

# EVALUASI GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK MENGOPTIMALKAN FRAGMENTASI PADA PENAMBANGAN BATU GAMPING DI PT. SEMEN PADANG, PROVINSI SUMATERA BARAT

Febylina Valencia Agustina Rumwaropen<sup>1,\*</sup>, dan Bambang Heriyadi<sup>1\*\*</sup>

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

\*febylinavalencia@gmail.com

\*\*bambangh@ftunp.ac.id

**Abstract.** In an industrial mineral mine, rocks are often found which are relatively hard and cannot be mined freely, so it is necessary to carry out a blasting process. The rock crushing process is carried out to reduce the size of the rock, making it easier to transport into the conveyance. Rock scavenging activities can be carried out in various ways, the method used depends on the nature and characteristics of the rock itself. The effectiveness of blasting activities is one of the benchmarks for the success of loading material which greatly affects the achievement of mining productivity targets. Blasting geometry is one thing that can be controlled. This study aims to evaluate the geometry of blasting by predicting the fragmentation of blasting results at PT. Semen Padang. Prediction of fragmentation in this study using the Kuz-Ram model and Split desktop 2.0 software. To validate the method used, the correlation coefficient ( $R^2$ ) and Root Mean Square Error (RMSE) will be analyzed between the actual measurement using split desktop software and the prediction method used. This study evaluates the geometry of blasting using the theory of R.L. Ash and C.J. Konya. Based on the data analysis conducted, the average percentage of escape is more than 80 cm from the calculation of fragmentation of the actual blasting results, namely 69.744% with a boulder percentage of 30.227%. Meanwhile, based on the data analysis performed, the average percentage that passes is more than 80 cm from the calculation of fragmentation of the Kuz-Ram model is 73% and the percentage retained by the Kuz-Ram model is 27%. To reduce the number of boulder percentages, it is necessary to evaluate the geometry of the blasting based on the R.L.Ash and C.J.Konya theories which get the proposed geometry, namely the R.L.Ash theory with a burden of 2.6 m, spacing of 3 m, hole depth of 8 m, height of ladder 7 m, column filling 3.4 m, stemming 2.6 m, subdrilling 1.04 m and powder factor 0.3 using the Kuz-Ram model, the percentage of boulder is 4.3%, thus the number of boulder becomes less.

**Keywords:** Blasting Fragmentation, R.L.Ash Theory, C.J.Konya Theory, Kuz-Ram Model

## 1 Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu Negara dengan tingkat pertumbuhan ekonomi tertinggi, banyaknya pembangunan infrastruktur telah dilakukan pemerintah salah satunya ialah untuk mewujudkan Negara Indonesia menjadi Negara maju, artinya semakin meningkat pembangunan infrastruktur di Indonesia maka semakin meningkat pula kebutuhan semen yang digunakan. Untuk pembuatan semen bahan baku yang digunakan adalah batu kapur, silica, pasir besi, gypsum dan lain-lain dengan proses penambangan.

Pertambangan adalah suatu kegiatan yang dimulai kegiatan penyelidikan umum terhadap bahan galian.

Secara umum tahapan kegiatan pertambangan terdiri dari Penyelidikan Umum (Prospeksi), Eksplorasi, Perencanaan tambang, Persiapan/konstruksi, Penambangan, Pengolahan, Pemasaran dan Reklamasi. Dalam industri pertambangan sering dijumpai sifat PT Semen Padang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang pembuatan semen. Untuk memenuhi kebutuhan bahan utama dalam pembuatan semen, PT. Semen Padang melakukan penambangan batu kapur di lokasi penambangan Bukit Karang Putih Indarung Padang.

Sistem penambangan batu kapur di PT Semen Padang dilakukan dengan metode tambang terbuka (quary) menggunakan benching system, penambangan

ini bertujuan untuk mensuplai bahan baku batu kapur. Keberhasilan proses peledakan dipengaruhi oleh beberapa indikator, salah satunya adalah ukuran fragmentasi hasil peledakan. Ukuran fragmentasi akan mempengaruhi efisiensi dari kegiatan loading material dan proses pengolahan pada primary crushing. Dimana nantinya ukuran fragmentasi hasil peledakan akan mempengaruhi proses penggalian dan pemuatan material hasil peledakan.

Kegiatan peledakan PT. Semen Padang memiliki target fragmentasi hasil peledakan > 80 cm kurang dari 20%. Dimana semakin besar fragmentasi yang dihasilkan akan membutuhkan waktu yang lama untuk menggali material hasil peledakan tersebut. Berdasarkan data Departemen Perencanaan dan Departemen Produksi, target pencapaian produksi batu kapur PT. Semen Padang pada tahun 2019 yaitu sebesar 10.836.713 ton sedangkan untuk realisasinya hanya tercapai 7.395.136 ton atau sekitar 62,5 % dari target yang ditentukan.

Pada proses kegiatan peledakan beberapa hal harus diperhatikan seperti deskripsi batuan yang akan diledakkan. Berdasarkan hasil peledakan yang telah dilakukan di area kuasa penambangan sebelumnya, masih ditemukan boulder dengan persentase  $\pm 30\%$  dapat dilihat pada gambar 1.

