

Kajian Teknis Penentuan Geometri Peledakan Untuk Meningkatkan Nilai Perolehan hasil Peledakan CV. Triaga Nusatama (TNT), Desa Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatra Barat

Gestio Sesar Yulindo^{1*}, Bambang Heriyadi^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*Sesar.yulindo@gmail.com

**bambangh@ft.unp.ac.id

Abstract. Mining activity conducted by CV Triagra Nusatama focused against drilling and blasting. Based on observations and measurements in the field, the geometry of the actual current obtained by blasting fragmentation of rock blasting results size 40-80 cm of 35.41% (calculation of the Split Desktop). Next do the draft geometry blasting to distribution fragmentation optimisation blasting with a formula of r. l. Ash, ICI-Explosive and the combination of ICI-Explosive formula with adjustments to the conditions of the field. Based on the results of the calculation formula of using fragmentation Kuz-Ram, then the selected geometry proposed blasting II because when viewed from the use of the powder factor and the volume of rock that dismantled proposal II more economical than actual and proposed I, and the results of the fragmentation size 40–80 cm larger generated or the result is desired by the target company. And when compared with geometry proposal III, on geometry III there is a difference of use of explosives fewer, larger volume that is blown, and the resulting fragmentation size 40 – 80 cm larger, but the difference in results the fragmentation size 40–80 cm only 7.07 m³ of proposal II

Keywords: Blasting, Powder factor, Sliding Rock, Stockpile, Zig-zag Pattern,

1. Pendahuluan

Peledakan merupakan salah satu tahapan kegiatan penambangan berupa aktivitas pemecahan material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak. Penggunaan jumlah bahan peledak yang tepat akan meminimalisir terbuangnya energi ledakan yang dapat dilihat dari hasil kegiatan peledakan, diantaranya fragmentasi terlalu kecil atau terlalu besar, tingkat *ground vibration* dan dampak dari *air blast*.

Aktivitas penambangan yang dilakukan oleh CV. Triagra Nusatama terfokus terhadap *drilling and blasting*. Kegiatan peledakan yang dilakukan oleh perusahaan, hanya didasarkan pada perhitungan menggunakan rumus R. L. Ash (1967) tanpa memperhitungkan fragmentasi batuan hasil peledakan. Berdasarkan hasil peledakan yang telah dilakukan di area kuasa penambangan sebelumnya masih ditemukan *boulder* dengan ukuran yang sangat besar. Akan tetapi hal tersebut merupakan salah satu tujuan dari kegiatan peledakan di CV. Triagra Nusatama yang menginginkan hasil fragmentasi dari kegiatan peledakan dalam ukuran

40 – 80 cm. Karena area penambangan CV. Triagra Nusatama masih menggunakan metode konvensional atau pemindahan hasil peledakannya dengan cara *rock sliding* dari lokasi peledakan ke lokasi *stockpile* agar batuan dari hasil peledakan setelah sampai ke lokasi *stockpile* tidak dalam ukuran yang tidak bisa digunakan atau menjadi butiran akibat tergerus dan tertekan oleh batuan lain selama kegiatan pemindahan batuan hasil peledakan.

Kegiatan peledakan yang dilakukan oleh CV. Triagra Nusatama mempunyai nilai *powder factor* yang sangat tinggi yaitu 0,36 Kg/m³ sedangkan harga *powder factor* yang ekonomis berkisar antara 0,2 – 0,3 Kg/m³ [1]. Hal ini dapat disimpulkan bahwa perusahaan CV. Triagra Nusatama menggunakan *powder factor* yang besar sehingga dapat dikatakan pemborosan penggunaan bahan peledak yang mengakibatkan batuan hasil peledakan ukuran *boulder* menjadi lebih sedikit.

Permasalahan diatas sangat berpengaruh terhadap penggunaan bahan peledak yang digunakan dan target produksi yang tidak tercapai. Belum adanya penerapan

geometri peledakan yang bervariasi untuk memperbaiki hasil peledakan di lapangan di lokasi penambangan agar kegiatan peledakan CV. Triarga Nusatama agar kegiatan peledakan menjadi lebih efektif. Sehingga penulis ingin membandingkan hasil peledakan aktual dan peledakan usulan.

