

# Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan *Digging Time* Alat Gali Muat Dan *Recovery* Peledakan Di Pit B PT. Darma Henwa Tbk Bengalon *Coal Project* Kalimantan Timur

Denny Prananda Libriyon<sup>1\*</sup>, and Raimon Kopa<sup>1\*\*</sup>

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

\* dentprananda@gmail.com

\*\*raimon\_kopa@yahoo.co.id

**Abstarct.** PT. Darma Henwa Tbk is a mining contractor assigned by PT. Kaltim Prima Coal to conduct mining production and overburden production at Bengalon Coal Project, East Sepaso Village, Sub-district Bengalon, District East Kutai, Province East Kalimantan. Blasting is an important activity to make sure the productivity reach company target. PT. DH use Sanvik D50KS and Sanvik D245S to support drilling activity of blast holes and explosives used are Emulsion Synergy 335 product by PT. AEL Indonesia. Base on distribustion analysis of rock fragmentation result from actual blasting geometry data, the average rock fragmentation result from 5 times blasting that passed at 100 cm in size with split desktop software at 88.43%. Base on observation, average digging time recorded by excavator from 5 times blasting is 12,85 s/bucket. Beside that, recovery blasting archived by actual blasting is 85,4% less than 90% target. Whereas, the actual fees received is \$ 2,807,629.10, less 21% from planned fees which is \$ 3,541,889.10. Therefore solution needed to solve this problem by evaluate the blasting geometry using RL Ash method. Geometry will be choose by compare the fragmentation prediction using Kuz-Ram equation. As a results, three geometry option has been found and geometry option I selected to applied.

**Keywords:** *Blasting Geometry, Split Desktop, Rock Fragmentation, Recovery Blasting, Explosive Cost.*

## 1. Pendahuluan

PT. Darma Henwa Tbk (PT. DH) merupakan perusahaan kontraktor pertambangan batubara yang melaksanakan penggalan produksi batubara dan *overburden* di PT. Kaltim Prima Coal (PT. KPC) Bengalon *Coal Project* (BCP) yang berlokasi di Desa Sepaso Timur, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. PT. DH menggunakan sistem penambangan terbuka (*surface mining*) dengan menggunakan metode *open pit*. Dalam kegiatan penambangannya, PT. DH melakukan kegiatan pemboran dan peledakan untuk membraikan lapisan batuan penutup terlebih dahulu agar batubara dapat ditambang. Kegiatan peledakan ini dilakukan karena dinilai lebih ekonomis, serta menunjang produksi, dimana penggalan dilakukan dengan alat gali muat kapasitas besar.

Pada tahun 2019, target produksi PT.DH Bengalon *Coal Project* adalah 8 juta ton untuk batubara dan 70 juta

bcm *overburden*. Pit B merupakan salah satu pit bukaan PT. DH yang aktif dengan aktivitas peledakan lapisan batuan penutup. Peledakan batuan dapat dikategorikan berhasil apabila batuan dapat semakin mudah dan cepat untuk dibongkar dengan menggunakan alat gali tergantung pada fungsi dan tujuan aktivitas peledakan tersebut.

Pada perencanaan pemboran dan peledakan terdapat 8 standar geometri peledakan dasar yang perlu direncanakan secara baik yaitu, diameter lubang ledak, burden, spasi, stemming, subdrilling, kedalaman lubang ledak, panjang kolom isian dan tinggi jenjang. Geometri peledakan yang ideal dapat menghasilkan fragmentasi batuan optimal yang mempengaruhi *digging time* alat gali muat yang telah ditetapkan perusahaan (<12 detik).

Pemasalahan yang terjadi dilapangan ialah berdasarkan pengamatan terdapat fragmentasi batuan hasil dari peledakan tidak sesuai dengan ukuran *bucket* alat gali muat yang digunakan, dimana ukuran

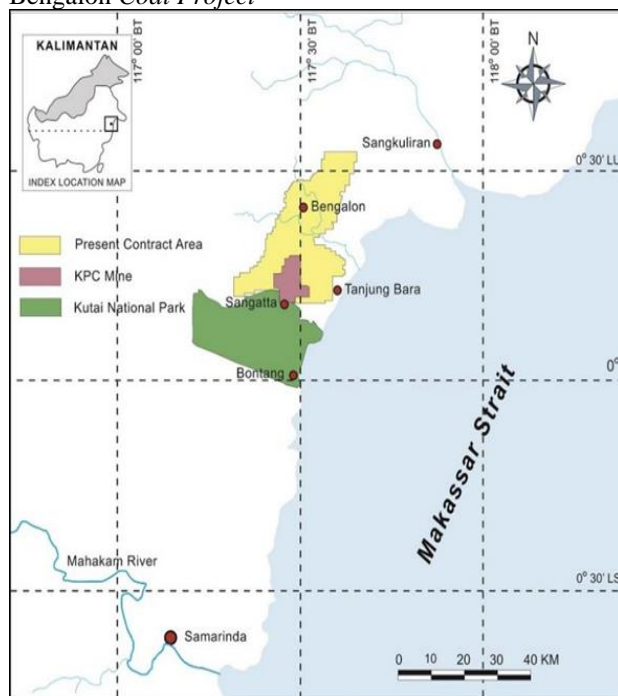
fragmentasi  $\geq 100$  cm ( $\geq 15\%$ ). Hal ini berpengaruh terhadap produktivitas alat gali muat yaitu waktu yang dibutuhkan untuk pengisian bucket (*digging time*), rata-rata *digging time* yang diperoleh melalui pengamatan lapangan ialah 13 detik dengan nilai tertinggi ialah 17 detik untuk satu kali *digging time* lebih besar. Hal ini mempengaruhi elevasi lantai jenjang yang akan berdampak terhadap tahapan penambangan (*sequence*). Dimana akan menyulitkan alat gali untuk menggali batuan hasil peledakan sehingga mengurangi volume terangkut dari hasil peledakannya. Target *recovery* peledakan yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 90% manakala aktual rata-rata pada bulan Januari 2019 hanya 87% dengan nilai terendah yang dicapai pada bulan tersebut ialah 80%.

## 2. Lokasi Penelitian

PT Darma Henwa Tbk (Perseroan) didirikan sebagai perusahaan berstatus Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) dengan nama PT. Darma Henwa berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia dengan Akta No. 54, tanggal 8 Oktober 1991. Kegiatan utama Perseroan saat ini adalah bergerak dalam bidang jasa kontraktor pertambangan, jasa penambangan umum, pemeliharaan dan perawatan peralatan.

Penelitian dilakukan di PT. Darma Henwa Tbk. yang terletak di Desa Sepaso Timur, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi tambang PT. Darma Henwa Tbk. terletak antara  $100^{\circ} 46' 48''$  -  $100^{\circ} 48' 47''$  BT dan  $0^{\circ} 35' 34''$  -  $0^{\circ} 36' 48''$  LS.

**Gambar 1.** Peta Topografi PT. Darma Henwa Tbk Bengalon Coal Project



## 3. Kajian Teori

### 3.1. Rancangan Geometri Peledakan

Kegiatan pemboran dan peledakan di PT Darma Henwa Tbk Bengalon *Coal Project*, menggunakan alat bor *Sanvik D50KS* dan *Sanvik D245S* dan bahan peledak PT. AEL Indonesia tipe *Synergy 335*. Geometri yang harus diperhatikan pada kegiatan peledakan ialah *burden*, *spacing*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, *subdrilling*, dan lainnya. Rancangan geometri ini dapat dicari dengan beberapa metode sebagai berikut:

#### 3.1.1. Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash

Berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh di berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda, rumusan-rumusan empirik yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam rancangan awal suatu peledakan batuan. Terlebih dahulu mencari nilai *Kb* pada R.L Ash ialah sebagai berikut:

$$K_b = K_{bstd} \times AF_1 \times AF_2 \quad (1)$$

$$AF_1 = \sqrt[3]{\left[\frac{SG_{std\ batuan}}{SG_{overburden}}\right]} \quad (2)$$

$$AF_2 = \left[SG_{PANFO} \times V_{ePANFO}^2 / SG_{std\ peledak} \times V_{std\ peledak}^2\right]^{1/3} \quad (3)$$

Keterangan:

*KB* = Koefisien *Burden*

*SG* = Berat Jenis Bahan Peledak Yang Digunakan (gr/cc)

*Ve* = Kecepatan Detonasi Bahan Peledak Yang Digunakan (fps)

*SGstd* = Berat Jenis Bahan Peledak Standar 1,20

*Vestd* = Kecepatan Detonasi Bahan Peledak Standar, 12.000 (fps)

#### 3.1.1.1. Burden

Nilai *burden* dipengaruhi oleh nilai *burden ratio* (*Kb*) dan diameter lubang bor<sup>[1]</sup>. Maka untuk mencari nilai *burden* dengan metode R. L Ash ialah :

$$B = \frac{(K_b \times D_e)}{12} \quad (4)$$

Keterangan:

*B* = *Burden* (ft)

*Kb* = Nisbah *Burden* Yang Telah Dikoreksi

*De* = Diameter Lubang Ledak (Inchi)

#### 3.1.1.2. Spasi

*Spasi/spacing* adalah jarak antara dua lubang ledak yang berdekatan dalam satu baris. *Spasi* yang kecil akan menghasilkan ukuran batuan hasil peledakan yang terlalu hancur. Jika nilai *spasi* besar akan menyebabkan banyak terjadi bongkah (*boulder*) dan tonjolan (*stamp*) di antara dua lubang ledak setelah peledakan<sup>[2]</sup>. Besar *spasi* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S = K_S \times B \quad (5)$$

Keterangan:

*S* = *spasi* (m).