Keberhasilan proses peledakan ditunjukkan oleh fragmentasi batuan hasil peledakan yang sesuai untuk proses selanjutnya, yaitu loading dan crushing. Pada proses loading, fragmentasi batuan berperan dalam mengoptimalkan digging rate shovel. Kemudian agar proses crushing optimum diameter fragmentasi yang dibutuhkan oleh crusher  $\leq 80$  cm. Tonase hasil peledakan saat ini sebesar 22.890 ton/hari, dengan rata-rata distribusi fragmentasi antara 70,850 – 80,324 cm dan ada juga yang berukuran > 80 cm.

Adapun geometri peledakan aktual pada lokasi penelitian yaitu lokasi PLB 15.15 yang sering digunakan pada proses peledakan yaitu: burden 3 m, spasi 3 m, kedalaman lubang ledak 9 m, isian bahan peledak 68 kg/lubang, subdrilling 1 m, tinggi jenjang 8 m.

Belum adanya penerapan variasi geometri peledakan untuk memperbaiki hasil peledakan di lokasi penambangan dikarenakan, kegiatan peledakan di Quarry PT. Semen Padang pada beberapa lokasi tidak tetap untuk setiap peledakan tiap harinya, hal ini pun menjadi tugas besar bagi engineer blasting harus mengetahui variasi rancangan geometri peledakan dari tiap pit peledakan, dimana rancangan geometri tiap lokasi pasti bervariasi guna melihat pengaruhnya pada fragmentasi hasil peledakan.

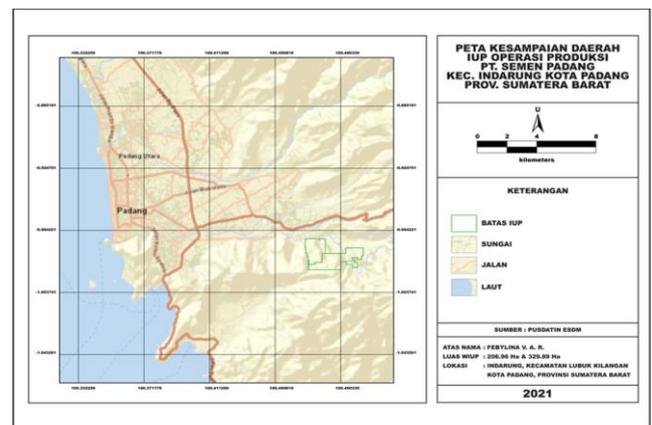


Gambar 1. Fragmentasi hasil peledakan di PT. Semen Padang

## 2 Lokasi Penelitian

Lokasi PT Semen Padang berada di Bukit Karang Putih terletak disekitar wilayah Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang, Provinsi Sumatera Barat lebih kurang 15 Km di sebelah Timur Kota Padang pada ketinggian 200 mdpl. Daerah Indarung terletak di bawah lereng Pegunungan Bukit Barisan. Di daerah ini terdapat beberapa sungai yaitu Sungai Batang Arau, Sungai Batang Kuranji, Sungai Batang Kasumba dan Sungai Batang Idas. Disebelah Utara Kecamatan Lubuk Kilangan berbatasan dengan Kecamatan Pauh, disebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Lubuk Begalung. Secara geografis terletak pada  $1^{\circ}04'30''$  LS sampai  $1^{\circ}06'30''$  LS dan  $100^{\circ}15'30''$  BT sampai  $100^{\circ}10'30''$  BT.

Berbatasan kearah Barat dengan kota Padang, kearah Timur dengan Kabupaten Solok, kearah Utara dengan Kabupaten Agam dan kearah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan. Lokasi penambangan batu kapur berada di Bukit Karang Putih yang terletak di Desa Karang Putih. Karang Putih terletak  $\pm 2$  Km di sebelah selatan Indarung dan terletak antara  $0^{\circ}58'51,66''$  sampai  $0^{\circ}57'50,56''$ LS dan  $100^{\circ}26'51,76''$  BT sampai dengan  $100^{\circ}26'6,56''$  BT.



Gambar 2. Kesampaian Lokasi IUP PT. Semen Padang

Keadaan geologi daerah ini merupakan bukit yang sangat terjal dengan sudut lereng alami mencapai 45°. Bukit Karang Putih pada umumnya mengandung batu kapur (gamping) dengan terobosan batuan beku (basal, andesit, granit). Lapisan batu kapur terletak di atas batuan endapan vulkanik dengan ketebalan 100-350 m. Di sebelah selatan penambangan ditemukan batuan beku basalt.

Marfologi Bukit Karang Putih terbagi dua unit marfologi, yaitu marfologi perbukitan terjal dan marfologi lembah. Berdasarkan hasil pemetaan geologi permukaan yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu diketahui bahwa litologi dari yang tertua ke muda yang dijumpai di Bukit Karang Putih adalah sebagai berikut:

- Batu gamping – Meta sedimen  
Batugamping – meta sedimen, berwarna abu-abu kehitaman – abu-abu terang, kristalin, masif, batuan ini berbutir sangat halus-kasar ( $\pm 1$  cm).
- Batu lempung tufaan (Batuan Silika)  
. Penyebaran dari batuan ini adalah dibagian Timur - Tenggara daerah penelitian, di puncak bukit Karang Putih, kemudian disepanjang lembah Selatan, di tebing-tebing dan longoran. Secara struktur batulempung tufaan ini telah mengalami lipatan yang kuat.
- Batuan Terobosan  
Batuan terobosan yang dijumpai di daerah penyelidikan berupa batuan beku berkompposisi Basaltis.
- Endapan Alluvial  
Singkapan yang paling muda yang dijumpai di daerah penyelidikan adalah endapan alluvial yang terdiri aneka macam jenis batuan,

Unit Batuan	Tebal Rata-Rata (m)	Simbol Batuan	Pemerian	Sumber Bahan
Endapan Resen	0,8-3,0		Material Timbunan/Urungan	
	0,4-2,5		Lempung Residu/Foil	Alumina Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Endapan Vulkanik	13,6		Tufa	Silika (SiO <sub>2</sub> )
	68,9		Tufa Kersikan	
			Tektonik Deposit (Bahan Rombakan)	
Batuan Metasedimen dan Metamorf	$\approx 360$		Batugamping-Marmor	Kapur Cao,Mgo
	>500		Batulempung Tufaan (Batuan Kersikan)	Silika (SiO <sub>2</sub> )

Sumber: Departemen Tambang PT. Semen Padang, 2000.

