



## KAJIAN TEKNIS KEMAJUAN LUBANG BUKAAN YANG OPTIMAL PADA PENAMBANGAN BIJIH EMAS

### TECHNICAL RESEARCH FOR HEADING ADVANCEMENT OPTIMIZATION IN GOLD MINING

B. Liusnando<sup>1</sup>, Mukiat<sup>2</sup>, Bochori<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Indralaya Km.32 Indralaya Sumatera Selatan, Indonesia  
E-mail: [byornliusnando@yahoo.co.id](mailto:byornliusnando@yahoo.co.id), [mukiats@yahoo.com](mailto:mukiats@yahoo.com)

#### ABSTRAK

PT Cibaliung Sumberdaya merupakan perusahaan yang bergerak di industri pertambangan emas di Indonesia. PT CSD menggunakan sistem penambangan tambang bawah tanah dengan metode *cut and fill*. Kegiatan penambangan bawah tanah di PT CSD dibagi menjadi dua aktivitas yaitu produksi dan *development*. Kegiatan peledakan berperan penting dalam siklus penambangan, untuk dapat membongkar *ore* ataupun *waste* agar dapat dibawa keluar. Keberhasilan peledakan dinilai dari hasil kemajuan peledakan yang didapat. Hasil peledakan PT CSD belum memenuhi target dari perusahaan (2 m / peledakan). Rata-rata kemajuan selama satu bulan yang didapat adalah 1,6 m di Cibitung *decline* dan 1,55 m di Cikoneng *decline*. Penelitian bertujuan untuk menghasilkan lubang bukaan dengan kemajuan yang lebih baik. Metode penelitian dilakukan dengan mempelajari parameter parameter yang mempengaruhi kemajuan lubang bukaan kemudian mengaplikasikannya ke lapangan. Parameter parameter yang berpengaruh terhadap kemajuan suatu peledakan adalah pola pengeboran, jumlah lubang ledak, jumlah lubang kosong, bahan peledak yang digunakan, dan urutan peledakan. Pola pengeboran yang digunakan di bagian *development* PT CSD adalah pola *burn cut* dengan 44 lubang ledak dan 1 lubang kosong di Cibitung *decline* dan Cikoneng *decline*. Rancangan pola pengeboran dilakukan dengan melakukan perhitungan pola pengeboran baru menggunakan rumus Jimeno. Hasil perhitungan untuk Cibitung *decline* adalah menggunakan 39 lubang ledak dan 4 lubang kosong sedangkan Cikoneng *decline* menggunakan 35 lubang ledak dan 4 lubang kosong. Hasil peledakan dengan menggunakan pola pengeboran rancangan menghasilkan kemajuan yang lebih baik sebesar 2 m / peledakan di Cibitung *decline* dan 2,2 m / peledakan di Cikoneng *decline* sehingga didapatkan *powder factor* yang lebih ekonomis.

Kata kunci: Kemajuan, Peledakan, Tambang Bawah Tanah.

#### ABSTRACT

*Cibaliung Sumberdaya (CSD, llc) is one of the companies that runs gold mining industry in Indonesia. PT CSD use underground mining system with cut and fill method. Underground mining in CSD is divided to two main activities; production and development. Blasting plays a big roll, either in production and development in its sequence to break open ore or waste to be excavated. Blasting's success is rated by the advancement of the heading. Blasting results from CSD had not reached the company's target (2 m). Average advancement in a month is 1,6 m in Cibitung decline and 1,55 m in Cikoneng decline. The objective from this research is to produce a better blasting advancement. Research method is executed by learning parameters which affect to advancement of blasting and apply it to the field. Parameters that affect to advancement of a blasting are drilling pattern, total of blasthole, total of empty hole (rimmer), blasting material, and blasting delay. Drilling pattern in PT CSD (development) is burn cut with 44 blast hole and 1 empty hole in Cibitung decline and Cikoneng decline. New drilling pattern is calculated by using Jimeno's formula. The results are 39 blast holes with 4 empty holes for Cibitung decline and 35 blast holes along with 4 empty holes for Cikoneng decline. New drilling pattern design generates better blasting result; 2 m in Cibitung decline and 2,2 m in Cikoneng decline that set up to more profitable powder factor.*

Keywords: Heading Advancement, Blasting, Underground Mining.

## PENDAHULUAN

Hal yang menentukan kesuksesan pada suatu peledakan pada tambang bawah tanah adalah kemajuan. Semakin besar nilai kemajuan, maka produksi yang dihasilkan juga semakin besar. Beberapa parameter yang mempengaruhi kemajuan suatu peledakan adalah pola pengeboran, jumlah lubang ledak, jumlah lubang kosong, jumlah bahan peledak, jenis bahan peledak, urutan peledakan, jumlah dan letak *cut*. Hasil peledakan di PT CSD belum memenuhi target dari perusahaan, yaitu sebesar 2 m / peledakan. Namun, rata-rata peledakan pada satu bulan hanya menghasilkan 1,6 m di Cibitung *decline* dan 1,55 m di Cikoneng *decline*. Agar mendapat hasil peledakan yang diharapkan, maka dibutuhkan penelitian berikut berupa perancangan pola pengeboran baru yang sesuai dengan kondisi lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pola pengeboran yang baru untuk mendapatkan hasil peledakan yang lebih optimal. Penelitian ini dilakukan dengan mempelajari parameter-parameter yang mempengaruhi kemajuan tambang dan mengamati pengaplikasian parameter tersebut secara aktual kemudian melakukan perbaikan dari parameter tersebut. Setelah didapatkan pola pengeboran yang baru maka hasil peledakan dengan pola pengeboran rancangan akan dibandingkan dengan hasil peledakan sebelumnya. Tambang tambang bawah tanah (*underground mining*) adalah metode penambangan yang segala kegiatan atau aktivitas penambangannya dilakukan di bawah permukaan bumi, dan tempat kerjanya tidak langsung berhubungan dengan udara luar. Tahap utama dalam metode tambang bawah tanah terdapat dua tahap utama dalam metode tambang bawah tanah yaitu *development* (pengembangan) dan *production* (produksi). Pada tahap *development*, semua yang digali adalah batuan tak berharga. Tahap *development* termasuk pembuatan jalan masuk dan penggalian fasilitas-fasilitas bawah tanah lain [1].

