara linear antara satu variabel independen dengan satu variabel dependen.

#### 4.3.3.1. Regresi Linear Sederhana GCV dan Total Moisture

**Tabel 5.** Hasil perhitungan kecepatan perpindahan CH 677

NO	Monitoring	Lama Pengamatan (hari)	displacement (mm)	Kecepatan perpindahan perhari (v)
1	5/14/18 9:11	0	0,000	0,000
2	5/18/18 9:11	4	0,775	0,194
3	5/20/18 9:11	2	0,190	0,095
4	5/22/18 9:11	2	0,650	0,325
5	5/23/18 9:11	1	0,065	0,065
6	5/25/18 9:11	2	0,220	0,110
7	5/27/18 9:11	2	0,745	0,372
8	6/3/18 9:11	7	0,990	0,141
9	6/7/18 9:11	4	0,870	0,217
10	6/9/18 9:11	2	0,030	0,015
11	6/13/18 9:11	4	0,620	0,155
12	6/24/18 9:11	11	6,320	0,575
13	6/25/18 9:11	1	0,265	0,265
14	6/27/18 9:11	2	0,910	0,455
15	6/28/18 9:11	1	0,480	0,480
16	7/1/18 9:11	3	0,835	0,278
17	7/4/18 9:11	3	0,885	0,295
18	7/5/18 9:11	1	0,290	0,290
19	7/9/18 9:11	4	1,415	0,354
20	7/12/18 9:11	3	0,150	0,050
21	7/16/18 9:11	4	0,870	0,217
22	7/22/18 9:11	6	10,305	1,718
23	7/24/18 9:30	2	1,290	0,641
24	7/25/18 9:30	1	0,060	0,060
25	7/28/18 9:20	3	0,585	0,195
26	8/3/18 9:20	6	0,440	0,073
27	8/9/18 9:11	6	0,780	0,130
28	8/11/18 9:11	2	0,230	0,115
29	8/18/18 9:11	7	0,315	0,045
30	8/19/18 9:11	1	0,655	0,655
31	8/20/18 9:11	1	0,050	0,050

Dari data di atas diketahui bahwa kecepatan maksimum yang terjadi pada CH 677 adalah pada tanggal 22 Juli 2018 yaitu sebesar 1,718 mm/hari.

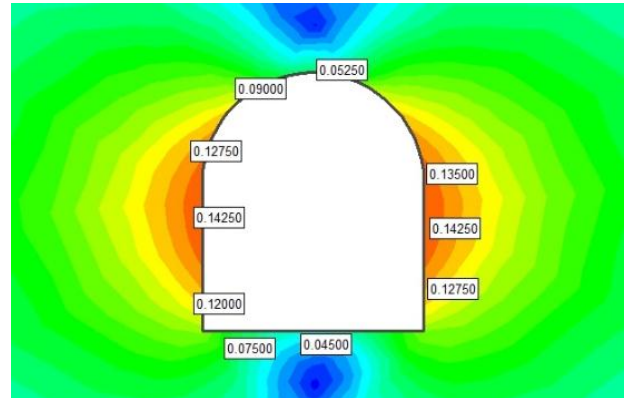
#### 4.3.4. Analisis Kestabilan Lubang Bukaannya

Analisis kestabilan lubang bukaan kriteria kecepatan perpindahan menurut Cording dan Zhenxiang dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 6.** Analisis kestabilan berdasarkan kecepatan perpindahan