Sumber: PT. Semen Padang  
Gambar 3. Stratigrafi Bukit Karang Putih [3]

### 3 Kajian Teori

#### 3.1. Rancangan Geometri Peledakan

Tidak ada formula yang jelas dan pasti untuk menghitung keberhasilan pada suatu peledakan, sehingga untuk itu diperlukan pengamatan terhadap setiap geometri peledakan (burden, spacing, tinggi jenjang, kedalaman lubang ledak, dan stemming) dan pola peledakan yang telah dilakukan sebelumnya, oleh karena itu untuk mendapatkan ukuran fragmentasi yang

cocok maka kita harus dapat melakukan modifikasi terhadap geometri peledakan. Rancangan geometri ini dapat dicari dengan beberapa metode sebagai berikut:

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

##### 3.1.1.1 Burden(B)

Burden merupakan jarak tegak lurus terpendek antara lubang tembak yang diisi bahan peledak dengan bidang bebas. Untuk menentukan besarnya burden perlu dilakukan harga dari burden ratio (Kb). Batuan standar adalah batuan yang mempunyai density mempunyai bobot isi 160 lb/ft, bahan peledak standar (SG) memiliki berat jenis 1,20 dan kecepatan detonasi (Ve) 12000 fps, dan burden ratio (Kb) standar yaitu 30. Tetapi jika batuan dan bahan peledak yang akan diledakkan tidak sama dengan ukuran standar maka harga Kb standar itu harus menggunakan faktor penyesuaian (adjustment factor).

$$AF1 = \sqrt{\frac{SG \text{ Handak} \times (VOD \text{ Handak})^2}{SG \text{ Handak Std} \times (VOD \text{ Handak})^2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$AF2 = \sqrt{\frac{D \text{ Batuan Std}}{D \text{ Batuan}}} \dots\dots\dots(2)$$

$$Kb \text{ terkoreksi} = Kb \text{ standar} \times AF1 \times AF2$$

$$B = (Kb \times De) / 12 \dots\dots\dots(3)$$

#### Keterangan :

- Kb = Burden Ratio
- De = Diameter lubang tembak (inchi)
- Kb<sub>std</sub> = Burden ratio standard (25)
- AF<sub>1</sub> = Adjustment factor terhadap bahan peledak
- AF<sub>2</sub> = Adjustment factor terhadap densitas batuan
- SG = Specific gravity bahan peledak (DABEX=1.2)
- SG<sub>std</sub> = Specific gravity standard (1.2)
- Ve = Kecepatan ledak (DABEX 73 = 17.400 m/s)
- Ve<sub>std</sub> = Kecepatan ledak standar (12.000 ft/s)
- D<sub>std</sub> = Densitas standar (160 lb/ft<sup>3</sup>)
- D<sub>batuan</sub> = Densitas batuan

##### 3.1.1.2 Spasi(S)

Spasi adalah jarak terdekat antara dua lubang tembak yang berdekatan di dalam satu baris (row).

$$S = Ks \times B \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- Ks = spacing ratio (1,00 – 2,00)
- S = spasi (meter)
- B = burden (meter)

Prinsip dasar menentukan spasi yaitu:

- (a) Peledakan serentak,  $S = 2B$
- (b) Peledakan beruntun dengan delay interval lama (second delay)  $S = B$
- (c) Peledakan dengan millisecond delay,  $S$  antara  $1B$  hingga  $2B$
- (d) Peledakan terdapat kekar yang tidak saling tegak lurus,  $S$  antara  $1,2B$  hingga  $1,8B$
- (e) Peledakan dengan pola equilateral dan beruntun tiap lubang ledak dalam baris yang sama,  $S = 1,15B$

### 3.1.1.3 Stemming (T)

Stemming adalah tempat material penutup di dalam lubang bor yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak.

$$T = Kt \times B \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

$Kt$  = stemming ratio (0,75 – 1,00)

$T$  = stemming (meter)

$B$  = burden (meter)

### 3.1.1.4 Subdrilling (J)

Subdrilling merupakan bagian dari panjang lubang tembak yang terletak lebih rendah dari lantai jenjang. Subdrilling dilakukan agar batuan dapat meledak secara keseluruhan dan terbongkar tepat pada batas lantai jenjang, sehingga tonjolan-tonjolan pada lantai jenjang dapat dihindari.

$$J = Kj \times B \quad \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

$Kj$  = subdrilling ratio (0 – 0,3)

$J$  = subdrilling (meter)

$B$  = burden (meter)

### 3.1.1.5 Kedalaman Lubang Ledak (H)

Kedalaman lubang ledak merupakan jumlah total antara tinggi jenjang dengan besarnya subdrilling.