Teknik peledakan merupakan tindak lanjut dari kegiatan pemboran, dimana tujuannya adalah untuk melepaskan batuan dari batuan induknya agar menjadi fragmen-fragmen yang berukuran lebih kecil sehingga memudahkan dalam pendorongan, pemuatan, pengangkutan dan konsumsi material pada crusher yang terpasang [2]. Kegiatan peledakan pada massa batuan mempunyai beberapa tujuan, yaitu : [2]

- Membongkar dan melepaskan batuan (bahan galian) dari batuan induknya
- Memecah dan memindahkan batuan
- Membuat rekahan

Kemajuan merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan keberhasilan suatu peledakan. Suatu peledakan dapat dianggap berhasil apabila hasil kemajuan peledakan memenuhi target. Hasil kemajuan

tambang sangat dipengaruhi dari aktivitas pengeboran dan peledakan dari siklus penambangan bawah tanah. Kegiatan penambangan di PT CSD dibagi menjadi dua aktivitas yaitu produksi dan *development*. Sedangkan penambangan di PT CSD dibagi menjadi dua blok, yaitu Cibitung *decline* dan Cikoneng *decline*. Pengeboran dan peledakan merupakan bagian penting dari siklus penerowongan, baik untuk *development* maupun produksi. Diperlukan adanya pengetahuan dasar guna mendukung kegiatan pengeboran dan peledakan agar siklus penerowongan tidak terganggu. Secara umum siklus penerowongan adalah sebagai berikut: [3]

- Pengeboran (*blasthole drilling*)**  
Pengeboran dilakukan secara manual maupun mekanis untuk membuat lubang-lubang ledak yang nantinya digunakan untuk pengisian bahan peledak.
- Pengisian bahan peledak (*charging*) dan peledakan (*blasting*)**  
Pengisian bahan peledak dan peledakan dilakukan setelah kegiatan pengeboran selesai dilaksanakan guna membongkar material dari batuan induknya baik untuk *development* maupun produksi. Bahan peledak yang digunakan disesuaikan dengan kondisi batuan.
- Pembersihan asap (*ventilation*)**  
Pembersihan asap dilakukan setelah kegiatan peledakan guna menghilangkan gas berbahaya hasil dari peledakan. Gas berbahaya dihembuskan keluar menggunakan *blower* dan dialirkan melalui *vent bag*.
- Scalling* dan *grouting***  
*Scalling* dilakukan setelah *front* kerja dinyatakan aman dari gas-gas berbahaya hasil peledakan. *Scalling* dilakukan menggunakan *scalling bar* untuk menjatuhkan batu yang menggantung. *Grouting* adalah suatu proses dimana cairan campuran antara semen dan air diinjeksikan dengan tekanan ke dalam rongga, pori, rekahan, dan retakan batuan yang selanjutnya cairan tersebut dalam waktu tertentu akan menjadi padat.
- Perkuatan dan Penyanggaan**  
Perkuatan dan penyanggaan dilakukan setelah *front* kerja dinyatakan aman dari batu – batu yang menggantung. Perkuatan dilakukan guna memperkuat batuan secara langsung, sedangkan penyanggaan dilakukan guna menahan batuan yang akan runtuh.
- Pemuatan dan Pengangkutan (*loading and haulage*)**  
Pemuatan merupakan pekerjaan yang dilakukan untuk mengambil dan memuat material hasil peledakan ke dalam suatu alat angkut atau ke suatu tempat penampungan sementara, sedangkan pengangkutan merupakan kegiatan memindahkan *ore* hasil peledakan dari dalam tambang ke *stockpile*.
- Persiapan Pengeboran Selanjutnya**  
Kegiatan pengeboran dapat dilakukan setelah pengangkutan batuan atau *ore* yang menghalangi *heading*. Dilakukan beberapa persiapan seperti



pembuatan *mark face*, pemompaan apabila area sekitar heading tergenang air sebelum dilakukan pengeboran.

Kedalaman lubang ledak akan sangat mempengaruhi besarnya kemajuan heading yang didapatkan. Dari hasil pengamatan, didapatkan bahwa kemajuan heading berbedabeda, sesuai dengan besarnya kedalaman pengeboran yang dilakukan [4].

*Void ratio* merupakan perbandingan antara volume dari lubang kosong dengan volume daerah *cut*. *Void ratio* standar adalah 10 %. Kemungkinan peledakan pada daerah *cut* tersebut tidak berhasil apabila *void ratio* yang dihasilkan lebih kecil dari *void ratio* standar karena volume dari total lubang kosong yang ada tidak mampu untuk menampung jumlah dari penambahan volume batuan, sedangkan apabila *void ratio* yang dihasilkan lebih besar dari *void ratio* standar maka kemungkinan peledakan pada daerah *cut* tersebut berhasil karena volume dari total lubang kosong yang ada mampu untuk menampung jumlah dari penambahan volume batuan [5].