NO	Kecepatan perpindahan (mm/hari)	Cording		Zhenxiang	
		0,001	Stabil	$\leq 0,2$	Stabil
		$>0,05$	Relatif stabil	$0,2 - 3$	Relatif stabil
		$\geq 1$	Tidak stabil	$\geq 3$	Tidak stabil
1	0,000		stabil		stabil
2	0,194		kritis		stabil
3	0,095		kritis		stabil
4	0,325		kritis		kritis
5	0,065		kritis		stabil
6	0,110		kritis		stabil
7	0,372		kritis		kritis
8	0,141		kritis		stabil
9	0,217		kritis		kritis
10	0,015		stabil		stabil
11	0,155		kritis		stabil
12	0,575		kritis		kritis
13	0,265		kritis		kritis
14	0,455		kritis		kritis
15	0,480		kritis		kritis
16	0,278		kritis		kritis
17	0,295		kritis		kritis
18	0,290		kritis		kritis
19	0,354		kritis		kritis
20	0,050		kritis		stabil
21	0,217		kritis		kritis
22	1,718		tidak stabil		kritis
23	0,641		kritis		kritis
24	0,060		kritis		stabil
25	0,195		kritis		stabil
26	0,073		kritis		stabil
27	0,130		kritis		stabil
28	0,115		kritis		stabil
29	0,045		stabil		stabil
30	0,655		kritis		kritis
31	0,050		kritis		stabil

Analisis kestabilan lubang bukaan dilakukan dengan menggunakan perhitungan numerik dengan Phase 2 yang dibandingkan dengan perpindahan elastis maksimal ( $\delta = 0,103992$  m).



**Gambar 9.** Total Displacement Lubang bukaan

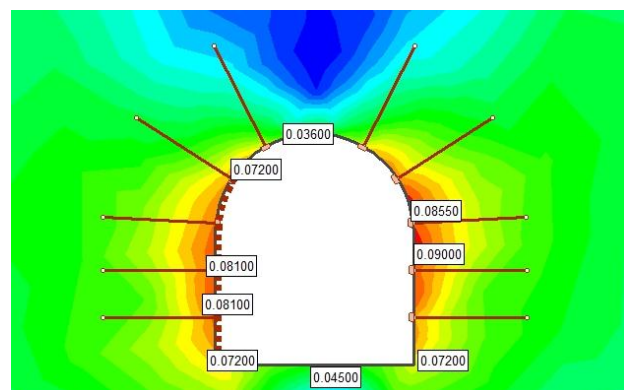
Nilai perpindahan yang tercatat pada dinding lubang bukaan adalah 0,1275 m, 0,1425 m dan 0,1200 m pada dinding kiri serta sebesar 0,1350 m, 0,1425 m dan 0,1275 m pada dinding kanan lubang bukaan. Nilai total perpindahan melebihi deformasi maksimal yaitu 0,104 m sehingga lubang bukaan dikategorikan “tidak stabil”.

#### 4.3.5. Simulasi Sistem Penyangga

Dari hasil analisis diketahui bahwa lubang bukaan tidak stabil berdasarkan teori kecepatan perpindahan dan gambaran model 2D. Untuk itu diperlukan simulasi kombinasi sistem penyangga agar mencapai kestabilan lubang bukaan dan memperkecil total displacement. Simulasi dilakukan dengan cara *trial error* dengan mengkombinasikan penyangga berupa penggunaan jumlah *bolt*, spasi *bolt*, ketebalan *shotcrete* dan letak penyangga. Simulasi merekomendasikan sistem penyangga dilakukan dengan menggunakan kombinasi *shotcrete* dan *rock bolt* jenis *split set* dengan panjang 2,4 m.

##### 4.3.5.1. Simulasi A

Menggunakan 10 buah *split set* dengan spasi 1 m dan *shotcrete* setebal 50 mm pada dinding kiri.