*B* = *Burden* (m).

KS = Spasi Ratio

### 3.1.1.3. Stemming

Stemming merupakan material yang dimasukkan kedalam lubang ledak setelah bahan peledak dimasukkan. Stemming diambil dari cutting hasil pemboran lubang ledak, atau batuan dengan ukuran yang [3].

Stemming berfungsi untuk menyeimbangi tekanan dan mengurung gas-gas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal. Disamping itu stemming juga memiliki fungsi untuk mencegah terjadi batuan terbang (flyrock) dan ledakan tekanan udara (airblast) saat peledakan dilaksanakan [4]. Untuk menghitung stemming dipakai persamaan:

$$T = KT \times B \quad (6)$$

Keterangan:

T = Stemming (m)

KT = Stemming Ratio

### 3.1.1.4. Subdrilling

Subdrilling adalah tambahan kedalaman dari lubang bor di bawah lantai jenjang yang dibuat agar jenjang yang dihasilkan sebatas dengan lantainya dan lantai yang dihasilkan rata. Panjang subdrilling dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$J = KJ \times B \quad (7)$$

Keterangan:

J = Subdrilling (m)

KJ = Subdrilling Ratio

### 3.1.1.5. Kedalaman Lubang

Kedalaman lubang biasanya ditentukan berdasarkan kapasitas produksi yang diinginkan dan kapasitas dari alat muat. Sedangkan untuk menentukan kedalaman lubang dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$L = H + J \quad (8)$$

Keterangan:

L = Kedalaman Lubang Ledak (m)

H = Tinggi Jenjang (m)

J = Subdrilling (m)

### 3.1.1.6. Kolom Isian

Kolom isian merupakan panjang dari bagian kedalaman lubang ledak yang akan diisi dengan bahan peledak. Nilai dari kolom isian dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$PC = L - T \quad (9)$$

Keterangan:

PC = Kolom Isian (m)

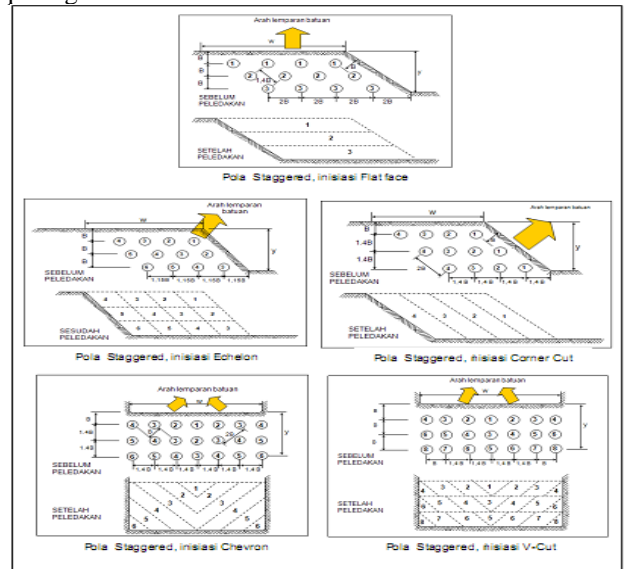
L = Kedalaman Lubang Ledak (m)

T = Panjang Stemming (m)

## 3.2. Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang – lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor yang satu dengan lubang bor yang lainnya [5]. Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan. Beberapa contoh

pola peledakan berdasarkan sistem inisiasi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Pola Peledakan Berdasarkan Sistem Inisiasi

## 3.3. Produksi Peledakan

Produksi peledakan umumnya dinyatakan dengan powder factor (PF) dan massa batuan terberai. Umumnya rentang kriteria powder factor (PF) untuk peledakan setiap batuan tertentu telah diketahui berdasarkan data empiris di lapangan.

Isian bahan peledak yang digunakan sangatlah mempengaruhi terhadap distribusi ukuran fragment yang dibongkar dan mempengaruhi dalam aktivitas penambangan selanjutnya [6].

Loading density merupakan jumlah isian bahan peledak per meter panjang kolom isian. Untuk menentukan loading density digunakan persamaan ini:

$$de = SG_{Handak} \times d^2 \times (\pi/4) \times 1000 \quad (10)$$

Keterangan:

de = Loading Density (kg/m)

SG<sub>handak</sub> = Berat Jenis Bahan Peledak (gr/cc)

d = Diameter Lubang Bor (m)

Kemudian tentukan banyaknya bahan peledak dalam setiap lubang, digunakan persamaan berikut:

$$E = PC \times de \quad (11)$$

Keterangan:

E = Jumlah Bahan Peledak (kg)

PC = Tinggi Kolom Isian (m)

de = Loading Density (kg/m)

Terakhir didapat nilai powder factor (PF). Powder factor adalah suatu bilangan untuk menyatakan jumlah material yang diledakkan atau dibongkar oleh bahan peledak dalam jumlah tertentu, dapat dinyatakan dalam ton/kg atau kg/ton. Rumusnya ialah sebagai berikut:

$$PF = \frac{E}{\text{volume Batuan Terberai}} \quad (12)$$

Keterangan:

PF = Powder Factor (kg/ton)

E = Jumlah Bahan Peledak (kg)

### 3.4. Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Fragmentasi adalah bentuk material hasil peledakan berdasarkan ukuran tertentu. Analogi dengan mekanisme penggerusan, energi diteruskan pada batuan oleh batuan peledak dan terjadi pemantulan gelombang kejut berkali-kali yang melibatkan serangkaian interaksi dalam individual blok. Hal tersebut mengakibatkan blok tersebut pecah menjadi ukuran yang lebih kecil dan terbentuklah permukaan-permukaan baru. Keberhasilan suatu peledakan biasanya dapat dilihat dari ukuran fragmentasi batuan yang dihasilkan. Oleh karena itu, ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Isian bahan peledak berpengaruh terhadap persentase fragmentasi berukuran *boulder* yang dihasilkan [7].

Klasifikasikan ukuran partikel fragmentasi hasil peledakan dapat dilihat seperti berikut [1]:

- Over Size**  
*Boulder size* (ukuran bongkah) yang membutuhkan *Secondary blasting* atau disebut juga peledakan ulang.
- Fines**  
Ukuran batuan yang sangat kecil dan halus, dan product menjadi susah dalam *transport*, dikarenakan *loose material*.
- Mid-Range**  
Ukuran rata-rata partikel yang ekonomis dan dapat dilakukan transportasi yang sesuai dengan kriteria perusahaan.

Terdapat 4 metode pengukuran fragmentasi batuan yaitu metode pengayakan (*sieving*), *boulder counting* (*production statistic*), *image analysis* (*photographic*), manual (*measurement*) [1][8].

#### 3.4.1. Prediksi Distribusi Fragmentasi Batuan Menurut Kuz - Ram

*Kuznetsov* menghasilkan rumus untuk menghitung prediksi ukuran fragmentasi batuan rata - rata. Semetara, persamaan *Rossin - Rammler* dapat digunakan untuk mendapatkan hasil persentase material yang tertampung di ayakan dengan ukuran tertentu [9].