Parameter batuan biasanya lebih penting daripada karakteristik bahan peledak dalam menentukan hasil dari peledakan. Parameter batuan yang mempunyai pengaruh terbesar dalam menentukan hasil peledakan adalah: [6]

1. Densitas
2. Struktur geologi
3. Kekuatan dinamis dari batuan
4. Karakteristik elastis
5. Kecepatan gelombang batuan

Pada batuan yang mempunyai kekar dan bidang perlapisan yang banyak maka keberhasilan dalam fragmentasi dan pembongkaran batuan dapat dicapai relatif lebih mudah, dibandingkan dengan batuan masif yang mempunyai sedikit kekar dan bidang perlapisan. Batuan yang masif membutuhkan rekahan baru yang harus dibentuk oleh gelombang tekan dan tarik yang dihasilkan oleh ledakan dari bahan peledak.

Urutan peledakan harus diatur sedemikian rupa agar peledakan berlangsung dengan baik. Pengaturan harus dilakukan dimana setiap lubang ledak mempunyai *free breakage* (kerusakan bebas) [7].

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT Cibaliung Sumberdaya, kabupaten Pandeglang, provinsi Banten selama 2 ½ bulan dari tanggal 22 Juli – 10 Oktober 2019. Proyek Cibaliung terletak di ujung Barat daya pulau Jawa, di sebelah Timur Taman Nasional Ujung Kulon yang secara administratif masuk ke dalam wilayah Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten dan secara geografis

terletak antara 6°44'20"-6°52'30" Lintang Selatan dan 105°36'50"-105°41'05" Bujur Timur. Wilayah Kuasa Pertambangan meliputi Kecamatan Cimanggu dan Cibaliung. Lokasi penelitian dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat selama kurang lebih 5 jam melalui jalan beraspal dari Jakarta.

Metode penelitian dalam pelaksanaan penelitian, penulis menggabungkan antara teori dengan data di lapangan sehingga didapat pendekatan penyelesaian masalah. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah :

### 1. Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, yang diperoleh dari instansi terkait, perpustakaan, dan informasi-informasi lainnya yang berkaitan. Informasi yang diperoleh dari studi literatur berupa literatur-literatur yang berhubungan dengan aspek lingkungan.

### 2. Penelitian di lapangan

Pelaksanaan penelitian di lapangan ini akan dilakukan beberapa tahap, yaitu

#### a. Orientasi lapangan

Dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung serta mencari informasi pendukung yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas.

#### b. Pengambilan data

Proses pengambilan data dilakukan dengan mengambil data yang berkaitan dengan penelitian pada lokasi pengamatan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder sebagai berikut:

#### 1.) Data Primer

Data primer diukur langsung pada lokasi penelitian, berupa data geometri aktual peledakan, pola pengeboran aktual, jumlah bahan peledak, kedalaman lubang, jumlah lubang ledak dan lubang kosong.

#### 2.) Data Sekunder

Merupakan dokumen-dokumen penunjang dalam menulis laporan ini, berupa karakteristik massa batuan (Tabel 1.), hasil peledakan sebelumnya, pola pengeboran rencana, standar stemming, jenis bahan peledak, dan spesifikasi alat.

### 3. Pengolahan dan analisis data

Pengolahan dan analisis data dilakukan setelah data terkumpul, baik data primer maupun data sekunder, Pola pengeboran dan peledakan aktual dievaluasi dan membandingkannya dengan pola pengeboran sesuai studi literatur sehingga penulis dapat membuat pola pengeboran dan peledakan usulan dari studi literatur yang dilakukan. Setelah itu pola pengeboran dan peledakan usulan diuji coba di lapangan guna mengetahui keefektifannya dalam meningkatkan kemajuan.

### 4. Hasil dan pembahasan

Hasil dari data yang sudah diolah akan dievaluasi kemudian dilakukan pembahasan serta perbandingan apakah hasil dari pengolahan data sudah memuaskan.

5. Kesimpulan dan Saran

Setelah pengolahan dan analisis data selesai, maka dibuatlah suatu kesimpulan dan saran. Diperlukan data berupa karakteristik batuan, dimensi heading, kedalaman lubang, dan peralatan yang digunakan dalam merancang pola pengeboran. Berikut adalah data yang diambil dari perusahaan untuk membantu dalam merencanakan pola pengeboran yang sesuai.

Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan mengamati aktivitas pengeboran dan peledakan di lapangan. Data yang diamati secara langsung berupa:

1. Pola pengeboran aktual
2. Jumlah lubang ledak dan lubang kosong
3. Jumlah bahan peledak
4. Kedalaman lubang
5. Urutan peledakan

Pola pengeboran perlu diamati untuk mengetahui *void ratio* dari pola pengeboran perusahaan. Perhitungan *void ratio* menggunakan Pers.(1) berikut: [5]

$$Void\ Ratio = \frac{volume\ lubang\ kosong}{volume\ cut} \times 100\% \quad (1)$$

Perhitungan *cut* dalam masing-masing persegi empat dapat dihitung dalam persamaan berikut:

a. Segi empat pertama

Burden segi empat pertama tidak boleh melebihi 1,7 kali diameter lubang kosong agar peledakan berhasil dengan baik, tetapi kondisi pemberaian berbeda sekali tergantung pada tipe bahan peledak, kondisi batuan dan jarak antara lubang bermuatan dengan lubang kosong. Lubang ledak yang lebih besar 1,7 x diameter lubang kosong hasil yang terjadi adalah *plastic deformation* [3].

$$Ep = (\alpha \times L) + \beta \quad (2)$$

$$B = 1,7 \times D2 \quad (3)$$

$$B1 = B - Ep \quad (4)$$

$$Ah1 = \sqrt{2} \times B1 \quad (5)$$

Macam-macam bahan peledak yang dibuat atau dihasilkan pabrik jenisnya terbatas sehingga tidak dapat memenuhi konsentrasi muatan yang sesuai dengan perhitungan. Konsentrasi muatan ditentukan terlebih dahulu sesuai dengan bahan peledak yang tersedia untuk keadaan tersebut, kemudian burden dihitung dengan Pers.(6): [3]

$$ql = (55 \times D1 \times (B/D2)1,5 \times (B - (1/2 D2)) \times (c/0,4)) / RWSe \quad (6)$$