Dalam memperhitungkan distribusi fragmentasi batuan, ada banyak cara yang dilakukan, diantaranya dengan menggunakan metode *Kuz-Ram* dan metode *Image Analysis*. Kedua metode ini memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Metode *Kuz-Ram* sangat memperhatikan distribusi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan, sedangkan metode *image analysis* tidak terlalu memperhatikan distribusi ukuran fragmentasi batuan, tetapi langsung kepada tingkat keseragaman fragmentasi batuan. Selain itu, analisis dengan model *Kuz-Ram* masih berupa suatu prediksi karena data yang digunakan hanya bersumber dari geometri peledakan dan jumlah bahan peledak. Sedangkan analisis dengan metode *Image Analysis* menggunakan data sebenarnya yang bersumber dari fragmentasi batuan yang sudah dihasilkan dari kegiatan peledakan^[2].

Dari penjelasan di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Kajian Teknis Penentuan Geometri Peledakan untuk Menurunkan Nilai Powder factor di CV. Triarga Nusatama (TNT), Desa Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat”**.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lokasi IUP Operasi Produksi Batugamping CV. Tekad Jaya (lokasi pengambilan data penelitian), secara administrasi berada di Jorong Bulakan, Nagari Tanjung Gadang, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat.

Dapat ditempuh dengan kendaraan roda 4 dan roda 2 melalui jalur jalan negara Padang – Payakumbuh (124 Km) – Lareh Sago Halaban (20 Km) dengan waktu tempuh 4 jam.



Gambar 1. Lokasi kesampaian daerah.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 22 Februari 2018 – 20 Maret 2018. Lokasi penelitian ini terletak di desa lareh sago halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian studi lapangan dengan melakukan percobaan langsung di lapangan (*experimental*). Penelitian *experimental* adalah suatu penelitian yang dengan sengaja peneliti melakukan manipulasi terhadap satu atau lebih variabel dengan suatu cara tertentu sehingga berpengaruh pada satu atau lebih variabel lain yang di ukur^[3].

Dalam penelitian ini penulis melakukan penggabungan antara teori dari beberapa ahli dengan kondisi di lapangan. Dari teori – teori dari beberapa ahli tersebut, selanjutnya penulis melakukan percobaan di lapangan. Sehingga, nantinya akan didapat perbandingan data (rasio) hasil nyata di lapangan. Data yang ada pada skripsi ini yang merupakan data kualitatif.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian^[4].

Selanjutnya orientasi lapangan dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan dan untuk mengamati langsung kondisi daerah yang akan dilakukan penelitian serta dapat mengangkat permasalahan yang ada untuk dijadikan topik dalam suatu penelitian.

Kemudian pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer merupakan data yang didapat dari hasil pengujian di lapangan. Data tersebut berupa geometri dari peledakan yang digunakan pada lokasi penambangan, Pengambilan data sekunder merupakan data-data dari perusahaan yang bersangkutan. Data sekunder yang dimaksud seperti halnya peta lokasi tambang, keadaan struktur dari batuan, sejarah dari perusahaan, dan lain sebagainya.

3.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan sehingga didapat pendekatan penyelesaian masalah^[5]. Teknis analisis data yang dilakukan antara lain:

3.3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan penelitian langsung di lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Dilakukan dengan cara: Melakukan pengamatan,

mencari faktor penyebab masalah, tindakan perbaikan, dan evaluasi hasil.

3.3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel-tabel atau rangkaian perhitungan dalam penyelesaian masalah yang ada.

3.3.3 Analisis dan Pembahasan

Analisis data dilakukan dengan menganalisis dan membahas sesuai dengan pengolahan data yang sudah dilakukan dengan mengacu pada literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah.