$$H = Kh \times B \quad \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

$Kh$  = hole depth ratio (1,5 - 4,0)

$H$  = kedalaman lubang tembak (meter)

$B$  = burden (meter)

### 3.1.1.6 Panjang Kolom Isian

Panjang kolom isian merupakan hasil pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang stemming.

$$PC = L - T \quad \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

$PC$  = Panjang Powder Column (meter)

$L$  = Kedalaman lubang ledak (meter)

$T$  = Stemming (meter)

## 3.1.2 Rancangan Geometri Peledakan Menurut C.J.Konya

### 3.1.2.1 Burden(B)

$$B = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{1/3} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

$Burden$  = burden (ft)

$De$  = diameter bahan peledak (de)

$SGe$  = berat jenis bahan peledak

$SGr$  = berat jenis batuan

**Tabel 1.** Koreksi Posisi lapisan Batuan dan Struktur Geologi

<b>Number of Row</b>	<b>Kr</b>
One or two row of holes	1
Third and subsequent rows or buffer blast	0.9
<b>Rock Deposition</b>	<b>Kd</b>
Bedding steeply dipping into cut	1.18
Bedding steeply dipping into face	0.95
Other cases of deposition	1
<b>Geologic Structure</b>	<b>Ks</b>
Heavily cracked, frequent weak joint, weakly cemented layers	1.3
Thin well-cemented layers with tight joints	1.1
Massive intact rock	0.95

Sedangkan perhitungan koreksi burden digunakan rumusan dibawah ini :

$$Bk = B \times Kr \times Kd \times Ks \quad \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

$Bk$  = Burden Terkoreksi (m)

$Kd$  = Faktor Koreksi Berdasarkan Struktur Geologi Batuan

$Ks$  = Faktor Koreksi Berdasarkan Orientasi Perlapisan

$Kr$  = Faktor Koreksi Berdasarkan Jumlah Baris Peledakan,

$Kr$  = Jumlah baris lubang ledak

### 3.1.2.2 Stemming (T)

Stemming adalah tempat material penutup di dalam lubang bor yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak.

(a) Batuan massif,  $T = B$

(b) Batuan berlapis,  $T = 0,7 B \quad \dots\dots\dots(11)$

### 3.1.2.3 Subdrilling (J)

Subdrilling merupakan bagian dari panjang lubang tembak yang terletak lebih rendah dari lantai jenjang. Subdrilling dilakukan agar batuan dapat meledak secara keseluruhan dan terbongkar tepat pada batas lantai jenjang, sehingga tonjolan-tonjolan pada lantai jenjang dapat dihindari.

$$Sub\ Drilling\ (J) = 0,3 B \quad \dots\dots\dots(12)$$

### 3.1.2.2 Kedalaman Lubang Ledak (H)

Kedalaman lubang ledak merupakan jumlah total antara tinggi jenjang dengan besarnya subdrilling.

$$H = L + J \quad \dots\dots\dots(13)$$

L = Tinggi Jenjang (m)

J = Subdrilling (m)

#### 3.1.1.1 Panjang Kolom Isian

Panjang kolom isian merupakan hasil pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang stemming.

$$PC = H - T \quad \dots\dots\dots(14)$$

### 3.1.2.5 Spasi(S)

Spasi adalah jarak terdekat antara dua lubang tembak yang berdekatan di dalam satu baris (*row*).

**Tabel 2.** Penentuan Spasi Geometri Peledakan Menurut C.J Konya

Sistem Penyalan	H/B < 4	H/B > 4
Serentak	$S = \frac{H + 2B}{3}$	$S = 2B$
Tunda	$S = \frac{H + 7B}{8}$	$S = 1,4B$

Keterangan

H = Kedalaman Lubang Tembak (m)

T = Stemming ( m)

## 3.2 Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau boulder diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) di tepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah.

Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh dimensi mangkok alat gali (*excavator* atau *shovel*) yang akan memuatnya ke dalam truck dan oleh ukuran gap bukaan *crusher*. Klasifikasi ukuran partikel fragmentasi hasil peledakan dapat dilihat seperti berikut .

- *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*)<sup>[1]</sup>.

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

Perhitungan fragmentasi dapat dilakukan dengan metoda perhitungan Kuz Ram<sup>[7]</sup>. Perkiraan distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan berdasarkan metode Kuz-Ram membutuhkan beberapa masukan data, diantaranya faktor batuan, geometri peledakan, dan jumlah bahan peledak. Adapun untuk menentukan hasil perhitungan maka didapatkan :

#### 3.2.1.1 .Nilai faktor batuan (A)

Nilai faktor batuan (A) pada perhitungan Kuz-Ram menggunakan beberapa parameter yang akan menentukan Rock Factor (A). Adapun parameter tersebut seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Pembobotan massa batuan

Rock Mass Description (RMD)	Rating
<i>Powdery/Friable</i>	10
<i>Blocky</i>	20
<i>Totally Massive</i>	50
<b>Joint Plane Spacing (JPS)</b>	<b>Rating</b>
<i>Close (&lt;0,1 m)</i>	10
<i>Intermediet ( 0,1 - 1,0 m)</i>	20
<i>Wide (&gt;0,1 m)</i>	50
<b>Joint Plane Orientation (JPO)</b>	<b>Rating</b>
<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>	25 x Bobot Isi - 50
<i>Hardness (H)</i>	1 s.d 10
<i>Blastibility Index (BI)</i>	0,5 x (RMD+JPS+JPO+SGI+H)
<b>Rock Factor (A)</b>	<b>0,12 x BI</b>