Keterangan :

- Ep = Eror pengeboran (m)
- $\alpha$  = Angular deviation (m/m)
- L = Kedalaman lubang ledak (m)
- $\beta$  = Collaring deviaton (m)

- B = Burden segi empat pertama maksimum (m)
- B1 = Burden segi empat pertama terkoreksi (m)
- Ah1 = Spasi segi empat pertama (m)
- ql = Konsentrasi muatan (kg/m<sup>3</sup>)
- D1 = Diameter lubang ledak (m)
- D2 = Diameter lubang samaran (m)
- c = Konstanta batuan
- RWSe = *Weight Strength Relative* terhadap ANFO (%)

b. Segi empat kedua

- 1) Bukaan Segi empat Kedua ( $W_2$ )  
 $W_2 = (B_1 - Ep)\sqrt{2} \quad (7)$

- 2) Burden Maksimum Kedua ( $B''$ )  
 $B'' = 8,8 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{W_2 \times l \times SANFO}}{d \times c} \quad (8)$

- 3) Burden Kedua ( $B_2$ )  
 $B_2 = B' - Ep \quad (9)$

- 4) Jarak Lubang Ledak Dalam Segi empat Kedua ( $W_2'$ )  
 $W_2' = \left( B_2 + \left( \frac{W_1'}{2} \right) \right) \times \sqrt{2} \quad (10)$

c. Segi empat ketiga

- 1) Bukaan Segi empat Ketiga ( $W_3$ )  
 $W_3 = \left( B_2 + \left( \frac{W_1'}{2} \right) - Ep \right) \times \sqrt{2} \quad (11)$

- 2) Burden Maksimum Ketiga ( $B'''$ )  
 $B''' = 8,8 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{W_3 \times l \times SANFO}}{d \times c} \quad (12)$

- 3) Burden Ketiga ( $B_3$ )  
 $B_3 = B''' - Ep \quad (13)$

- 4) Jarak Lubang Ledak Dalam Segi empat Ketiga ( $W_3'$ )  
 $W_3 = \left( B_3 + \left( \frac{W_2'}{2} \right) \right) \times \sqrt{2} \quad (14)$

d. Segi empat keempat

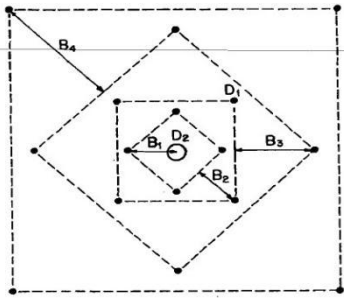
- 1) Bukaan Segi empat Keempat ( $W_4$ )  
 $W_4 = \left( B_3 + \left( \frac{W_2'}{2} \right) - Ep \right) \times \sqrt{2} \quad (15)$

- 2) Burden Maksimum Keempat ( $B''''$ )  
 $B'''' = 8,8 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{W_4 \times l \times SANFO}}{d \times c} \quad (16)$

- 3) Burden Keempat ( $B_4$ )  
 $B_4 = B'''' - Ep \quad (17)$

- 4) Jarak Lubang Ledak Dalam Segi empat Keempat ( $W_4'$ )  
 $W_4' = \left( B_4 + \left( \frac{W_2'}{2} \right) \right) \times \sqrt{2} \quad (18)$

Setelah perhitungan dilakukan, akan didapatkan *design* pola *cut* seperti gambar berikut (Gambar 1).



**Gambar 1.** Cut hole [3]

Dilakukan perhitungan *lifter*, *wall*, *roof*, dan *stopping* dalam pola peledakan setelah perhitungan *cut hole* sudah dilakukan. Perhitungan geometri pengeboran dan peledakan dapat dihitung dengan menggunakan Pers. berikut: [8]

e. Perhitungan *Lifter*

- 1) Burden Maksimum

$$B_{max} = 0,9 \sqrt{\frac{I \text{ Sanfo}}{CF \left(\frac{S}{b}\right)}} \quad (19)$$

- 2) Jumlah Lubang Ledak *Lifter*

$$NB = \frac{\text{Lebar Terowongan}}{B} + 2 \quad (20)$$

- 3) *Spacing* (S)

$$S = \frac{\text{Lebar Terowongan} + 2 H \sin \gamma}{NB - 1} \quad (21)$$

- 4) Spasi *Lifter*, dengan lubang ledak diujung

$$SL' = S - H \sin \gamma \quad (22)$$

- 5) Partical Burden *Lifter* (BL')

$$BL' = B - (H \times \sin \gamma) \quad (23)$$

- 6) Panjang Isian Dasar (hb)

$$hb = 1,25 B_l \quad (24)$$

- 7) Panjang Isian *Column* (hc)

$$hc = H - hb - T \quad (25)$$

Keterangan:

- C = Corrected rock constant (0,4)
- F = Fixation factor
- NB = Jumlah Lubang (buah)
- H = Kedalaman pengeboran (m)
- $\gamma$  = Lookout (°)
- S = Jarak antar lubang (m)
- SL' = Jarak antar lubang pada ujung *lifter* (m)
- Hb = Panjang Isian Dasar (m)
- Hc = Panjang Isian *Column* (m)

f. Perhitungan *Countour*, *Roof*

- 1) *Spacing* (S)

$$S = k \times d \quad (26)$$

- 2) *Burden* (B)

$$S/B = 0,8 \quad (27)$$

$$B = \frac{S}{S/B} \quad (28)$$

- 3) Konsentrasi Muatan *Roof* (Ir)

$$Ir = 90 \times d^2 \quad (29)$$

Keterangan :