3.3.4 Kesimpulan dan Saran

Tahap diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pemboran Peledakan

CV. Triarga Nusatama menggunakan pola zig-zag persegi panjang sebagai pola pemboran untuk kegiatan peledakan dengan diameter lubang sebesar 3 inci atau sekitar 0,076 m. Operator pengeboran melakukan kegiatan pemboran di tempat yang telah diberikan penanda berupa pita berwarna merah di lokasi yang diletakan oleh pekerja bagian perencanaan tambang. Mesin bor yang digunakan adalah mesin bor furukawa dengan menggunakan rod atau batang bor sepanjang 6 meter untuk setiap batang bor yang digunakan.



Gambar 2. Tanda Tempat Pemboran

4.2 Fragmentasi Batuan Peledakan Aktual

Geometri peledakan yang diamati adalah diameter lubang ledak, *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, *bench high*, *length of drillhole*, *charging*, volume batuan terbongkar, dan *powder factor*^{[6][7]}. Pengambilan data geometri peledakan aktual dilakukan dengan mengambil nilai rata – rata geometri yang digunakan seperti terlihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Geometri peledakan aktual

No	Variable	Nilai Variabel
1	Diameter Lubang Ledak (d)	3 inchi
2	Burden (B)	2 m
3	Spacing (S)	2 m
4	Stemming (T)	3,5 m
5	Kolom Isian (Pc)	2 m
6	Kedalaman Lubang Ledak (H)	5,5 m
7	Tinggi Jenjang (L)	5 m
8	Subdrilling (J)	0,5 m
9	Jumlah Handak Per Lubang (Q)	8 Kg
10	Kekuatan Relatif Handak	100
11	Faktor Batuan (A)	8,4

$$\begin{aligned} \text{Volume peledakan} &= V \times n & (1) \\ &= 22 \times 61 \\ &= 1342 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian bahan peledak} &= de \times Pc \times n & (2) \\ &= 3,84 \text{ kg/m} \times 2,07 \text{ m} \\ &\quad \times 61 \text{ lubang} \\ &= 484,88 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Powder Factor} &= PF = n \times \frac{E}{W} & (3) \\ &= 61 \times 3,84 \times 2,07 \text{ Kg} \\ &\quad 1342 \text{ m}^3 \\ &= 484,88 / 1342 \\ &= 0,36 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan didapat dengan mensubstitusikan variable kedalam rumus Kuznetsov (1973)^{[8][9][10]} sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X &= A_o \times [v/Q]^{0,8} \times Q^{0,17} \times [E/115]^{(-0,63)} & (4) \\ X &= 8,4 \times [22/8]^{0,8} \times 8^{(0,17)} \times [100/115]^{(-0,63)} \\ &= 29,34 \text{ cm} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besarnya persentase bongkah pada hasil peledakan digunakan rumus index keseragaman (n) dan Karakteristik ukuran (Xc) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} n &= \left[2,2 - 14 \frac{B}{De} \right] \times \left[\left(1 + \frac{X^2}{2} \right) \right] \times \left[1 - \frac{W}{B} \right] \times \left[\frac{P_c}{H} \right] & (5) \\ n &= \left[2,2 - 14 \frac{2}{76} \right] \times \left[\left(1 + \frac{2^2}{2} \right) \right] \times \left[1 - \frac{0}{2} \right] \times \left[\frac{2,07}{5,5} \right] \\ n &= 1,83 \times 1 \times 1 \times 0,37 \\ &= 0,69 \end{aligned}$$

Nilai Xc dapat dicari dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{X}{(0,693)^{1/n}} & (6) \\ &= \frac{29,34}{(0,693)^{1/0,69}} \\ &= 49,92 \end{aligned}$$

Perhitungan persentasi bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-(x/x_c)^n} \times 100 \% \quad (7)$$

maka didapatkan hasil fragmentasi batuan seperti tabel berikut :

Tabel 2. Persentase ukuran fragmentasi geometri aktual

Ayakan	Sebelum Perubahan Geometri	
	Tertahan (%)	Lolos (%)
100 cm	19,88	80,12
90 cm	22,27	77,73
80 cm	25,04	74,96
70 cm	28,28	71,72
60 cm	32,13	67,87
50 cm	36,74	63,26
40 cm	42,39	57,61
30 cm	49,47	50,53
20 cm	58,74	41,26
10 cm	71,91	28,09