Persamaan *Kuznetsov* adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = Ax \left( \frac{V_o}{Q} \right)^{0.8} x Q^{0.1667} \left( \frac{E}{115} \right)^{-0.63} \quad (13)$$

Keterangan:

$\bar{X}$  = Ukuran Rata - Rata Fragmentasi Batuan (cm)

A = Faktor Batuan

$V_o$  = Volume Batuan Terbongkar ( $m^3$ )

Q = Berat Bahan Peledak Tiap Lubang (kg)

E = RWS Bahan Peledak ; Emulsion = 95

Untuk menentukan distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan digunakan persamaan *Rossin - Rammler* :

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \quad (14)$$

Keterangan:

R = Persentase Massa Batuan Tertahan Ukuran X (%)

$X_c$  = Karakteristik Ukuran (cm)

X = Ukuran Ayakan (cm)

n = Indeks Keseragaman

e = Konstanta Eksponensial (2,7182818)

$X_c$  dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$X_c = \frac{x}{(0,693)^{1/n}} \quad (15)$$

Keterangan:

$X_c$  = Karakteristik Ukuran (cm)

X = Ukuran Ayakan (cm)

n = Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman (n) yang dikembangkan *Cunningham* dengan menggunakan parameter dari desain peledakan. Indeks keseragaman (n) ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$n = \left( 2,2 - \frac{14B}{D} \right) \left( 1 - \frac{W}{B} \right) \left( 1 + \frac{A-1}{2} \right) \left( \frac{PC}{H} \right) \quad (16)$$

Keterangan:

B = *Burden* (m)

D = Diameter (mm)

W = Standar Deviasi Lubang Bor (m)

A = Ratio *Spasi/Burden*

PC = Panjang Muatan Handak (m)

H = Tinggi Jenjang (m)

*Rock blastability Indeks* (BI) adalah daya tahan batuan terhadap peledakan, dipengaruhi oleh keadaan batuan dan tingkat sedimentasi. Pada batuan kompak dan keras, peledakan dapat dikontrol dengan baik sedangkan pada batuan yang banyak rekahannya, sebagian energi peledakan akan diteruskan ke dalam rekahan dan energi peledakan menjadi berkurang untuk membongkar massa batuan [10]. Secara lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

**Tabel 1.** Pembobotan Batuan

Parameter	Pembobotan
<i>Rock Mass Description (RMD)</i>	
▪ <i>Powdery / Friable</i>	10
▪ <i>Blocky</i>	20
▪ <i>Totally massive</i>	50
<i>Joint Mass Description (JPS)</i>	
▪ <i>Close (Spasi &lt; 0,1 m)</i>	10
▪ <i>Intermediate (Spasi 0,1 - 1 m)</i>	20
▪ <i>Wide (Spasi &gt; 1 m)</i>	50
<i>Joint Plane Orientation (JPO)</i>	
▪ <i>Horizontal</i>	10
▪ <i>Dip out of face</i>	20
▪ <i>Strike normal to face</i>	30
▪ <i>Dip into face</i>	40
<i>Specific Gravity Influence (SGI)</i>	
$SGI = 25 \times SG - 50$	
<i>Hardness (H)</i>	1 - 10

Hubungan antara kelima parameter tersebut terhadap BI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \quad (17)$$

Keterangan:

BI = *Blasting Indeks*

RMD = *Rock Mass Description*

JPS = *Joint Mass Description*

SGI = *Specific Gravity Influence*

H = Hardness

Persamaan yang memberikan hubungan antara faktor batuan dengan indeks kemampuan ledakkan suatu batuan adalah sebagai berikut <sup>[11]</sup>:

$$RF = 0,12 \times (BI) \quad (18)$$

Keterangan:

RF = Rock Factor

BI = Blasting Index

### 3.4.2. Analisis Distribusi Fragmentasi Batuan dengan Software Split Desktop

Distribusi fragmentasi dapat dihitung secara teoritis dari keadaan geologi, jenis batuan, jenis bahan peledak dan geometri peledakan yang diterapkan <sup>[12]</sup>.

Peledakan dikatakan berhasil apabila banyaknya batuan hasil peledakan (fragmentasi) lebih besar dari batuan hasil peledakan yang berupa bongkahan (*boulder*), dimana jumlah bongkah batuan yang dihasilkan harus dibawah 15 % <sup>[13][14]</sup>.

Program ini dirancang untuk menentukan ukuran fragmentasi batuan berdasarkan analisis gambar digital yang diambil dari hasil peledakan di lapangan. Berdasarkan data-data gambar digital yang didapatkan di lapangan, program ini dapat melakukan penggambaran pada batas - batas (*split*) batuan yang terkumpul banyak secara otomatis. Setelah dilakukan pengeditan, dari hasil penggambaran tersebut kemudian dianalisis ukuran (*compute size*) untuk menghasilkan suatu *output* berupa informasi distribusi fragmentasi yang ditampilkan dalam suatu grafik hubungan persen kumulatif material yang lolos dengan ukuran fragmen batuan yang telah ada pada gambar <sup>[14]</sup>.

Langkah pengoperasian program *split desktop* 3.1/*Split Engineering* 2010 pada perangkat komputer/laptop adalah <sup>[8]</sup>:

- 1) *Scale Image*, program ini memungkinkan menentukan skala yang akan ditentukan untuk setiap gambar yang diambil di lapangan.
- 2) *Find Particle*, melakukan penggambaran otomatis dari fragmentasi batuan masing – masing gambar yang di proses dan memungkinkan mengedit fragmentasi batuan dengan cara didelineasi untuk memastikan hasil akurat.
- 3) *Done Editing*, edit fragmentasi batuan selesai dan disimpan di computer.
- 4) *Compute Size*, melibatkan perhitungan distribusi ukuran berdasarkan fragmentasi batuan yang digambarkan.
- 5) *Graphs and Output*, menyangkut grafik dan berbagai *output* untuk menampilkan informasi distribusi fragmentasi batuan yang ditampilkan dalam suatu grafik hubungan persen kumulatif material yang lolos dengan ukuran distribusi fragmentasi batuan yang telah ada pada gambar.

### 3.5. Digging time Alat Gali Muat

Waktu gali (*digging time*), merupakan waktu yang dibutuhkan oleh alat gali untuk mengisi *bucket*. Pengisian *bucket* sangat dipengaruhi oleh kondisi material, tenaga alat gali, kondisi kuku *bucket*. Material bersifat keras

akan meningkatkan tahanan gali (*digging resistance*), yang menyulitkan alat gali dalam menggaruk material.

*Digging time* merupakan bagian dari aspek yang dihitung untuk penentuan waktu edar (*cycle time*). *Cycle time* merupakan waktu total yang dibutuhkan alat gali dalam melakukan satu kali siklus kegiatan. *Cycle time* alat gali muat terdiri dari 4 kegiatan dalam satu siklus yaitu, *digging time*, *swing* isi, waktu *dumping*. *Swing* kosong.

### 3.6. Recovery Peledakan

*Recovery* peledakan merupakan antara parameter yang menentukan keberhasilan hasil peledakan. Suatu kegiatan peledakan dapat dikatakan berhasil ketika volume material yang direncanakan sesuai dengan volume apabila material tersebut habis diangkat <sup>[15]</sup>. Nilai *recovery* peledakan dalam bentuk persentase (%) yang menunjukkan efektifitas batuan yang terbongkar dalam suatu kegiatan peledakan. Berikut merupakan rumus untuk mencari *recovery* peledakan. Pada penelitian ini penulis mengambil nilai *recovery* peledakan dari perbandingan volume *overburden* yang terangkut dengan volume *overburden* yang diledakkan

$$Recovery (\%) = \frac{Volume\ OB\ Terangkut}{V_R\ Volume\ OB\ diledakkan} \times 100 \quad (19)$$

### 3.7. Biaya Bahan Peledak

Terdapat dua istilah biaya, yaitu <sup>[16]</sup>:

- 1) Biaya (*cost*), yang dimaksud dengan biaya di sini adalah semua pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang.
- 2) Pengeluaran (*expenche*), yang dimaksud dengan *expenche* ini biasanya yang berkaitan dengan sejumlah uang yang dikeluarkan atau dibayarkan dalam rangka mendapatkan sesuatu hasil yang diharapkan.

Biaya bahan peledak merupakan biaya yang dari bahan peledak untuk melakukan peledakan. Biaya ini biasanya dikeluarkan secara rutin atau periodik waktu tertentu <sup>[16]</sup>. Biaya ini akan dihitung bagi mengetahui jumlah biaya bahan peledak yang digunakan dengan pendapatan dari hasil peledakan. Sehingga secara umum persamaan *income* pada operasional peledakan ialah sebagai berikut:

$$income = revenue - expence \quad (20)$$

Keterangan:

*income* = Nilai Aliran Uang

*revenue* = Harga Batuan Yang diberaiakan/diledakkan

*expence* = Biaya pengeluaran kegiatan peledakan

Sederhananya, untuk mengetahui suatu nilai penghasilan (*income*) tersebut ekonomis atau tidak, diperlukan suatu aspek tertentu dalam penentuan nilainya, yaitu jika  $income > 0$ , artinya kegiatan operasional akan menguntungkan/ layak (*feasible*), jika :  $income < 0$ , artinya kegiatan operasional tidak menguntungkan/ layak (*unfeasible*).