- K = Konstanta (15-16)
- D = Diameter (m)

g. Perhitungan *Countour Wall*

Panjang yang Ditempati oleh *wall hole* = Tinggi *Abutment* – Bl – Br

- 1) Spasi

$$S = k \times d \quad (30)$$

- 2) Burden Maksimum (B)

$$B = 0,9 \sqrt{\frac{I \text{ Sanfo}}{CF \left(\frac{S}{b}\right)}} \quad (31)$$

- 3) Burden *Wall* (Bw)

$$Bw = B - H \sin \gamma - F \quad (32)$$

- 4) Jumlah Lubang (NB)

$$NB = \frac{\text{Panjang yang Ditempati Wall}}{S} + 2 \quad (33)$$

- 5) Spasi wall (Sw)

$$Sw = \frac{\text{Panjang yang ditempati wall}}{NB - 1} \quad (34)$$

Lubang kosong berperan penting pada keberhasilan peledakan di tambang bawah tanah dikarenakan hanya ada satu *free face* pada tambang bawah tanah. Biasanya dipakai dua atau lebih lubang kosong (diameter lebih kecil) dalam *cut* sebagai pengganti satu lubang kosong. Hal ini disebabkan karena alat bor yang digunakan tidak mampu melaksanakan pengeboran dengan diameter lebih besar. Umumnya, semakin banyak lubang kosong maka kemajuan lubang bukaan yang diperoleh akan semakin besar. Harus dihitung diameter lubang samaran dalam keadaan tersebut, bila digunakan beberapa lubang kosong, dengan Pers.(35) berikut : [9]

$$D_2 = D_2' \times \sqrt{n} \quad (35)$$

Keterangan :

- D<sub>2</sub> : Diameter lubang samaran (m)



$D_2'$ : Diameter lubang kosong (m)  
 $n$  : Jumlah lubang kosong

Agar hasil peledakan lebih baik, maka dilakukan pemasangan *stemming* pada setiap lubang ledak. *Stemming* berfungsi agar terjadi keseimbangan tekanan dalam lubang tembak dan mengurung gas – gas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal [10].

Konstanta batuan ( $c$ ) merupakan jumlah bahan peledak yang diasumsikan untuk meledakkan 1 m<sup>3</sup> batuan. Struktur geologi memegang peranan penting dalam peledakan, namun belum ada yang mampu membuat struktur geologi ini menjadi faktor pendekatan yang bisa digunakan dalam perhitungan isian bahan peledak. Konstruksi terowongan di Korea dengan hasil analisa mempergunakan 23 kumpulan data memperoleh nilai  $c$  dengan menggunakan RMR adalah sebagai berikut: [3]

$$c = (5,73 \times 10^{-3} \times RMR) + 0,057 \quad (36)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kemajuan lubang bukaan di *development* PT CSD dinilai belum optimal. Target kemajuan perusahaan untuk peledakan di *development* adalah 2 m, sedangkan kemajuan lubang bukaan apabila dirata-ratakan hanya mencapai 1,6 m untuk Cibitung *decline* dan 1,55 m untuk Cikoneng *decline*. Hasil pengamatan yang diperlukan untuk merancang pola pengeboran baru yaitu:

1. Lubang Ledak

Pengeboran lubang ledak di bagian *development* dilakukan dengan menggunakan *jack leg down under* MFD 90 CL Max dengan diameter lubang ledak sebesar 4 cm. Panjang batang bor yang digunakan di Cibitung *decline* adalah 2,1 m dan di Cikoneng *decline* adalah 1,8 m.

2. Jenis Peledak

Bahan peledak yang digunakan di Cibitung *decline* dan Cikoneng *decline* adalah Dahana Dayagel *Extra* ukuran 30x200 mm. Peledakan di Cibitung *decline* dan Cikoneng *decline* menggunakan 3 kotak Dahana Dayagel *Extra*

3. Karakteristik Batuan

Karakteristik batuan secara umum dibagi menjadi dua bagian yaitu karakteristik atau sifat-sifat *intack rock* dan *rock mass*. Sifat-sifat *intack rock* baik berupa sifat fisik, mekanik dan sifat dinamik diperoleh dengan melakukan uji yang dilakukan pada sampel batuan dari lapangan di laboratorium sedangkan karakteristik massa batuan ditentukan secara langsung pada lapangan. Batuan di Cibitung *decline* dan Cikoneng *decline* berjenis *breccia andesite* dengan densitas 2,62 ton/m<sup>3</sup>.

4. Karakteristik *Rock Mass*

Proses peledakan berlangsung pada suatu massa batuan sehingga karakteristik massa batuan sangat penting untuk diketahui untuk mengetahui seberapa besar pengaruh karakteristik tersebut terhadap efisiensi dan efektifitas peledakan. PT. CSD menggunakan dua sistem klasifikasi massa batuan yaitu: sistem RMR (*Rock Mass Rating*) dan sistem Q. Berdasarkan data dari Departemen *Quality Control* PT. CSD, lokasi penelitian terdiri atas massa batuan jenis andesit. Nilai RMR batuan di Cibitung *decline* adalah 48 (*fair rock*) dan Cibitung *decline* adalah 58 (*fair rock*).