#### 3.3.1.2 Fragmentasi rata-rata (Xm)

Fragmentasi rata-rata (Xm) dari perhitungan yang menggunakan metoda Kuz Ram, dapat dicari menggunakan persamaan dengan memasukan beberapa parameter yang telah diketahui.

$$X_m = A \times \left(\frac{V_0}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,1667} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63} \quad \dots\dots(15)$$

Keterangan

- n = Indeks Keseragaman
- e = Konstanta Eksponensial (2,71828)
- B = Burden
- S = Spacing
- D = Diameter lubang ledak
- W = Standar deviasi
- PC = Powder Column
- H = Tinggi jenjang

### 3.3.1.3 Ukuran Fragmentasi

Langkah selanjutnya yang harus dilakukan yaitu mencari karakteristik ukuran ( $X_c$ ), setelah itu menentukan indeks keseragaman batuan ( $n$ ), lalu melakukan perhitungan untuk mencari persentase ukuran batuan dengan menggunakan persamaan Rossin Ramler.

$$X_c = X / (0,693)^{1/n} \quad \dots\dots(16)$$

Keterangan :

$X_c$  = Karakteristik ukuran (cm) ,

$X$  = Ukuran Ayakan (cm)

$n$  = Indeks Keseragaman

### 3.2.3. Perhitungan Fragmentasi menggunakan Software Split Desktop

Distribusi fragmentasi dapat dihitung secara teoritis dari keadaan geologi, jenis batuan, jenis bahan peledak dan geometri peledakan yang diterapkan [8].

Pengukuran fragmentasi dilakukan dengan cara image analysis (Photographic), metode ini menggunakan perangkat lunak (Software) dalam melakukan analisis fragmentasi. Fragmentasi hasil peledakan aktual pada didapatkan dengan cara mengambil foto di lapangan, dan dianalisis dengan software split desktop. Untuk pembandingan digunakan helm yang berukuran panjang 28 cm. Dan pada akhirnya, software akan menganalisis persentase ukuran batuan dalam foto. Dalam penelitian ini, akan menggunakan software split desktop 2.0.

## 3.3 Analisis Statistik

### 3.3.1 Analisis Korelasi

Korelasi merupakan suatu hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya dalam bentuk diagram pencar (scatterplot) yang menunjukkan hubungan antara kedua variable

**Tabel 4.** Interpretasi nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ).<sup>[10]</sup>

R2	Interpretasi
0,00 – 0,25	Tidak ada hubungan/hubungan lemah
0,26 – 0,50	Hubungan sedang
0,51 – 0,75	Hubungan kuat
0,76 – 1,00	Hubungan sangat kuat/sempurna

### 3.3.2 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah bagian dari keragaman total variable terikat ( $Y$ ) yang dapat diterangkan oleh keragaman variable bebas ( $X$ ). Koefisien ini dihitung dengan mengkuadratkan koefisien korelasi.

### 3.3.3. Regresi

Analisis regresi digunakan untuk memberikan penjelasan hubungan antara dua jenis variabel atau lebih yaitu hubungan antara variabel dependen atau variabel kriteria dengan variabel independen atau variabel predictor

## 4 Metode Penelitian

### 4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Menurut Emzir (2009:28), pendekatan kuantitatif adalah satu pendekatan yang secara primer menggunakan paradigma postpositivist dalam mengembangkan ilmu pengetahuan (seperti pemikiran tentang sebab akibat, reduksi kepada variabel, hipotesis dan pertanyaan spesifik menggunakan pengukuran dan observasi serta pengujian teori), menggunakan strategi penelitian seperti eksperimen dan survei yang memerlukan data statistik.

### 4.2 Teknik Pengumpulan Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam kegiatan penelitian ini tersusun atas:

- Studi literatur.
- Penelitian Langsung di Lapangan.
- Tahapan Pengumpulan Data.

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

#### 4.2.1. Data Primer

Data Primer meliputi :

- Geometri Peledakan Aktual
- Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan
- Data Geoteknik Batuan

#### 4.2.2 Data Sekunder

Data Sekunder meliputi :

- Peta lokasi perusahaan
- Peta lokasi kesampaian daerah penelitian
- Kondisi geologi stempat
- Peta geologi regional
- Peta topografi penelitian
- Peralatan dan perlengkapan peledakan yang digunakan
- Jenis dan spesifikasi alat gali muat dan alat pemboran yang digunakan
- Data densitas batuan di PT. Semen Padang

### 4.3. Teknik Pengolahan Data

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

- Data dari geometri peledakan aktual di lapangan diolah sehingga nantinya didapatkan parameter-parameter geometri peledakan dari kegiatan peledakan aktual perusahaan.
- Perhitungan rancangan geometri usulan menggunakan teori R.L.Ash dan C.J.Konya
- Data fragmentasi hasil peledakan diolah dengan dua cara yaitu dengan teoritis dan aktual. Untuk teoritis diolah dengan menggunakan teori Kuz-Ram. Sementara untuk fragmentasi aktual diolah juga dengan program *split deskstop 2.0*.

#### 4.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi perhitungan dan analisis distribusi fragmentasi batuan, analisis statistik dengan menggunakan software Microsoft Excel. Kemudian setelahnya akan dilakukan evaluasi geometri peledakan.