## 4. Metode Penelitian

Metodologi penelitian adalah ilmu mengenai jalan yang dilewati untuk mencapai pemahaman. Jalan tersebut harus ditetapkan secara bertanggung jawab ilmiah dan data yang dicari untuk membangun/memperoleh pemahaman harus melalui syarat ketelitian. artinya harus dipercaya kebenarannya [17].

#### 4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan dari segi penggunaannya, dimana konsep – konsep yang digunakan cenderung operasional dan bukan konsep yang abstrak. Penelitian terapan cenderung tidak (atau mengabaikan) teori dalam penyusunan rancangan penelitiannya [18].

Berdasarkan data yang diambil, jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian data *kontinum*. Data *kontinum* merupakan data dalam bentuk angka/bilangan yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran. Data *kontinum* dapat berbentuk bilangan bulat atau pecahan tergantung jenis skala pengukuran yang digunakan [18].

Pada penelitian ini geometri peledakan aktual akan dievaluasi dengan menggunakan teori R.L Ash. Beberapa geometri usulan akan dibandingkan dari faktor prediksi fragmentasi yang akan dihasilkan.

#### 4.2. Teknik Pengumpulan Data

Cara pengambilan data - data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Studi kepustakaan, yaitu pengumpulan data-data dari literatur-literatur dan internet tentang hasil kegiatan peledakan.
2. Observasi lapangan, yaitu pengamatan di lapangan meliputi kegiatan peledakan.
3. Wawancara dengan instruktur lapangan serta orang-orang yang ahli dibidangnya.

Adapun data – data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua, yaitu:

##### 4.2.1 Data Primer

Data Primer meliputi:

- a. Geometri peledakan aktual dan usulan
- b. Hasil foto/gambar fragmentasi batuan dari hasil kegiatan peledakan aktual dan usulan
- c. *Digging time* alat gali muat aktual dan usulan

##### 4.2.2 Data Sekunder

Data Sekunder meliputi:

- a. Gambaran umum daerah penyelidikan
- b. Data geologi regional
- c. Data *Loading Sheet*
- d. Data *Blast Report*
- e. Data *Recovery* peledakan

#### 4.3. Pengolahan Data

Adapun pengolahan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Perhitungan dan analisis distribusi fragmentasi batuan dengan *software Split Desktop* dari geometri peledakan aktual.
2. Analisis *digging time* alat gali muat dari hasil geometri peledakan aktual.
3. Perhitungan *recovery* peledakan dan biaya peledakan dari hasil geometri peledakan aktual.
4. Perhitungan geometri beberapa rancangan usulan berdasarkan teori R.L Ash
5. Perhitungan prediksi fragmentasi batuan dari beberapa hasil geometri peledakan usulan dengan metode Kuz – Ram.
6. Pemilihan dan uji coba geometri peledakan usulan terbaik.
7. Analisis distribusi fragmentasi batuan hasil geometri peledakan usulan dengan menggunakan *software Split Desktop*.
8. Analisis *digging time* alat gali muat dari hasil geometri peledakan usulan.
9. Perhitungan *recovery* peledakan dan biaya peledakan dari hasil geometri peledakan usulan.

#### 4.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi perhitungan produksi, perhitungan dan analisis distribusi fragmentasi batuan, analisis *digging time* alat gali muat, perhitungan *recovery* peledakan dan perhitungan biaya dari data aktual geometri peledakan.

Kemudian setelahnya akan dilakukan evaluasi geometri peledakan. Adapun analisis data yang dilakukan meliputi perhitungan rancangan usulan peledakan (geometri, *loading density*, *powder factor* dan massa batuan yang terberai) agar tercapai hasil fragmentasi yang baik dan *digging time* yang minimal, perhitungan dan analisis distribusi fragmentasi batuan, perhitungan *recovery* peledakan dan perhitungan biaya operasional dari hasil rancangan usulan geometri peledakan.

##### 4.3.1. Prediksi Distribusi Fragmentasi Batuan

Prediksi distribusi fragmentasi batuan dihitung dengan metode *Kuz – Ram*, dimana parameter – parameter yang dibutuhkan ialah *burden*, *spasi*, diameter lubang ledak, *loading density*, faktor batuan, kedalaman lubang, jumlah bahan peledak per lubang, nilai RWS bahan peledak, tinggi jenjang yang diharapkan, standar deviasi lubang dan ukuran ayakan yang digunakan.

Adapun output yang didapat berupa nilai *powder coloumn*, *stemming*, fragmentasi rata – rata, indeks keseragaman, karakteristik batuan, material yang tertahan dan lolos pada ayakan.

##### 4.3.2. Analisis Distribusi Fragmentasi Batuan

Analisis distribusi fragmentasi batuan dilakukan dengan *software Split Dekstop 2.0*, dimana parameter yang dibutuhkan berupa foto dari batuan yang telah diberai.

Adapun *output* yang didapat berupa grafik dari presentase distribusi fragmentasi batuan dengan berbagai ukuran ayakan.

##### 4.3.3. Digging time Alat Gali Muat

*Digging time* alat gali muat dapat diperhatikan setelah kegiatan peledakan selesai ketika alat gali muat mulai menggali (*digging*) material yang telah terberaikan. Adapun *output* yang akan diperoleh dari kegiatan ini ialah waktu menggali (*digging time*) alat gali muat yang seminimal mungkin.

#### 4.3.4. Recovery Peledakan

Nilai *recovery* peledakan dapat diperoleh setelah nilai produksi alat gali muat yang menggali di lokasi peledakan sama atau memenuhi target dengan nilai 90% yang ditargetkan untuk suatu kegiatan peledakan

#### 4.3.5. Biaya Bahan Peledak

Perhitungan mengenai biaya bahan peledak memerlukan harga bahan peledak yang digunakan. *Output* dari biaya bahan peledak ini adalah nilai *income* (pendapatan) dari kegiatan peledakan yang telah dilakukan.

## 5. Hasil dan Pembahasan

### 5.1. Data Aktual Geometri Peledakan

Kegiatan peledakan mengenai data aktual geometri peledakan di PT. Darma Henwa Tbk selama penulis melakukan penelitian, dilakukan sebanyak 4 kali peledakan dimulai tanggal 10 Februari sampai dengan tanggal 21 Februari 2019. Data aktual geometri peledakannya dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

**Tabel 2.** Data Aktual Geometri Peledakan

No	Tanggal	ID Lokasi	Geometri Aktual								
			B	S	T	PC	J	d	H	L	n
1	10-Feb-19	BP2_BB103	9.0	10.0	3.9	6.2	0.5	200	10.1	9.6	142
2	10-Feb-19	BP2_B225	9.0	10.0	3.7	5.3	0.5	200	9.0	8.5	91
3	13-Feb-19	BP2_BB104	9.0	10.0	3.7	5.1	0.5	200	8.8	8.3	35
4	13-Feb-19	BP2_BB105	9.0	10.0	5.0	8.4	0.5	200	13.4	12.9	97
5	19-Feb-19	BP2_BB106	9.0	10.0	3.8	3.1	0.5	200	6.9	6.4	117
6	21-Feb-19	BP2_BB107	9.0	10.0	5.0	9.5	0.5	200	14.5	14.0	251

Berdasarkan Tabel 2, geometri peledakan aktual ketika observasi menunjukkan nilai diameter lubang ledak (*d*), *burden* (*B*), *spasi* (*S*) dan *sub-drilling* (*J*) yang tetap yaitu 200 mm untuk diameter lubang ledak, 9 m *burden*, 10 m *spasi* dan 0.5 m *sub-drilling*. Manakala data di Tabel 9 untuk parameter lain seperti kedalaman lubang ledak (*L*), tinggi jenjang (*H*) dan Stemming (*T*) berbeda untuk setiap lokasi peledakan. Data yang diperoleh merupakan nilai rata-rata, nilai aktual untuk parameter kedalaman lubang ledak (*L*)