Dari tabel 2 dapat kita lihat bahwa persentase tingkat kelolosan dari batuan hasil peledakan cukup baik. Tingkat batuan tertahan pada ukuran diatas 100 cm adalah 19,88% dengan kata lain merupakan boulder, sedangkan 80,12% masuk kedalam *stockpile* atau tempat pengumpulan batuan di CV. Triarga Nusatama dan *boulder* tersebut akan dilakukan proses *resizing* terlebih dahulu untuk mendapatkan ukuran fragmentasi yang diinginkan. Dengan kata lain, batuan hasil peledakan akan tetap dibawa ke *stockpile* secara *rock sliding*.

Tabel 3. Tinjauan ukuran fragmentasi geometri aktual

Size (cm)	Fragmentasi Hasil Percobaan (%)
> 80	25,04 %
80 – 40	17,35 %
< 40	57,61 %

Dari tabel 3 dapat disimpulkan bahwa persentase hasil peledakan terbesar terletak pada ukuran <40 cm sebesar 57,61%, hal ini justru bertolak belakang dengan apa yang diinginkan perusahaan karena perusahaan menginginkan hasil fragmentasi peledakan berukan 40 – 80 cm yang mana hanya 17,35%. Hasil yang diinginkan perusahaan 40–80 cm dikarenakan sistem dalam pemindahan/pengangkutan material hasil peledakan di lapangan masih menggunakan sistem konvensional yang mana untuk memindahkan material dengan cara menjatuhkan/mengelincirkan batuan dari area peledakan ke area *stockpile* dan ukuran batuan yang kecil dari 40 cm ditakutkan akan menjadi butiran halus ketika tiba di area *stockpile* karena tergerus dan tertimpa oleh batuan yang lain. Pada hasil peledakan aktual, besar volume batuan yang berukuran 40–80 cm sebesar 17,35% dari volume batuan per peledakan 1342 m³ adalah 225,18 m³.

4.3 Desain Geometri Peledakan Usulan

Dalam usaha memperbaiki fragmentasi batuan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka akan dilakukan perubahan geometri peledakan menggunakan perbandingan metoda rumusan *R. L. Ash* dan *ICI-Explosive*, sehingga didapatkan desain baru yang bisa

menghasilkan ukuran fragmentasi batuan lebih optimal^{[11][12]}.

4.3.1 Perhitungan dengan Rumusan R.L Ash (usulan 1)

a. Goemetri Peledakan

Geometri peledakan usulan 1 berdasarkan R.L Ash sebagai berikut :

Tabel 4. Geometri peledakan usulan 1

No	Variable	Nilai Variabel
1	Diameter Lubang Ledak (d)	3 inchi
2	Burden (B)	2,3 m
3	Spacing (S)	2,3 m
4	Stemming (T)	3,5 m
5	Kolom Isian (Pc)	2 m
6	Kedalaman Lubang Ledak (H)	5,5 m
7	Tinggi Jenjang (L)	5,04 m
8	Subdrilling (J)	0,5 m
9	Jumlah Handak Per Lubang (Q)	8 Kg
10	Kekuatan Relatif Handak	100
11	Faktor Batuan (A)	8,4

Pada kegiatan peledakan yang dilakukan di lapangan CV. Triarga Nusatama memiliki batasan penggunaan bahan peledak sebesar 8 Kg per lubang. Dengan artian pada geometri usulan untuk penggunaan bahan peledak yang digunakan sebesar 8 Kg dan volume bahan peledak pada kegiatan peledakan 8 kg x 61 lubang = 488 kg. Dan PF yang didapatkan sebesar 0,27 kg/m³.

b. Fragmentasi Peledakan

Ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan didapat dengan mensubtitusikan variable kedalam rumus Kuznetzov (1973) sebagai berikut :

$$X = A_o \times [v/Q]^{0,8} \times Q^{0,17} \times [E/115]^{(-0,63)}$$

$$X = 8,4 \times [29,1/8]^{0,8} \times 8^{(0,17)} \times [100/115]^{(-0,63)}$$

$$= 36,70 \text{ cm}$$

Untuk mengetahui besarnya persentase bongkah pada hasil peledakan digunakan rumus index keseragaman (n) dan Karakteristik ukuran (Xc) sebagai berikut :