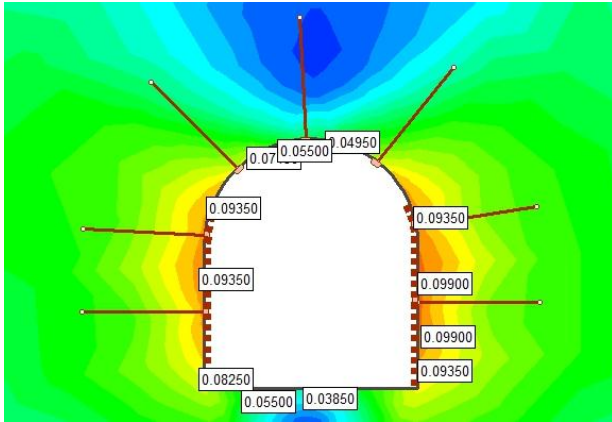




**Gambar 10.** Total Perpindahan dengan Simulasi A

**4.3.5.2. Simulasi B**

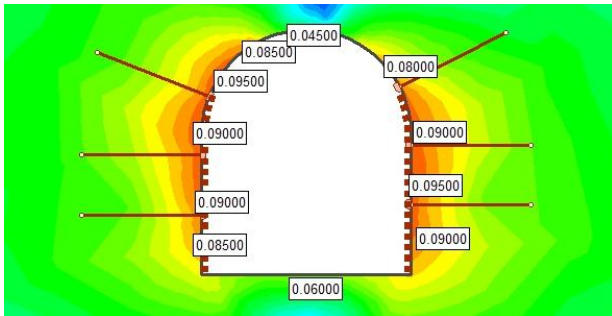
Menggunakan 7 buah *split set* dengan spasi 1,5 m dan *shotcrete* di dinding kiri dan kanan setebal 100 mm.



**Gambar 11.** Total Perpindahan dengan Simulasi B

**4.3.5.3. Simulasi C**

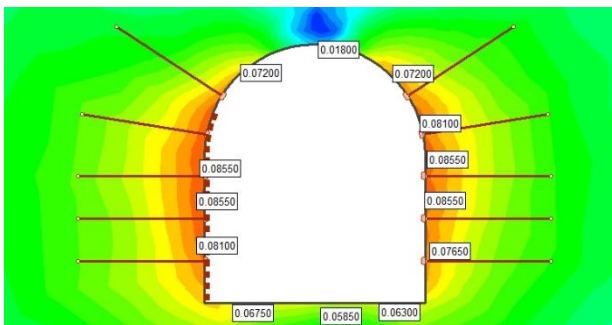
Menggunakan 6 buah *split set* dengan spasi 1,2 m dan *shotcrete* di dinding kiri dan kanan setebal 100 mm.



**Gambar 12.** Total Perpindahan dengan Simulasi C

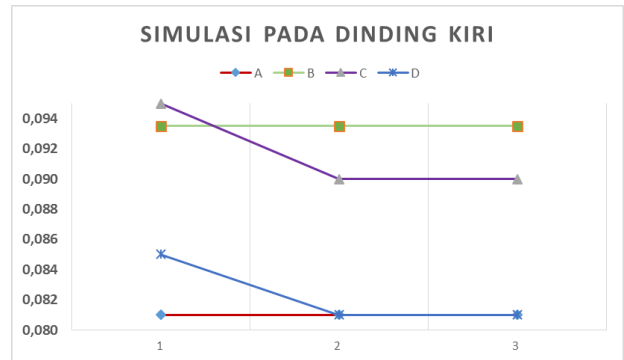
**4.3.5.4. Simulasi D**

Menggunakan 10 buah *split set* dengan spasi 0,8 m dan *shotcrete* di dinding kiri setebal 100 mm.

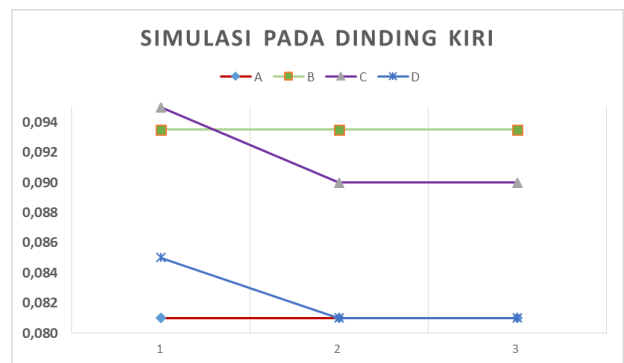


**Gambar 13.** Total Perpindahan dengan Simulasi D

Dari hasil simulasi didapat penurunan nilai perpindahan pada dinding kiri dan dinding kanan lubang bukaan, dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 14.** Total Perpindahan pada Dinding Kiri