**Tabel 3.** Volume Peledakan, Jumlah Bahan Peledak dan Powder Factor (PF) Peledakan Aktual

No	Tanggal	ID Lokasi	Jumlah Bahan Peledak (Kg)	Volume Calculate	Volume Actual	Volume Production	PF Plan	PF Actual
1	10-Feb-19	BP2_BB103	35.188	122.944	107.949	84.398	0.29	0.33
2	10-Feb-19	BP2_B225	20.191	69.861	56.256	50.230	0.29	0.36
3	13-Feb-19	BP2_BB104	7.505	26.271	21.849	20.070	0.29	0.34
4	13-Feb-19	BP2_BB105	34.546	112.617	111.317	99.054	0.31	0.31
5	19-Feb-19	BP2_BB106	15.228	66.866	58.102	50.340	0.23	0.26
6	21-Feb-19	BP2_BB107	95.090	316.260	309.358	263.875	0.30	0.31

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat PF plan dan PF aktual hasil peledakan dari tanggal 10 Februari 2019

hingga 21 Februari 2019 dengan nilai PF plan terendah dicatatkan ialah 0.23 pada lokasi BP2\_BB106. nilai tertinggi untuk PF plan ialah 0.31 untuk lokasi BP2\_BB105. Manakala dapat dilihat untuk nilai PF aktual tertinggi adalah 0.36 untuk lokasi BP2\_B225 dan nilai terendah untuk PF aktual 0.26 untuk lokasi BP2\_BB106. manakala untuk PF rata-rata untuk enam kali peledakan ialah 0.32. berdasarkan data tersebut dapat dilihat PF aktual yang didapatkan tidak sesuai dengan nilai PF maksimal yang ditetapkan oleh pihak perusahaan yaitu  $\leq 0.30$ .

#### 5.1.1. Fragmentasi Batuan Dari Data Aktual Geometri Peledakan

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil fragmentasi distribusi batuan yang memenuhi ketentuan pada PT. Darma Henwa Tbk, yaitu jumlah *boulder* (batuan > 100 cm) yang tertahan ialah di bawah 15%. Artinya, batuan yang lolos pada ukuran ayakan 100 cm ialah diatas 85%.

**Tabel 4.** Rangkuman Data Distribusi Fragmentasi Peledakan Aktual

No	Lokasi Peledakan	Lolos (%)	Tertahan (%)
1	BP2_BB103	78.14	21.86
2	BP2_B225	81.44	18.56
3	BP2_BB104	89.12	10.88
4	BP2_BB105	91.23	8.77
5	BP2_BB106	100	-
6	BP2_BB107	89.45	10.55
Rata-rata		88.23	14.12

Pada peledakan BP2\_BB103 persentase tertahan dicatatkan paling tinggi dengan 21.81% . Sementara itu, BP2\_BB106 mencatatkan persentase lolos maksimal dengan 100%. Hal ini disebabkan lokasi peledakan BP2\_BB106 telah mengalami pelapukan dan peledakan yang dilakukan adalah peledakan TOC (menuju permukaan batubara) berbeda dari lokasi lain yang melakukan peledakan menuju elevasi. Berkaca dari dua nilai ini dapat dilihat hasil peledakan dari geometri aktual masih belum konsisten untuk mencapai target ukuran tertahan bagi boulder (> 100 cm) < 15%. Hal ini menjadi bahan evaluasi bagi penulis untuk mengatasinya.

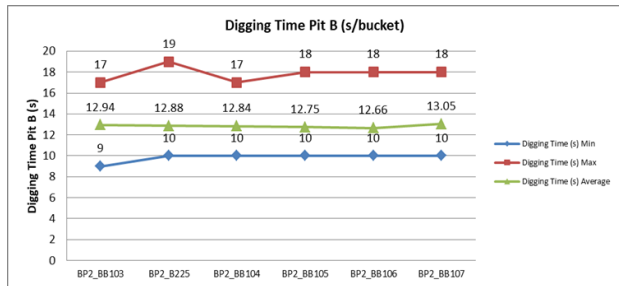
#### 5.1.2. Analisis Digging time Aktual Hasil Peledakan

Pengambilan data *digging time* dilakukan pada setiap peledakan dengan alat gali muat yang diamati adalah excavator jenis Hitachi EX 2600 dan Komatsu PC 2000 berkapasitas 15 m<sup>3</sup> dan 13 m<sup>3</sup>. Dari observasi yang dilakukan terlihat bahwa fragmentasi berukuran besar (*boulder*) membutuhkan waktu penggalian yang lebih lama dibandingkan fragmentasi yang berukuran lebih kecil. Hal ini disebabkan karena tahanan gali (*digging resistance*) yang dialami oleh kuku *bucket* saat menggali lebih besar pada material yang berukuran *boulder*. Selain itu juga disebabkan karena keras atau lunaknya material yang akan digali.

Berdasarkan pengamatan dan perhitungan data yang dilakukan pada area peledakan maka didapatkan nilai *digging time* seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5. Data Digging time Broken Material pada Pit B**

Lokasi	Digging Time (s)		
	Min	Max	Average
BP2_BB103	9	17	12.94
BP2_B225	10	19	12.88
BP2_BB104	10	17	12.84
BP2_BB105	10	18	12.75
BP2_BB106	10	18	12.66
BP2_BB107	10	18	13.05
Rata- Rata	9.83	17.83	12.85



**Gambar 3. Grafik Digging time Broken Material Pit B**

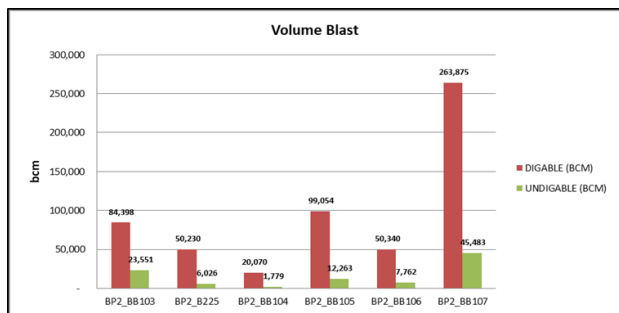
### 5.1.3. Recovery Peledakan Aktual

Keberhasilan suatu kegiatan peledakan ditinjau dari volume hasil peledakan tersebut. Volume aktual yang diperoleh haruslah sesuai dengan volume rencana peledakan yang telah dilakukan. *Recovery* peledakan merupakan parameter yang digunakan oleh PT. Darma Henwa Tbk untuk meninjau persentase material hasil peledakan yang dapat diangkut.

Berikut merupakan data yang diperoleh berdasarkan volume hasil peledakan yang dapat diangkut (*diggable*) dan tidak dapat diangkut (*undiggable*) pada suatu hasil peledakan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Data Recovery Peledakan pada Pit B**

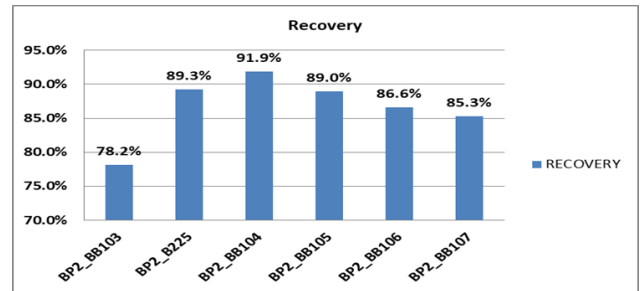
PANEL 2						
No	NO BLAST	DATE	VOLUME (BCM)	DIGABLE (BCM)	UNDIGABLE (BCM)	RECOVERY
1	BP2_BB103	10-Feb-19	107,949	84,398	23,551	78.2%
2	BP2_B225	10-Feb-19	56,256	50,230	6,026	89.3%
3	BP2_BB104	13-Feb-19	21,849	20,070	1,779	91.9%
4	BP2_BB105	13-Feb-19	111,317	99,054	12,263	89.0%
5	BP2_BB106	19-Feb-19	58,102	50,340	7,762	86.6%
6	BP2_BB107	21-Feb-19	309,358	263,875	45,483	85.3%
<b>Total</b>			<b>664,831</b>	<b>567,967</b>	<b>96,864</b>	<b>85.4%</b>



**Gambar 4. Volume Hasil Peledakan Pit B**

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa material yang diangkut tidak sesuai dengan volume

peledakan. Keadaan ini dapat berdampak terhadap pendapatan perusahaan dari hasil *overburden* yang diperoleh dan *sequence* penambangan yang telah direncanakan.



**Gambar 5. Grafik Recovery Peledakan Aktual di Pit B**

Gambar 5 menunjukkan nilai *recovery* peledakan untuk peledakan aktual pada tanggal 10 Februari hingga 21 Februari, nilai terendah dicatatkan pada area BP2\_BB103 dengan nilai 78.2%, dan persentase tertinggi dicatatkan dengan nilai 91.9% pada lokasi peledakan (BP2\_BB104) yang telah memenuhi target yang ditetapkan oleh PT. Darma Henwa Tbk dengan nilai  $\geq 90\%$ .