5. Karakteristik *Intack Rock*

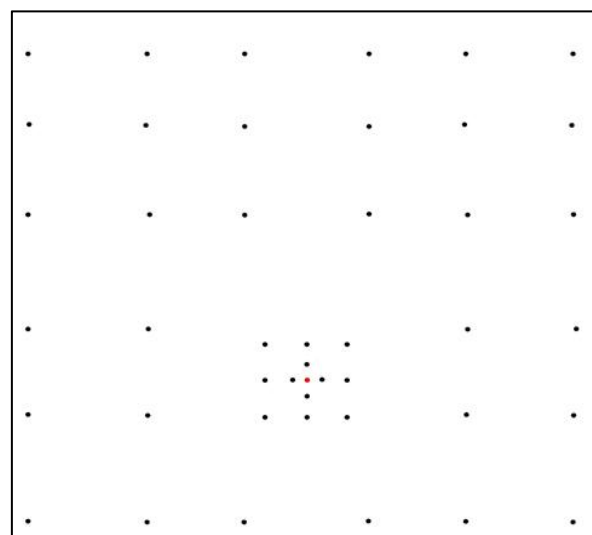
Sifat fisik, mekanik dan dinamik dari suatu batuan utuh sangat penting diketahui untuk mengetahui perilaku batuan terhadap proses detonasi bahan peledak (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik *intack rock*

Jenis Batuan	Andesit
Kuat Tekan Uniaksial (MPa)	53,50
Kuat Tarik (MPa)	2,76
Modulus Young (GPa)	7,10
Poisson Ratio	0,10
Friction Angle	50,30
Kohesi	4,96
Specific gravity (ton/m <sup>3</sup> )	2,6
Velocity (m/s)	3.055

Parameter parameter peledakan yang akan diubah untuk mendapatkan kemajuan yang maksimal adalah:

1. Pola pengeboran
2. Jumlah *charge* per lubang bor
3. Urutan peledakan



Gambar 2. Pola pengeboran aktual



Secara umum, drill pattern yang diterapkan di Cibitung *decline* dan Cikoneng *decline* mempunyai 44 lubang ledak dan 1 lubang kosong. (Gambar 2.)

Dilakukan perhitungan *void ratio* menggunakan Pers.(1) untuk melihat ketercapaian syarat *void ratio* dari pola pengeboran aktual.

$$Void\ Ratio\ CBT\ Dec = \frac{\pi \times 0,02^2 \times 1,9}{0,54 \times 0,52 \times 1,9} \times 100\%$$

$$Void\ Ratio\ Cibitung\ Decline = 0,447\ \%$$

$$Void\ Ratio\ CKN\ Dec = \frac{\pi \times 0,02^2 \times 1,9}{0,51 \times 0,50 \times 1,9} \times 100\%$$

$$Void\ Ratio\ Cikoneng\ Decline = 0,493\ \%$$

Pola yang digunakan tidak memenuhi syarat *void ratio* yang harus diatas 10% dikarenakan lubang kosong yang kurang. Hal ini menyebabkan batuan tidak bisa terbongkar dengan sempurna karena kekurangan ruang kosong. Hasil *powder factor* dari pola pengeboran yang digunakan adalah 0,71 kg/ton untuk Cibitung *decline* dan 0,8 kg/ton untuk Cikoneng *decline*.

Kedalaman lubang ledak diukur dengan cara memasukkan pipa ke dalam lubang kemudian mengukur panjang pipa yang masuk ke dalam lubang. Rata-rata kedalaman lubang di Cibitung *decline* adalah 1,89 m (Tabel 2.) dan di Cikoneng *decline* adalah 1,7 m. (Tabel 3.)

**Tabel 2.** Kedalaman lubang cibitung decline

Tanggal	Lokasi	Kedalaman Lubang (m)
8 Agustus 2019	CBT DEC	2
10 Agustus 2019	CBT DEC	2
12 Agustus 2019	CBT DEC	2,1
13 Agustus 2019	CBT DEC	1,9
14 Agustus 2019	CBT DEC	1,9
15 Agustus 2019	CBT DEC	1,9
16 Agustus 2019	CBT DEC	1,8
18 Agustus 2019	CBT DEC	2
19 Agustus 2019	CBT DEC	1,8
20 Agustus 2019	CBT DEC	2
21 Agustus 2019	CBT DEC	2
23 Agustus 2019	CBT DEC	1,7
25 Agustus 2019	CBT DEC	1,8
26 Agustus 2019	CBT DEC	1,9
27 Agustus 2019	CBT DEC	1,7
29 Agustus 2019	CBT DEC	1,9
30 Agustus 2019	CBT DEC	2
31 Agustus 2019	CBT DEC	1,6

**Tabel 3.** Kedalaman lubang cikoneng decline

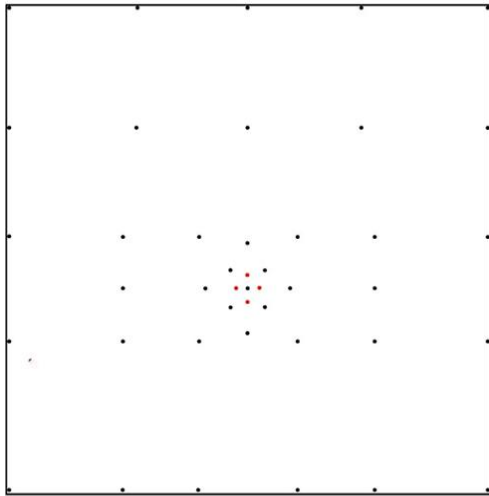
Tanggal	Lokasi	Kedalaman Lubang (m)
01 September 2019	CKN DEC	1,7
03 September 2019	CKN DEC	1,7
07 September 2019	CKN DEC	1,8
13 September 2019	CKN DEC	1,8
15 September 2019	CKN DEC	1,5
18 September 2019	CKN DEC	1,8
19 September 2019	CKN DEC	1,5
20 September 2019	CKN DEC	1,7
23 September 2019	CKN DEC	1,8
24 September 2019	CKN DEC	1,8
26 September 2019	CKN DEC	1,6
27 September 2019	CKN DEC	1,7
30 September 2019	CKN DEC	1,8

Perancangan pola pengeboran baru dilakukan dengan menggunakan rumus dari Carlos Lopez Jimeno. Didapatkan hasil perhitungan pola pengeboran sebagai berikut (Tabel 4). Data di tabel 4 didapatkan dengan perhitungan menggunakan Pers. (2) sampai Pers. (35).