**Gambar 15.** Total Perpindahan pada Dinding Kanan

Dari simulasi di atas, penulis memilih simulasi D sebagai rekomendasi sistem penyangga, yaitu pemasangan *shotcrete* setebal 100 mm pada dinding kiri lubang bukaan, penggunaan *rock bolt* jenis *split set* dengan spasi 0,8 m sebanyak 5 buah pada dinding kiri dan sebanyak 5 buah pada dinding kanan.

Dari hasil rekomendasi sistem penyangga, diketahui bahwa total perpindahan pada lubang bukaan berkurang hingga tidak melebihi perpindahan elastis maksimal, yaitu di dinding kiri menjadi 0,085 m dan 0,081 m dan di dinding kanan menjadi 0,081 m, 0,085 m dan 0,076 m.

**5. Kesimpulan dan Saran**

**5.1. Kesimpulan**

1. Besar nilai total perpindahan maksimum dan kecepatan perpindahan maksimum yang terjadi pada *decline* Cikoneng CH 677 dalam 4 bulan (Mei, Juni, Juli dan Agustus 2018) adalah pada tanggal 22 Juli 2018 yaitu perpindahan sebesar 10,305 mm dan kecepatan perpindahan 1,718 mm/hari serta total perpindahan kumulatif 32,285 mm.
2. Lubang bukaan dinilai “tidak stabil” berdasarkan total perpindahan, dinyatakan “kritis” berdasarkan kategori kecepatan perpindahan lubang bukaan

menurut Cording dan kategori rata-rata “kritis” berdasarkan kriteria Zhenxiang.

3. Hasil pemodelan 2 D lubang bukaan CH 677 dengan software Phase 2 menunjukkan lubang bukaan tidak stabil.
4. Rekomendasi sistem penyanggaan dari hasil simulasi berupa kombinasi penggunaan *shotcrete* *shotcrete* setebal 100 mm pada dinding kiri lubang bukaan, penggunaan *rock bolt* jenis *split set* sepanjang 2,4 m dengan spasi 0,8 m sebanyak 5 buah pada dinding kiri dan sebanyak 5 buah pada dinding kanan. Dari hasil rekomendasi sistem penyangga, diketahui bahwa total perpindahan pada lubang bukaan berkurang hingga tidak melebihi perpindahan elastis maksimal, yaitu di dinding kiri menjadi 0,085 m dan 0,081 m serta di dinding kanan menjadi 0,081 m, 0,085 m dan 0,076 m.pada dinding kanan lubang bukaan CH 677.

## 5.2. Saran

1. Kegiatan pemantauan konvergen pada lubang bukaan sebaiknya selalu dilakukan agar dapat mengendalikan stabilitas struktur bukaan dengan mengetahui deformasi yang terjadi berdasarkan karakteristik perpindahan.
2. Rekomendasi sistem penyanggaan dapat menjadi referensi bagi perusahaan dalam menganalisis kestabilan lubang bukaan namun butuh diteliti lebih lanjut pada karakteristik material yang berbeda.