Analisis distribusi fragmentasi aktual dilakukan dengan software Split Dekstop 2.0, dimana parameter yang dibutuhkan berupa foto dari batuan yang telah diberaiakan. Adapun output yang didapat berupa grafik dari presentase distribusi fragmentasi batuan dengan berbagai ukuran ayakan.

Adapun output yang akan diperoleh dari kegiatan ini ialah parameter geometri peledakan mana yang memiliki hasil fragmentasi optimal untuk mengurangi boulder dari antara teori R.L.Ash dan C.J.konya

### 5 Hasil dan Pembahasan

#### 5.1 Kegiatan Peledakan

##### 5.1.1 Data Geometri Peledakan Aktual

Pengamatan dilakukan sebanyak 10 kali peledakan di area Pit Limit PT. Semen Padang tanggal 15 Februari 2021 sampai dengan tanggal 25 Maret 2021. Dalam kegiatan peledakan penulis mengambil data geometri peledakan aktual sebagai berikut:

Tabel 5. Data geometri peledakan aktual

No	Tanggal	N	L	B	S	De	RC	H	T	J
1	15 Februari 2021	58	10,1	3,0	3,8	3,0	4,9	9,1	4,2	1,0
2	16 Februari 2021	35	8,7	3,3	3,0	3,0	5,4	8,7	3,0	1,3
3	20 Februari 2021	70	10,8	3,2	3,0	3,0	5,9	9,6	3,9	1,0
4	22 Februari 2021	50	8,8	3,0	3,0	3,0	4,9	8,6	4,0	1,3
5	23 Februari 2021	35	9,3	3,0	4,0	3,0	4,7	8,4	4,1	1,0
6	25 Februari 2021	45	9,4	3,7	3,7	3,0	5,7	8,8	3,0	1,0
7	02 Maret 2021	55	10,0	3,0	4,2	3,0	6,0	9,1	2,9	1,0
8	03 Maret 2021	50	10,0	3,4	3,7	3,0	6,0	9,1	2,9	1,0
9	05 Maret 2021	65	8,7	3,5	3,5	3,0	4,8	7,9	2,9	1,6
10	06 Maret 2021	58	9,2	3,8	4,3	3,0	5,7	8,7	2,9	1,0
Rata-Rata		9,5	3,3	3,6	3,0	5,4	8,8	3,4	1,1	

Tabel 6. Volume hasil peledakan dan powder factor

Dabex	Vstr	V	Vstr tiap peledakan	V	Q	Pf
26,9	1755,95	4495,232	6672,61	17081,8816	1559,649	0,0913043
29,7	1601,111111	4098,844	4803,333333	12296,53333	1633,632	0,1328531
32,2	2381,4	6096,384	7144,2	18289,152	2254,98	0,123296
27,0	1325	3392	3975	10176	1348,62	0,1325295
25,4	971,25	2486,4	3885	9945,6	888,615	0,0893476
31,9	1569,2625	4017,312	5869,04175	15024,74688	1390,662	0,0925581
34,0	1652,75	4231,04	6941,55	17770,368	1812,3105	0,101985
34,0	1706,8	4369,408	6315,16	16166,8096	1644,825	0,1017409
27,3	1983,8	5078,528	6943,3	17774,848	1719,4905	0,0967373
31,9	2022,17	5176,755	8695,331	22260,04736	1790,8254	0,0804502
30,0	1696,9	4344,2	6124,452608	15678,59868	1604,36094	0,1042802

Berdasarkan Tabel 5 dan 6, geometri peledakan aktual ketika observasi menunjukkan rata rata nilai burden 3,3 m spasi 3,0 m dan 1,1 m sub-drilling, kedalaman lubang ledak (L) 9,5, tinggi jenjang (H) 8,8 m dan Stemming (T) 3,4 m.

##### 5.1.2 Fragmentasi Batuan Dari Data Aktual Geometri Peledakan

Hasil dari perhitungan ukuran fragmentasi batuan dengan menggunakan software split dekstop dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Tabel 7 menunjukkan bahwa hasil fragmentasi distribusi batuan yang memenuhi ketentuan pada PT. Semen Padang, yaitu jumlah boulder (batuan > 80 cm) yang tertahan ialah diatas 20%.

Tabel 7. Fragmentasi batuan berukuran boulder pada peledakan aktual

No	Tanggal	Persentase Lolos (%) Ukuran 80 cm	Persentase Tertahan (%) Ukuran 80 cm
1	15-Feb-21	48,11	51,89
2	16-Feb-21	70,8	29,2
3	20-Feb-21	69,24	30,76
4	22-Feb-21	72,32	27,68
5	23-Feb-21	64,69	35,31
6	25-Mar-21	70,5	29,5
7	02-Mar-21	77,51	22,49
8	03-Mar-21	76,97	23,03
9	05-Mar-21	72,52	27,49
10	06-Mar-21	75,08	24,92
Rata-rata		69,774	30,227

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa rata-rata persentase fragmentasi boulder yang tertahan adalah sebesar 30,227 % sementara harapan dari perusahaan fragmentasi boulder dibawah 20%.