### 5.1.4. Biaya Bahan Peledak Dari Data Geometri Peledakan Aktual

Perhitungan biaya operasional dari hasil data aktual geometri peledakan meliputi perhitungan jumlah dan biaya *Emulsion Synergy 335* (PT.AEL), *Booster 400g* dan detonator non-elektrik yang digunakan serta fee pengangkutan *overburden* oleh pihak *owner* dari hasil peledakan *overburden*. Adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

**Tabel 7. Biaya Bahan Peledak Pit B**

No	Lokasi	Booster		AN		EM		Inhole Delay		Surface Delay		Total Cost (\$)
		N	\$	N (Ton)	\$	N (Ton)	\$	N	\$	N	\$	
1	BP2_BB103	142	482.80	7.037	703.70	28.151	3,378.12	142	568.00	141	535.80	5,668.42
2	BP2_B225	91	309.40	4.038	403.80	16.153	1,938.36	91	364.00	90	342.00	3,357.56
3	BP2_BB104	35	119.00	1.501	150.10	6.004	720.48	35	140.00	34	129.20	1,258.78
4	BP2_BB105	97	329.80	6.909	690.90	27.637	3,316.44	97	300.70	96	364.80	5,002.64
5	BP2_BB106	117	397.80	3.045	304.50	12.183	1,461.96	117	468.00	117	444.60	3,076.86
6	BP2_BB107	251	853.40	19.018	1,901.80	76.072	9,128.64	251	1,004.00	251	953.80	13,841.64

**Tabel 8. Rencana Nilai Penghasilan (Income) Peledakan Pit B**

No	Volume Overburden	Fee (\$)	Total Cost (\$)	Income (\$)
1	122,944	614,720.00	5,668.42	609,051.58
2	69,861	349,305.00	3,357.56	345,947.44
3	26,271	131,355.00	1,258.78	130,096.22
4	112,617	563,085.00	5,002.64	558,082.36
5	66,866	334,330.00	3,076.86	331,253.14
<b>Total</b>				<b>3,541,889.10</b>

Berdasarkan Tabel 8, didapatkan rencana nilai penghasilan (*income*) untuk pembongkaran *overburden* di Pit B, PT. Darma Henwa Tbk. dengan total penghasilan \$ 3,541,889.10 dengan nilai fee sejumlah \$ 5.00/bcm *overburden*.



terdapat beberapa material yang tidak dapat diangkut akibat hasil peledakan yang tidak ideal.

## 5.2. Rancangan Usulan dan Uji Coba Rancangan Usulan Geometri Peledakan

### 5.2.1. Rancangan Usulan Geometri Peledakan

Rancangan geometri peledakan usulan dilakukan untuk mendapatkan hasil fragmentasi batuan yang baik dengan ukuran boulder  $\leq 15\%$  pada ukuran batuan 100 cm, *digging time* alat gali muat  $\leq 12$  detik dan *recovery* peledakan  $\geq 90\%$ . Adapun parameter – parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan evaluasi geometri peledakan didapat dari studi ke pustaka, observasi dilapangan dan lainnya. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus R.L Ash didapatkan tiga geometri peledakan usulan. Hasil perhitungan dari tiga (3) geometri usulan dapat dilihat perbandingan rancangan geometri usulan I, II dan III dapat dilihat pada Tabel 10 dibawah ini:

**Tabel 9.** Aktual Nilai Penghasilan (*Income*) Peledakan Pit B

No	Volume Overburden (bcm)	Fee (\$)	Total Cost (\$)	Income (\$)
1	84,398	421,990.00	5,668.42	416,321.58
2	50,230	251,150.00	3,357.56	247,792.44
3	20,070	100,350.00	1,258.78	99,091.22
4	99,054	495,270.00	5,002.64	490,267.36
5	50,340	251,700.00	3,076.86	248,623.14
6	263,875	1,319,375.00	13,841.64	1,305,533.36
Total				2,807,629.10

Tabel 9 memaparkan nilai aktual penghasilan peledakan Pit B dengan total penghasilan \$ 2,807,629.10. Nilai tersebut kurang \$ 734,260.00 dari jumlah pendapatan yang direncanakan. Hal ini disebabkan oleh

**Tabel 10.** Perbandingan Rancangan Usulan Geometri Peledakan

No	Parameter					
1	AF 1	1.190				
2	AF 2	1.179				
3	Kbstd	30				
4	Kb	42.09				
5	Usulan	Usulan I		Usulan II		Usulan III
6	Kedalaman Lubang Bor (H)	10.5 meter	9.5 meter	10.5 meter	9.5 meter	10.5 meter
7	Geometri					
a	Burden (m)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.5
b	Spasi (m)	8.0	8.0	11.0	11.0	12.5
c	Subdrilling (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
d	Stemming (m)	5.6	5.2	5.1	4.6	4.6
e	Tinggi Jenjang (m)	10.0	9.0	10.0	9.0	10.0
f	Panjang Kolom Isian (m)	4.9	4.7	5.4	4.9	5.9
g	Loading Density					
i	Before Gassing (kg/m)	39.26	39.26	39.26	39.26	39.26
ii	After Gassing (kg/m)	40.84	40.84	40.84	40.84	40.84
h	Volume Blast (bcm)	228,000		228,000		228,000
i	Powder Factor (PF)	0.32		0.26		0.24
8	Prediksi Fragmentasi Kuz-Ram					
a	Rata-rata Fragmentasi (X)(cm)	63.70	63.60	77.40	75.70	85.10
b	Indeks Keseragaman (n)	0.804	0.784	1.003	1.071	1.209
c	Karakteristik Ukuran (Xc)	100.54	101.53	111.57	106.61	115.26
d	Tertahan Saringan 100 cm (%)	36.93	37.27	40.81	39.30	43.07
e	Lolos Saringan 100 cm (%)	63.07	62.73	60.70	59.94	56.93

Berdasarkan Tabel 10, maka dapat dipilih rancangan usulan geometri peledakan yang akan diuji cobakan ialah rancangan usulan I. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan geometri usulan I yaitu :

- Rata-rata fragmentasi (X) yang diperoleh melalui perhitungan Kuz-Ram ialah 63,70 cm dan 63,60 cm. Nilai ini lebih rendah dan relevan dibandingkan nilai yang diperoleh dari usulan II dan usulan III.
- Presentase lolos batuan untuk saringan 100 cm menunjukkan bahwa geometri usulan I memperoleh nilai 63.07% dan 62,73%. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan dua usulan lainnya.
- Sementara, nilai powder factor (PF) dari hasil perhitungan diperoleh nilai 0,32. Nilai tersebut

paling mendekati dengan nilai PF yang diberikan oleh perusahaan 0,30.

- Nilai spasi dan burden yang diperoleh ialah 8 x 8 meter yang dapat memudahkan pekerjaan lapangan seperti tugas *helper* pemboran untuk menanda titik bor serta memudahkan tugas mesin bor sehingga dapat mempercepat pekerjaan pengeboran lubang ledak.

### 5.2.2. Uji Coba Rancangan Usulan Geometri Peledakan

Setelah dilakukan perhitungan rancangan usulan geometri peledakan menggunakan metode R.L Ash. Maka dipilihlah geometri usulan I yang akan diuji coba

dilapangan. Geometri peledakan dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Geometri Peledakan Usulan I

No	Tanggal	ID Lokasi	Geometri Aktual								
			B	S	T	PC	J	H	L	d	n
1	25-Feb-19	BP1_C021	8.0	8.0	5.6	4.9	0.5	10.5	10.0	200	96
2	26-Feb-19	BP1_C022	8.0	8.0	5.2	4.3	0.5	9.5	9.0	200	65
3	1-Mar-19	BP1_A050	8.0	8.0	5.6	4.9	0.5	10.5	10.0	200	71
4	5-Mar-19	BP1_B023	8.0	8.0	5.6	4.9	0.5	10.5	10.0	200	81
5	7-Mar-19	BP1_C023	8.0	8.0	5.2	4.3	0.5	9.5	9.0	200	77

Sementara itu, pada Tabel 12 memperlihatkan volume peledakan, jumlah bahan peledak yang digunakan dan *powder factor* (PF) yang didapatkan dari hasil peledakan usulan

**Tabel 12.** Volume Peledakan, Jumlah Bahan Peledak dan Powder Factor (PF) Peledakan Usulan

No	Tanggal	ID Lokasi	Jumlah Bahan Peledak (Kg)	Volume Calculate	Volume Actual	Volume Production	PF Plan	PF Actual
1	25-Feb-19	BP1_C021	18,468	61,440	59,117	59,600	0.30	0.31
2	26-Feb-19	BP1_C022	10,973	37,440	33,208	33,208	0.29	0.33
3	1-Mar-19	BP1_A050	13,659	45,440	43,451	40,243	0.30	0.31
4	5-Mar-19	BP1_B023	15,582	51,840	49,337	48,158	0.30	0.32
5	7-Mar-19	BP1_C023	12,999	44,352	42,066	40,100	0.29	0.31

### 5.2.3. Distribusi Fragmentasi Batuan Dari Uji Coba Rancangan usulan

**Tabel 13.** Rangkuman Data Distribusi Fragmentasi Peledakan Usulan Aktual

No	Lokasi	Lolos (%)	Tertahan (%)
1	BP1_C021	100.00	0.00
2	BP1_C022	100.00	0.00
3	BP1_A050	100.00	0.00
4	BP1_B023	100.00	0.00
5	BP1_C023	100.00	0.00
Rata-rata		100.00	0.00

Pada Tabel 13 dapat dilihat hasil peledakan usulan mencatatkan persentase lolos maksimal dengan nilai 100%. Kondisi ini telah mencapai target yang ditetapkan perusahaan yaitu material lolos > 85%.