**Tabel 4.** Hasil perhitungan pola pengeboran

	CBT Decline	CKN Decline
<b>Burden Cut</b>		
B <sub>1</sub>	0,11 m	0,16 m
B <sub>2</sub>	0,08 m	0,16 m
B <sub>3</sub>	0,21 m	0,34 m
B <sub>4</sub>	0,38 m	0,56 m
<b>Spasi Cut</b>		
S <sub>1</sub>	0,16 m	0,18 m
S <sub>2</sub>	0,22 m	0,36 m
S <sub>3</sub>	0,45 m	0,66 m
S <sub>4</sub>	0,84 m	1,24 m
<b>Lifter</b>		
Burden	0,98 m	1,08 m
Spasi	0,84 m	1,05 m
Spasi lubang ujung	0,73 m	0,94 m
<b>Contour Roof</b>		
Burden	1,105 m	1,2 m
Spasi	1 m	1,3 m
<b>Countour Wall</b>		
Burden	1,1 m	1,2 m
Spasi	1,05 m	0,96 m
<b>Stopping Horizontal</b>		
Burden	0,974 m	1,06 m
Spasi	0,42 m	0,62 m
<b>Stopping Vertikal</b>		
Burden	1,08 m	1,17 m
Spasi	0,81 m	0,77 m

Didapatkan pola pengeboran Cibitung *decline* menggunakan 39 lubang ledak dan 4 lubang kosong dengan 4 persegi *cut* (Gambar 3).

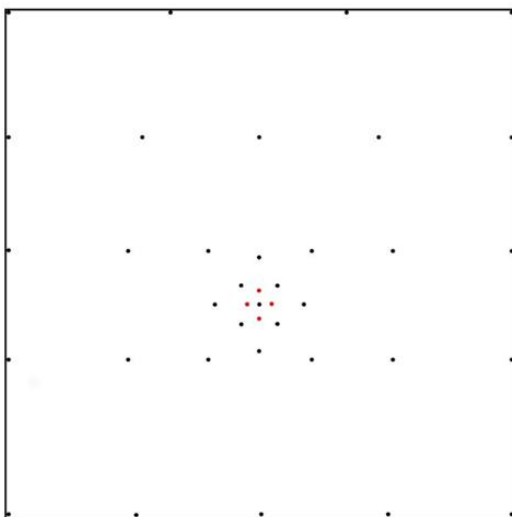


**Gambar 3.** Pola pengeboran rancangan cibitung *decline*

$$\begin{aligned} \text{Void Ratio} &= \frac{\text{Volume Lubang Kosong}}{\text{Volume Cut}} \\ &= \frac{\pi \times 0,02^2 \times 4 \times 2,1}{0,155 \times 0,155 \times 2,1} \times 100\% \\ &= 20,9\% \end{aligned}$$

*Void ratio* yang dihasilkan dari pola pengeboran ini adalah 20,9 %. *Void ratio* memenuhi syarat karena diatas 10 %.

Didapatkan pola pengeboran Cikoneng *decline* menggunakan 35 lubang ledak dan 4 lubang kosong dengan 4 persegi. (Gambar 4)



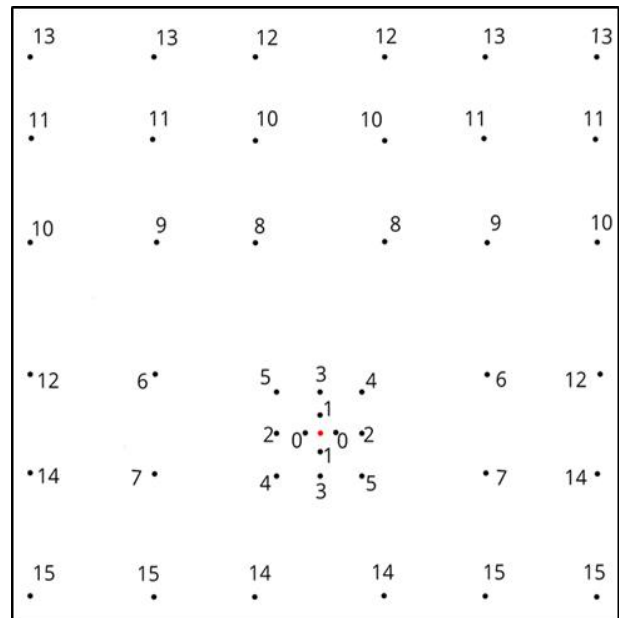
**Gambar 4.** Pola pengeboran rancangan cikoneng *decline*

$$\begin{aligned} \text{Void Ratio} &= \frac{\text{Volume Lubang Kosong}}{\text{Volume Cut}} \\ &= \frac{\pi \times 0,02^2 \times 4 \times 1,7}{0,18 \times 0,18 \times 1,7} \\ &= 15,51\% \end{aligned}$$

*Void ratio* yang dihasilkan dari pola pengeboran ini adalah 15,51 %. *Void ratio* memenuhi syarat karena diatas 10 %

Urutan peledakan di PT CSD masih belum sesuai dikarenakan kebiasaan juru ledak masing-masing. Karena itu dilakukan perancangan *delay* peledakan yang sesuai.

Angka *delay* pada detonator yang digunakan adalah 0-15. Pengaturan urutan peledakan dilakukan dimana peledakan dimulai dari lubang ledak terdekat dengan lubang kosong (*free face*) kemudian menjauh dari *free face* (Gambar 5).



**Gambar 5.** Pola peledakan *delay*

Dilakukan *mark face* setiap lubang ledak terlebih dahulu agar mengurangi *error* pengeboran. Setiap lubang ledak juga dimasukkan *stemming* setelah bahan peledak dimasukkan.