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{D_o} \right] \times \left[\left(1 + \frac{S}{B} \right) \right] \times \left[1 - \frac{W}{B} \right] \times \left[\frac{Pc}{H} \right]$$

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{2,3}{76} \right] \times \left[\left(1 + \frac{2,3}{2,3} \right) \right] \times \left[1 - \frac{0}{2,3} \right] \times \left[\frac{2}{5,5} \right]$$

$$n = 1,77 \times 1 \times 1 \times 0,36$$

$$= 0,63$$

Nilai Xc dapat dicari dengan rumus berikut :

$$Xc = \frac{X}{\frac{(0,693)^{1/n}}{36,70}}$$

$$= \frac{36,70}{(0,693)^{1/0,63}}$$

$$= 65,68$$

Perhitungan persentasi bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-(x/xc)^n} \times 100 \%$$

Maka persentasi distribusi fragmentasi batuan adalah :

Tabel 5. Persentase ukuran fragmentasi usulan 1

Ayakan	Sebelum Perubahan Geometri	
	Tertahan (%)	Lolos (%)
100 cm	27,16	72,84
90 cm	29,53	70,47
80 cm	32,22	67,78
70 cm	35,31	64,69
60 cm	38,88	61,12
50 cm	43,08	56,92
40 cm	48,11	51,89
30 cm	54,31	45,69
20 cm	62,32	37,68
10 cm	73,67	26,33

Hasil perhitungan prediksi menggunakan rumus *Kuz-Ram*, fragmentasi batuan hasil peledakan usulan 1 dapat diprediksi distribusi persentase fragmentasi batuan sebagai berikut :

Tabel 6. Tinjauan ukuran fragmentasi usulan 1

Size (cm)	Fragmentasi Hasil Percobaan (%)
> 80	32,22 %
40 – 80	15,89 %
< 40	51,89 %

Berdasarkan hasil dari kegiatan peledakan yang menggunakan geometri usulan 1 maka didapatkan hasil fragmentasi seperti pada tabel 6. Hal ini menunjukkan bahwa persentase fragmentasi batuan hasil peledakan terbesar terletak pada ukuran < 40 cm yaitu sebesar 51,89 % sementara ukuran yang diinginkan 40–80 cm hanya sebesar 15,89%.

4.3.2 Perhitungan dengan Rumusan ICI-Explosive (usulan 2)

a. Geometri Peledakan

Tabel 7. Geometri peledakan usulan 2

No	Variable	Nilai Variabel
1	Diameter Lubang Ledak (d)	3 inchi
2	Burden (B)	2,3 m
3	Spacing (S)	2,96 m
4	Stemming (T)	3,43 m
5	Kolom Isian (Pc)	2,07 m
6	Kedalaman Lubang Ledak (H)	5,5 m
7	Tinggi Jenjang (L)	5,32 m
8	Subdrilling (J)	0,18 m
9	Jumlah Handak Per Lubang (Q)	8 Kg
10	Kekuatan Relatif Handak	100
11	Faktor Batuan (A)	8,4

Pada kegiatan peledakan yang dilakukan di lapangan CV. Triarga Nusatama memiliki batasan penggunaan bahan peledak sebesar 8 Kg per lubang. Dengan artian pada geometri usulan untuk penggunaan bahan peledak yang digunakan sebesar 8 Kg dan volume bahan peledak pada kegiatan peledakan 8 kg x 61 lubang = 488 kg. Dan PF yang didapatkan sebesar 0,21 kg/m³.

b. Fragmentasi Peledakan

Ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan didapat dengan mensubstitusikan variable kedalam rumus Kuznetzov (1973) sebagai berikut :

$$X = A_0 \times [v/Q]^{0,8} \times Q^{0,17} \times [E/115]^{(-0,63)}$$

$$X = 8,4 \times [37,44/8]^{0,8} \times 8^{(0,17)} \times [100/115]^{(-0,63)}$$

$$= 44,89 \text{ cm}$$

Untuk mengetahui besarnya persentase bongkah pada hasil peledakan digunakan rumus index keseragaman (n) dan Karakteristik ukuran (Xc) sebagai berikut :