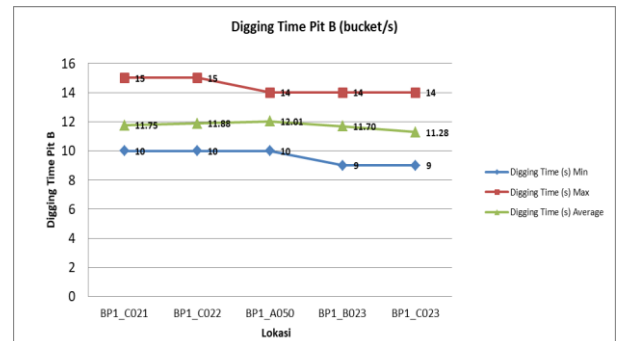
### 5.2.4. Analisis Digging time Hasil Peledakan Usulan

*Digging time* yang cepat merupakan antara tujuan dari penelitian ini. Berdasarkan data lapangan hasil dari peledakan usulan, *digging time* alat gali muat dapat dilihat pada Tabel 14 berikut:

**Tabel 14.** Perhitungan *Digging time Broken Material* Peledakan Usulan

Lokasi	Digging Time		
	Min	Max	Average
BP1_C021	10	15	11.75
BP1_C022	10	15	11.88
BP1_A050	10	14	12.01
BP1_B023	9	14	11.70
BP1_C023	9	14	11.28
Rata-Rata	9.6	14.4	11.72

Berdasarkan Tabel 14, *digging time* rata-rata tertinggi dicatat pada lokasi BP1\_A050 dengan waktu 12.01 detik dan *digging time* rata-rata terendah dicatat pada lokasi BP1\_C023 dengan waktu 9 detik. Manakala waktu rata-rata yang diperoleh untuk lima lokasi peledakan dari geometri usulan adalah 11,72 detik. Waktu rata-rata yang dicatatkan untuk *digging time* dari hasil geometri peledakan usulan memenuhi standar yang ditetapkan perusahaan yaitu  $\leq 12$  detik. Gambar 6 dapat menunjukkan grafik dari *digging time* untuk geometri peledakan usulan.



**Gambar 6.** Grafik *Digging time Broken Material* Peledakan Usulan I pada Pit B

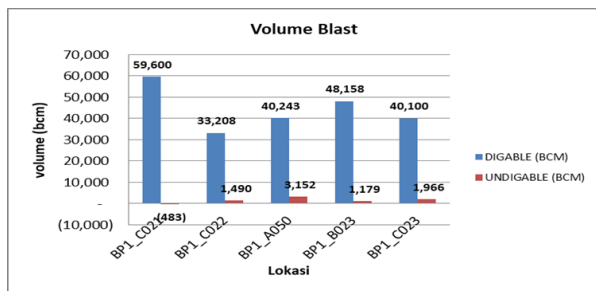
### 5.2.4. Recovery Peledakan Usulan

*Recovery* peledakan merupakan presetas dari *overburden* yang dapat diangkat oleh alat gali muat. *Recovery* peledakan ini penting bagi menunjang pendapatan perusahaan dan berdampak terhadap *sequence* penambangan. Nilai *recovery* peledakan untuk hasil peledakan usulan dapat diperhatikan pada Tabel 15.

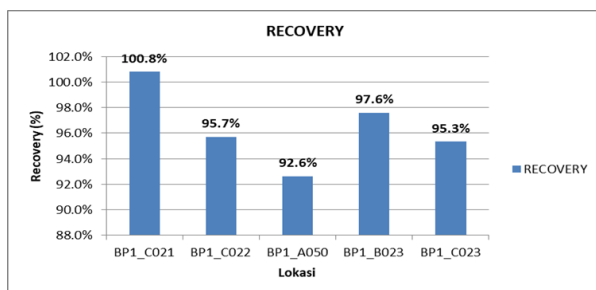
**Tabel 15.** *Recovery* Peledakan Peledakan Usulan I

No	NO BLAST	DATE	VOLUME (BCM)	DIGABLE (BCM)	UNDIGABLE (BCM)	RECOVERY
1	BP1_C021	25-Feb-19	59,117	59,600	(483)	100.8%
2	BP1_C022	26-Feb-19	34,698	33,208	1,490	95.7%
3	BP1_A050	1-Mar-19	43,451	40,243	3,208	92.6%
4	BP1_B023	5-Mar-19	49,337	48,158	1,179	97.6%
5	BP1_C023	7-Mar-19	42,066	40,100	1,966	95.3%
Total			228,669	221,309	7,360	96.4%

Berdasarkan Tabel 15, nilai *recovery* peledakan tertinggi dicatat pada lokasi BP1\_C021 dengan nilai 100,8 %. Nilai *recovery* peledakan terendah dicatatkan pada lokasi BP1\_A050 dengan nilai 92,6%. Manakala, nilai rata-rata yang diperoleh dari lima kali hasil peledakan usulan ialah 96,4%. Nilai tersebut telah memenuhi target yang ditetapkan perusahaan  $\geq 90\%$ . Pada Gambar 7 dan Gambar 8 dilihat grafik yang dapat merepresentasikan hasil dari data yang telah diolah.



**Gambar 7.** Grafik Volume Hasil Peledakan Usulan I di Pit B



**Gambar 8.** Grafik Recovery Peledakan Usulan I di Pit B

#### 5.2.4. Biaya Operasional Geometri Peledakan Usulan I

Perhitungan biaya operasional dari peledakan usulan meliputi perhitungan jumlah dan biaya *Emulsion Synergy 335* (PT.AEL), *Booster 400g* dan detonator non-elektrik yang digunakan serta *fee* pengangkutan *overburden* oleh pihak *owner* dari hasil peledakan *overburden*. Adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 16 berikut:

**Tabel 16.** Biaya Bahan Peledak Usulan I

No	Lokasi	Booster		AN		EM		Inhole Delay		Surface Delay		Total Cost (\$)
		N	\$	N (Ton)	\$	N (Ton)	\$	N	\$	N	\$	
1	BP1_CO21	96	326.40	3.69	369.36	14.77	1,772.92	96	368.00	96	535.80	3,572.48
2	BP1_CO22	65	221.00	2.19	219.46	8.78	1,053.42	65	364.00	65	342.00	2,199.89
3	BP1_A050	71	241.40	2.73	273.17	10.93	1,311.22	71	140.00	71	129.20	2,094.99
4	BP1_B023	81	275.40	3.12	311.65	12.47	1,495.90	81	300.70	81	364.80	2,748.45
5	BP1_CO23	77	261.80	2.60	259.98	10.40	1,247.90	77	468.00	77	444.60	2,682.28
Total		390	1,326.00	14.336	1,433.62	57.34	6,881.37	390	1,840.70	390	1,816.40	13,298.09

Biaya bahan peledak usulan yang dipaparkan pada Tabel 25 nilai tertinggi dicatatkan pada lokasi peledakan BP1\_CO21 dengan nilai \$ 3,572.48 dan untuk nilai terendah pada lokasi BP1\_A050 dengan nilai \$ 2,094.99. Sementara itu, total biaya peledakan yang dikeluarkan untuk lima kali peledakan usulan ialah \$ 13,298.09 .