#### 5.2 Analisis Statistik Hubungan Geometri

##### 5.2.1 Analisis Statistik Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Peledakan

Parameter-parameter yang dianalisis adalah geometri peledakan berupa burden, spasi, kedalaman lubang, powder column, powder factor, stemming, subdrilling, dan diameter lubang. Adapun hasil analisis statistik pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi peledakan berukuran boulder dapat dilihat pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Hasil Analisis Statistik Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Peledakan

Parameter	R2	persamaan regresi
Burden	0,147	$y = -0.1083x - 0,6584$
Spacing	0,0009	$y = -0.0053x - 0,3211$
Lubang Ledak	0,0496	$y = 0.0271x + 0.0443$
Powder Column	0,2874	$y = -0.0868x + 0.7707$
Stemming	0,5173	$y = 0.1058x + 0.0557$
Tinggi Jenjang	0,0165	$y = 0.0237x + 0.0933$
subdrilling	0,033	$y = -0.0742x + 0.3852$
Powder factor	0,0317	$y = -0,8106x + 0,3845$

Berdasarkan tabel 8, terlihat bahwa pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi boulder yaitu yang memiliki korelasi tinggi adalah stemming dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,5173

5.2.2 Rancangan Usulan Geometri peledakan Berdasarkan Teori C.J Konya dan Hasil Fragmentasi yang Dihasilkan

Adapun hasil perhitungan dari rancangan usulan geometri menurut C.J Konya[12] dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Rancangan Usulan Geometri peledakan Berdasarkan Teori C.J Konya

Geometri Usulan	
Geometri	C.J.Konya
Burden (m)	3,2
Spacing (m)	4
Hole depth	10
tinggi jenjang (m)	9
Powder Column (m)	7
Stemming (m)	3,2
Subdrilling (m)	1
Powder factor	0,116638

Adapun hasil perhitungan fragmentasi peledakan dari rumusan Kuz-Ram bisa dilihat pada tabel 10 berikut

Tabel 10 Fragmentasi rumusan kuz-ram dari peledakan Berdasarkan Teori C.J.Konya

Prediksi Fragmentasi Kuz Ram	
Xm	45,07
n	1,32
Xc	60
> 80 cm(%)	7,40%

5.2.3 Rancangan Usulan Geometri peledakan Berdasarkan Teori R.L Ash dan Hasil Fragmentasi yang Dihasilkan

Adapun hasil perhitungan dari rancangan usulan geometri menurut R.L Ash[13] dapat dilihat pada tabel 11 berikut.

Tabel 11. Rancangan Usulan Geometri peledakan Berdasarkan Teori R.L Ash

Geometri Usulan	
Geometri	R.L.Ash
Burden (m)	2,6
Spacing (m)	3
Hole depth	8
tinggi jenjang (m)	7
Powder Column (m)	3,4
Stemming (m)	2,6
Subdrilling (m)	1,04
Powder factor	0,347741

Adapun hasil perhitungan fragmentasi peledakan dari rumusan Kuz-Ram bisa dilihat pada tabel 12 berikut

Tabel 12. Fragmentasi rumusan kuzram dari peledakan Berdasarkan Teori R.L Ash

Prediksi Fragmentasi Kuz Ram	
Xm	19,788
n	0,9
Xc	28,5
> 80 cm(%)	4,3%

5.2.4. Perbandingan prediksi fragmentasi Kuz-Ram dan Prediksi Fragmentasi Software Split Dekstop dari Peledakan aktual

Tabel 13. Perbandingan prediksi fragmentasi Kuz-Ram dan Prediksi Fragmentasi Software Split Dekstop

No	Tanggal	Split Dekstop	Kuz-Ram	Ratio
1	15 Februari 2021	52%	33%	1 : 1,57
2	16 Februari 2021	29%	27%	1 : 0,8
3	20 Februari 2021	31%	19%	1 : 1,6
4	22 Februari 2021	28%	20%	1 : 1,3
5	23 Februari 2021	35%	29%	1 : 1,2
6	25 Februari 2021	30%	29%	1 : 1,01
7	02 Maret 2021	22%	24%	1 : 0,93
8	03Maret 2021	23%	25%	1 : 0,92
9	05Maret 2021	27%	31%	1 : 0,8
10	06 Maret 2021	25%	33%	1 : 0,7
<b>Rata-rata</b>		<b>30%</b>	<b>27%</b>	<b>1 : 1,08</b>

Adapun hasil perhitungan fragmentasi peledakan dari rumusan Kuz-Ram bisa dilihat pada tabel 11 berikut ini.

Berdasarkan tabel 13, diketahui perbandingan antara prediksi fragmentasi peledakan aktual menggunakan metode Kuz-Ram dan Split Dekstop sebesar 1 : 1,08. Maka didapatkan prediksi fragmentasi geometri usulan I sebesar 7,40 %, sedangkan geometri usulan II sebesar 4,3 %. Berdasarkan analisis tersebut maka dapat dipilih rancangan usulan geometri peledakan yang direkomendasikan adalah rancangan usulan II yaitu R.L.Ash.