Dilakukan *trial peledakan* setelah pola pengeboran selesai dirancang masing masing satu kali di Cibitung *decline* dan Cikoneng *decline*. Dilihat dari hasil peledakan pola peledakan rancangan, maka dapat dibandingkan bahwa hasil dari perhitungan menghasilkan kemajuan yang lebih optimal dengan *powder factor* yang lebih ekonomis. (Tabel 5.)



**Tabel 5.** Perbandingan hasil peledakan pola aktual dan pola usulan

	Pola Aktual		Pola Usulan	
	CBT DEC	CKN DEC	CBT DEC	CKN DEC
Kemajuan	1,6 m	1,55 m	2 m	2,2 m
Lubang Ledak	44	44	39	35
Lubang Kosong	1	1	4	4
Diameter Lubang	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm
Burden Cut				
B <sub>1</sub>	0,7 m	0,7 m	0,11 m	0,16 m
B <sub>2</sub>	0,3 m	0,3 m	0,08 m	0,16 m
B <sub>3</sub>	0 m	0 m	0,21 m	0,34 m
B <sub>4</sub>	-	-	0,38 m	0,56 m
Spasi Cut				
S <sub>1</sub>	0,98 m	0,98 m	0,16 m	0,18 m
S <sub>2</sub>	1,5 m	1,5 m	0,22 m	0,36 m
S <sub>3</sub>	1,06 m	1,06 m	0,45 m	0,66 m
S <sub>4</sub>	-	-	0,84 m	1,24 m
Charge / lubang	7-8	7-8	8	8
Bahan Peledak	330 batang	330 batang	312 batang	280 batang
Powder Factor	0,71 kg/ton	0,8 kg/ton	0,65 kg/ton	0,53 kg/ton

Pada tabel diatas dilampirkan burden dan spasi *cut*. Jarak antara lubang di *burn cut* pola pengeboran usulan lebih rapat dan jumlah lubang ledaknya lebih banyak satu buah dibandingkan dengan pola pengeboran aktual. Namun jumlah lubang ledak di luar *burn cut* dikurangi sehingga total lubang ledak pola pengeboran usulan lebih sedikit dibandingkan pola pengeboran aktual.

Hasil kemajuan dapat dilihat dari *daily measurement* departemen *quality control* setelah peledakan dilakukan. Percobaan peledakan di Cibitung *decline* pada tanggal 8 September 2019 menghasilkan kemajuan sebesar 2 m. Sedangkan percobaan peledakan di Cikoneng *decline* pada tanggal 1 Oktober 2019 menghasilkan kemajuan sebesar 2,2 m. *Powder factor* yang dihasilkan juga lebih ekonomis dimana di Cibitung *decline* menghasilkan *powder factor* sebesar 0,65 kg/ton dan di Cikoneng *decline* menghasilkan 0,53 kg/ton.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa kemajuan *heading* di PT CSD belum memenuhi target perusahaan yaitu 2 m / peledakan. Kemajuan *heading* Cibitung *decline* selama 1 bulan adalah 1,6 m sedangkan *heading* Cikoneng *decline* selama 1 bulan adalah 1,55 m. Kemajuan *heading* yang tidak memenuhi target disebabkan oleh pola pengeboran yang tidak sesuai (kelebihan lubang ledak dan kekurangan lubang

kosong), kegiatan pengeboran dan *charging* yang tidak maksimal, *void ratio* yang tidak memenuhi persyaratan, urutan peledakan yang tidak sesuai dikarenakan kebiasaan setiap juru ledak yang berbeda, dan tidak digunakannya *stemming*. Hasil kemajuan dari pola pengeboran rancangan untuk Cibitung *decline* adalah 2 m / peledakan (lebih optimal) dengan *powder factor* 0,65 kg/ton (lebih ekonomis) dan Cikoneng *decline* adalah 2,2 m / peledakan (lebih optimal) dengan *powder factor* 0,53 kg/ton (lebih ekonomis).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supratman, O. (2018). *Modul 2: Penambangan Bawah Tanah*. Jakarta: Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi
- [2] Verima, J. (2018). <http://bit.ly/3bEYEoB>, diakses Februari 2020.
- [3] Saerang, R. H. (2015). *Evaluasi Geometri Pengeboran dan Peledakan Tambang Bawah Tanah guna Meningkatkan Kemajuan dan Mengurangi Overbreak di PT. Aneka Tambang, Tbk Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor, Jawa barat*. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Pembangunan Nasional
- [4] Asmiani, N., Widodo, S., Sibali, M. G. D. (2016). Studi Pemboran dan Peledakan Tambang Bawah Tanah Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Geomine Vol. 4 No. 2*.
- [5] Technical Services. (2010). *Safe and Efficient Blasting in Underground Metal Mines*. Orica Australia Pty Ltd.
- [6] Panjaitan, J. S. (2014). Evaluasi Geometri Pengeboran dan Peledakan pada Tambang Emas Bawah Tanah PT. Cibaliung Sumberdaya. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Pembangunan Nasional.
- [7] Afrianda, N. (2010). Rancangan Teknis Peledakan pada Lubang Maju di Tambang Bawah Tanah Sigalut PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) Tbk. UPO Sumatera Barat. Skripsi, Fakultas Teknik: Universitas Islam Bandung
- [8] Hazzaliandah., Bochori., Toha, M. T. (2017). Analisis Peledakan Dan Kemajuan Front Bukaannya Pada Tambang Bawah Tanah Bijih Emas PT Cibaliung Sumberdaya, Pandeglang-Banten. *Jurnal Teknik Pertambangan Vol.1 No.2*.
- [9] Koesnaryo, S. (2011). *Teknik Peledakan Batuan*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional.
- [10] Nugroho, B. E., Marsudi., Syafrianto., M. K. (2018). Kajian Fragmentasi Hasil Peledakan Komoditas Batuan Granodiorit pada PT Total Optima Prakarsa. *Jurnal Universitas Tanjungpura Pontianak*.