**Tabel 17.** Rencana Nilai Penghasilan (*Income*) Peledakan Usulan

No	Volume Overburden (bcm)	Fee (\$)	Total Cost (\$)	Income (\$)
1	59,117	295,585.00	3,572.48	292,012.52
2	34,698	173,490.00	2,199.89	171,290.11
3	43,451	217,255.00	2,094.99	215,160.01
4	49,337	246,685.00	2,748.45	243,936.55
5	42,066	210,330.00	2,682.28	207,647.72
Total				1,130,046.91

Berdasarkan Tabel 17, didapatkan rencana nilai penghasilan (*income*) untuk pembongkaran *overburden* di Pit B, PT. Darma Henwa Tbk. dengan total

penghasilan \$ 1,130,046.91 dengan nilai *fee* sejumlah \$ 5.00/bcm *overburden*.

**Tabel 18.** Aktual Nilai Penghasilan (*Income*) Peledakan Usulan I

No	Volume Overburden (bcm)	Fee (\$)	Total Cost (\$)	Income (\$)
1	59,600	298,000.00	3,572.48	294,427.52
2	33,208	166,040.00	2,199.89	163,840.11
3	40,243	201,215.00	2,094.99	199,120.01
4	48,158	240,790.00	2,748.45	238,041.55
5	40,100	200,500.00	2,682.28	197,817.72
Total				1,093,246.91

Tabel 18 memaparkan nilai aktual penghasilan (*income*) peledakan usulan dengan total penghasilan \$ 1,093,246.91. Pendapatan yang dicatatkan kurang 3 % atau dengan nilai \$ 36,800.00 dari jumlah pendapatan yang direncanakan. Penghasilan aktual yang didapatkan dari hasil peledakan usulan memperoleh peningkatan aktualisasi 15% dibandingkan dengan penghasilan aktual yang dicatatkan pada peledakan aktual.

## 6. Kesimpulan dan Saran

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan seperti berikut:

- Geometri peledakan aktual menggunakan nilai burden 9,0 meter dan spasi 10,0 meter dengan ketinggian jenjang maksimal 14,5 meter.
- Hasil analisis peledakan aktual adalah seperti berikut:
  - Distribusi fragmentasi batuan dari data aktual geometri peledakan, rata – rata fragmentasi batuan yang tertahan pada ukuran 100 cm dengan *software* Split Dekstop ialah 14,12% dari 6 kali peledakan.
  - Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menggali material hasil peledakan aktual (*digging time*) adalah 12,85 detik.
  - Rata-rata nilai *recovery* peledakan yang dicatatkan dari hasil peledakan aktual ialah 85,4 %
  - Nilai aktual penghasilan peledakan Pit B dengan total penghasilan \$ 2,810,220.66 kurang 20% atau sebanyak \$ 731,668.44 dari jumlah pendapatan yang direncanakan iaitu \$ 3,541,889.10 dengan nilai *fee* sejumlah \$ 5.00/bcm *overburden*.
- Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus RL Ash, diperoleh tiga (3) geometri peledakan usulan. Maka dipilih geometri peledakan usulan I dengan nilai burden dan spasi ialah 8,0 x 8,0 meter.
- Hasil analisis uji coba rancangan geometri peledakan usulan adalah seperti berikut:
  - Fragmentasi batuan dari geometri peledakan usulan, rata – rata fragmentasi batuan yang lolos pada ukuran 100 cm dengan *software* Split Dekstop ialah 100% dari 5 kali peledakan.

- b. Rata-rata (*digging time*) yang dicatatkan hasil peledakan usulan adalah 11,72 detik.
- c. Nilai rata-rata *recovery* peledakan untuk hasil peledakan usulan ialah 96,4%
- d. Nilai aktual penghasilan (*income*) peledakan usulan dengan total penghasilan \$ 1,130,046.91. Pendapatan yang dicatatkan kurang 5% atau dengan nilai \$ 59,215.00 dari jumlah pendapatan yang direncanakan sebanyak \$ 1,189,261.91.

## 6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, adapun saran yang penulis dapat berikan adalah sebagai berikut:

1. Melaksanakan penelitian lanjutan yang mengkaji faktor lainnya yang dapat menghasilkan nilai *powder factor* (PF) yang sesuai dengan yang ditetapkan perusahaan (0,30) sehingga dapat dilihat geometri peledakan yang memiliki hasil peledakan yang terbaik.
2. Perhitungan yang dilaksanakan oleh penulis hanya menggunakan rumus dari teori RL Ash. Oleh itu dapat dilakukan perbandingan hasil jika menggunakan rumus dari teori lain seperti teori CJ Konya atau ICI Explosive.
3. Evaluasi geometri peledakan yang dilaksanakan perlu dikaji kembali untuk memperoleh hasil peledakan yang konsisten dari aspek nilai (PF) dan fragmentasi yang dihasilkan.
4. Peledakan yang dilaksanakan oleh PT. Darma Henwa Tbk sudah dikategorikan baik akan tetapi perlu diperhatikan kegiatan-kegiatan yang menunjang keberhasilan peledakan seperti proses pengisian stemming oleh *helper* peledakan perlu dilakukan dengan baik dan benar.

## Daftar Pustaka

- [1] Hustrulid, W., 1999. Blasting principal for open pit mining. Colorado school of mine, Goldern, Colorado, USA.
- [2] Sihombing, H., 2016. Kegiatan Pemboran Dalam Pembuatan Lubang Ledak Pada Tambang Andesit PT. Ansar Terang Crushindo Sumatera Barat. Institut Teknologi Medan.
- [3] Muji, A.S. and Kopa, R., 2019. Evaluasi Hasil Peledakan *Overburden* menggunakan Metode TOPSIS pada Tambang Terbuka PT Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB Kalimantan Tengah. Bina Tambang, 4(1), pp.15-24.
- [4] Putri, M., Yulhendra, D. and Octova, A., 2018. Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan Diggability Dalam Pemenuhan Target Produktivitas Ore Di Pit Durian Barat Dan Pit South Osela Site Bakan Pt J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. Bina Tambang, 3(1), pp.588-607.
- [5] Koesnaryo, S. (2001). Teknik Peledakan Buku I dan II.
- [6] Hidayattullah, S. and Heriyadi, B., 2019. Rancangan Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Ideal Berdasarkan Nilai Blastibility Index Pada Tamka PT. Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto. Bina Tambang, 4(3), pp.1-11.
- [7] Nilasari, G.A., Nurhakim, N., Riswan, R. and Gunawan, H., 2017. Evaluasi Geometri Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan pada Penambangan Batu Gamping di PT. Semen Tonasa. Jurnal Himasapta, 2(2).
- [8] Reny, S. And Tedy Agung, 2011. Kajian Teknis Operasi Peledakan untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab. Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Proceeding Seminae Nasional Kebumian FTM 2011 UPN, pp.2-69.
- [9] Wahono, H., Damayanti, B.R. and Kusdarini, E., 2017, October. Pengaruh Fragmentasi Peledakan Terhadap *Digging time* Optimal Excavator PC 3000 Pada Pembongkaran Lapisan *Overburden* A-1 di Pit Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. In Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V.
- [10] Cahyadi, M.I. and Kopa, R., 2019. Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran Tanah Pada PT. Koto Alam Sejahtera Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. Bina Tambang, 4(1), pp.140-152.
- [11] Indra Gumanti Putra., 2014. Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Menggunakan Bahan Peledak Anfo Dan Bulk Emulsion Pada Lapisan Interburden Pit 4500 Blok Selatan PT. Pamapersada-Dahana (Persero) Jobsite Melak, Kalimantan Timur.
- [12] Santika Adhi., 2012. Kajian Teknis Peledakan Pada Kegiatan Pembongkaran Lapisan Penutup Untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Muat Di PT. Thiess Contractors Indonesia Melak, Kalimantan Timur., pp.1-6.
- [13] Herman, H., 2015. Analisis Pengaruh Kedalaman Lubang Ledak, Burden Dan Spacing Terhadap Perolehan Fragmentasi Batugamping. Jurnal Geomine, 3(1).
- [14] Siahaan, J.W., Pengaruh Hasil Peledakan *Overburden* Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat Di Pit Inul Dan Pit Keong Pt. Kaltim Prima Coal Di Sangatta Kalimantan Timur.
- [15] Febrianto, F., Yulhendra, D. and Abdullah, R., 2014. Perencanaan Ulang Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimum Di Lokasi Penambangan Front IV Quarry PT. Semen Padang. Bina Tambang, 1(1), pp.11-20.
- [16] Giatman, M., 2006. Ekonomi Teknik. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- [17] Priyono, M., 2016. Metode penelitian kuantitatif.
- [18] Siyoto, S. and Sodik, M.A., 2015. Dasar Metodologi Penelitian. Literasi Media Publishing