5.3 Perbandingan Antara Geometri Peledakan Aktual dengan Usulan

Perbandingan hasil peledakan aktual dan rancangan usulan untuk melihat seberapa besar perbandingan antara kedua parameter tersebut dan hasil yang didapatkan. Adapun perbandingan hasil peledakan aktual dengan peledakan rancangan usulan bisa dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Perbandingan Antara Geometri Peledakan Aktual dengan Usulan

Parameter	Usulan	Aktual
Burden (m)	2,6	3,3
Spacing (m)	3	3,6
Hole Depth (m)	8	9,5
Powder Column (m)	3,4	5,4
Stemming (m)	2,6	3,4
Tinggi Jenjang (m)	7	8,8
Subdrilling (m)	1,04	1,1
Powder factor (kg/ton)	0,34774	0,104
Rata-rata boulder	4,3 %	30,23 %

## 6 Penutup

### 6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya analisis dan pembahasan dalam judul penelitian ini maka, adapun kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan fragmentasi batuan hasil peledakan aktual perusahaan diperoleh rata rata persentase fragmentasi berukuran boulder berdasarkan software split dekstop sebesar 30,227 % sehingga rata-rata fragmentasi boulder yang dihasilkan ini masih tergolong buruk karena fragmentasi berukuran boulder yang dihasilkan masih tergolong banyak.
2. Hasil perhitungan geometri menggunakan R.L.Ash : burden 2,6 m, spasi 3 m, subdrilling 1,04 m, tinggi jenjang 7 m, kedalaman lubang ledak 8 m, diameter lubang ledak 3 inchi , Powder Factor 0,3 , Powder coloumn 3,4 dan untuk perhitungan distribusi fragmentasi menggunakan Kuz-Ram mendapatkan hasil persentase batuan tertahan sebesar 4,3 %
3. Hasil perhitungan geometri menggunakan C.J.Konya : burden 3,2 m, spasi 4 m, subdrilling 1 m, tinggi jenjang 9 m, kedalaman lubang ledak 10 m, diameter lubang ledak 3 inchi , Powder Factor 0,1 , Powder coloumn 7 dan untuk perhitungan distribusi fragmentasi menggunakan Kuz-Ram mendapatkan hasil persentase batuan tertahan sebesar 7,40 %
4. Dari hasil perhitungan geometri peledakan usulan maka dipilih geometri metode R.L.Ash, dengan prediksi fragmentasi batuan yang berukuran boulder sebesar 4,3 %

### 6.2 Saran

1. Dari beberapa kali kegiatan peledakan yang penulis ikuti, sering terjadinya *over power* yang

diakibatkan oleh tenaga dari kegiatan peledakan dimana hal ini dapat ditimbulkan dari ketidaksatbilan geometri peledakan pada lokasi pada kegiatan peledakan, maka untuk mencegah terjadinya *over power* penulis menyarankan agar setiap bulan melakukan controlling pada lokasi baik development maupun lokasi yang sudah clearing dan diketahui pola geometri apa yang akan dipakai.

2. Untuk kedepannya penulis menyarankan agar dalam kegiatan peledakan yang dilakukan di PT. Semen Padang supaya mengetahui pola geometri peledakan apa yang akan dipakai sebelum dilakukan pemboran, serta selalu mengawasi kinerja alat bor agar tidak didapatkan kedalaman dan kemiringan lubang yang tidak sesuai dengan direncanakan, karena dengan kedalaman dan kemiringan lubang yang berbeda-beda, peledakan akan tidak berjalan dengan optimal.

### Daftar Pustaka

- [1] [Anonim. (2012). Diktat Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian. Diklat Teknik Pemberaian Batuan. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung
- [2] Balkema. 1995. Drilling and Blasting Of Rocks. Spain: Estudios Y Proyectus Mineros, S.A.
- [3] Anonim PT. Semen Padang
- [4] Bhandari, Sushil. 1997. Engineering Rock Blasting Operation. India: Department Of Mine Engineer J.N.V University Jodhpur.
- [5] Cunningham, C.V.B. 2005. The Kuz-Ram Fragmentation Model-20 Years on. South Africa. Brighton Conference Proceeding, R. Holmberg et al, ISBN 0- 9550290-007
- [6] Engin, I.C. 2009. A Practical Method Of Bench Blasting Design For Desired Fragmentation Based ON Digital Image Processing Technique and Kuz- Ram Model. Turkey: Afyon Kocatepe University
- [7] Budiman, Agus Ardianto. 2016. Analisis Powder Factor dan Fragmentasi Hasil Ledakan Menggunakan Perhitungan Kuz-Ram pada Tambang Batubara di Provinsi Kalimantan Timur. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia: Makassar
- [8] Faramarzi, F. dkk. 2013 *A Rock Engineering Systems Based Model to Predict Rock Fragmentation by Blasting*. International Journal of Rock Mechanichs and Mining Sciences. Mining Engineering Departement. University of Kerman: Iran.
- [9] Herman, dkk. 2015. Analisis Pengaruh Kedalaman Lubang Ledak, Burden dan Spacing terhadap Perolehan Fragmentasi Batu Gamping. Jurnal Geomine, Vol 03. Universitas Muslim Indonesia dan Universitas Hasanudin: Makassar
- [10] Rock Engineering Systems\_Based Models for Flyrock Risk Analysis and Prediction of

- Flyrock Distance in Surface Blasting. Rock Mechanical Engineering (Paper).
- [11] Ramadana, Sahrul. 2018. Analisis Geometri Peledakan Guna Mendapatkan Fragmentasi Batuan yang Diinginkan untuk Mencapai Target Produktivitas Alat Gali Muat pada Kegiatan Pembongkaran Lapisan Tanah Penutup (Overburden) di Pit Menara Utara PT arkananta Apta
- [12] Faramarzi, F. dkk. 2013. Development of Rock Engineering Systems-Based Models for Flyrock Risk Analysis and Prediction of Flyrock Distance in Surface Blasting. Rock Mechanical Engineering (Paper).
- [13] Konya, C. J., & Walter, E. J. (1991). Rock blasting and overbreak control (No. FHWA-HI-92-001; NHI-13211). United States. Federal Highway Administration.