## Daftar Pustaka

- [1] Sirait, S. H., Widodo, N. P., & Simanjuntak, M. (2013). *Study on estimation of re-entry time after blasting in underground mining PT Cibaliung Sumberdaya, Indonesia*. In Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology.
- [2] Angeles, C. A., Prihatmoko, S., & Walker, J. S. (2002). *Geology and alteration-mineralization characteristics of the Cibaliung epithermal gold deposit, Banten, Indonesia*. Resource Geology, 52(4), 329-339
- [3] Hoek, E., E. T. Brown. 1980. *Underground Excavations in Rock*. London: E & FN Spon.
- [4] Koesnaryo, S. 2010. *Buku Panduan Praktek Tambang Bawah Tanah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan.
- [5] Prasentianto, W. E., & Heriyadi, B. (2018). *Analisis Penyanggaan Berdasarkan Karakteristik Batuan Pada Atap dan Dinding Lubang Tambang Batubara Bawah Tanah BMK-04 di CV. Bara Mitra Kencana, Kecamatan Talawi, Sawahlunto*. Bina Tambang, 3(3), 1122-1132.
- [6] Melati, S. (2016). *Induced stress determination and the risk assessment of roof collapse in room and pillar underground coal mining method*. In Seminar Nasional Riset Terapan (Vol. 1, pp. D27-D37).
- [7] Alfathoni, F., Komar, S., & Suwardi, F. R. (2017). *Evaluasi Teknis Sistem Penyanggaan Menggunakan Metode Rock Mass Rating (Rmr) System Pada Development Area (Ckn\_Dc) Tambang Emas Bawah Tanah Pt. Cibaliung Sumberdaya*. Jurnal Pertambangan, 1(2).
- [8] Desmawita, I., Kopa, R., & Gusman, M. (2018). *Analisis Kestabilan Lubang Bukaan Berdasarkan Klasifikasi Geomekanika Pada Tambang Bawah Tanah CV. Tahiti Coal, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Bina Tambang, 3(1), 365-378.
- [9] Djainal, H. (2008). *Evaluasi Penggunaan Rock Bolt Daerah Sill Ore Tambang Emas Bawah Tanah*. DINTEK, 1(1), 38-47.
- [10] Hakim, Romla Noor. (2016). *Monitoring Deformasi Dinding dan Atap Terowongan Tambang Emas Bawah Tanah Menggunakan Total Station Reflektorless*. Seminar Nasional Riset Terapan
- [11] Anggara. 2018. *Determination of Temporary Support of Squeezing Zone, Underground Mine PT. Cibaliung Sumberdaya*. IOP Convergence.
- [12] Syaeful, H., & Kamajati, D. (2015). *Analisis Karakteristik Massa Batuan di Sektor Lemajung, Kalan, Kalimantan Barat*. EKSPLORIUM, 36(1), 17-30.
- [13] Prengki, I., & Heriyadi, B. (2018). *Analisis Beban Runtuh dan Evaluasi Lubang Bukaan Berdasarkan Metode Rock Mass Rating dan Q-System pada Tambang Bawah Tanah CV. Bara Mitra Kencana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Bina Tambang, 3(4), 1729-1739.
- [14] Sutanti, A., & Wijaya, P. (2016). *Rancangan Teknis Penyanggaan Berdasarkan Kelas Massa Batuan Dengan Menggunakan Metode RMR dan Q-System di Terowongan Gudang Handak dan Pasir Jawa UBPE Pongkor PT. Aneka Tambang Persero Tbk. ReTII*.
- [15] Mahmud, G. (2013). *Pemodelan Pemasangan Penyangga Sementara Menggunakan Perangkat Lunak Phase 2 Pada Headrace Tunnel Chainage 45 M–155 M Di Plta Tulis Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah*. Geological Engineering E-Journal, 5(1), 122-138.
- [16] Sutanti, A., Nagara, B. D., Wiyono, B., & Wijaya, R. A. E. (2018). *Analisis Kestabilan Terowongan di Tambang Bawah Tanah Cross Cut 7 PT. Cibaliung Sumberdaya Pandeglang Banten*. ReTII.
- [17] Rahmadanil, Z., & Heriyadi, B. (2019). *Analisis Korelasi Overbreak Terhadap Yield Zone Pada Area 601 Crusher Complex Tambang Bawah Tanah Grasberg Block Cave PT. Freeport Indonesia*. Bina Tambang, 4(1), 307-319.
- [18] Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [19] A Murti Yusuf. (2013). *Metodologi Penelitian*. Padang: UNP Press.