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{D_{0,5}} \right] \times \left[\left(1 + \frac{(x/B-1)}{2} \right) \right] \times \left[1 - \frac{W}{B} \right] \times \left[\frac{P_C}{H} \right]$$

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{2,3}{76,1} \right] \times \left[\left(1 + \frac{(2,96-1)}{2} \right) \right] \times \left[1 - \frac{0}{2,3} \right] \times \left[\frac{2,07}{5,5} \right]$$

$$n = 1,78 \times 1,14 \times 1 \times 0,37$$

$$= 0,75$$

Nilai Xc dapat dicari dengan rumus berikut :

$$X_c = \frac{x}{k}$$

$$= \frac{(0,693)^{1/n}}{44,89}$$

$$= \frac{(0,693)^{1/0,75}}{44,89}$$

$$= 73,19$$

Perhitungan persentasi bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-(x/x_c)^n} \times 100 \%$$

Maka persentasi distribusi fragmentasi batuan adalah :

Tabel 8. Persentase ukuran fragmentasi usulan 2

Ayakan	Sebelum Perubahan Geometri	
	Tertahan (%)	Lolos (%)
100 cm	28,25	71,75
90 cm	31,10	68,90
80 cm	34,33	65,67
70 cm	38,01	61,99
60 cm	42,25	57,75
50 cm	47,16	52,84
40 cm	52,96	47,04
30 cm	59,91	40,09
20 cm	66,52	33,48
10 cm	79,87	20,13

Hasil perhitungan prediksi menggunakan rumus *Kuz-Ram*, fragmentasi batuan hasil peledakan usulan 2 dapat diprediksi distribusi persentase fragmentasi batuan sebagai berikut :

Tabel 9. Tinjauan ukuran fragmentasi usulan

Size (cm)	Fragmentasi Hasil Percobaan (%)
> 80	34,33 %
40 – 80	18,63 %
< 40	47,04 %

Berdasarkan hasil dari kegiatan peledakan yang menggunakan geometri usulan 2 maka didapatkan hasil fragmentasi seperti pada tabel 9. Hal ini menunjukkan bahwa persentase fragmentasi batuan hasil peledakan terbesar terletak pada ukuran < 40 cm yaitu sebesar 47,04 % sementara ukuran yang diinginkan 40 – 80 cm hanya sebesar 18,63%. Hal ini menunjukkan masih diperlukannya geometri usulan lain untuk mencapai target yang diinginkan.

4.3.3 Perhitungan menggunakan Kombinasi Rumusan ICIExplosive dengan Penyesuaian Kondisi Lapangan (usulan 3)

a. Geometri Peledakan

Tabel 10. Geometri peledakan usulan 3

No	Variable	Nilai Variabel
1	Diameter Lubang Ledak (d)	3 inchi
2	Burden (B)	2,5 m
3	Spacing (S)	3 m
4	Stemming (T)	3,43 m
5	Kolom Isian (Pc)	2,07 m
6	Kedalaman Lubang Ledak (H)	5,5 m
7	Tinggi Jenjang (L)	5 m
8	Subdrilling (J)	0,5 m
9	Jumlah Handak Per Lubang (Q)	8 Kg
10	Kekuatan Relatif Handak	100
11	Faktor Batuan (A)	8,4

Pada kegiatan peledakan yang dilakukan di lapangan CV. Triarga Nusatama memiliki batasan penggunaan bahan peledak sebesar 8 Kg per lubang. Dengan artian pada geometri usulan untuk penggunaan bahan peledak yang digunakan sebesar 8 Kg dan volume bahan peledak pada kegiatan peledakan 8 kg x 61 lubang = 488 kg. Dan PF yang didapatkan sebesar 0,19 kg/m³.

b. Fragmentasi Peledakan

Ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan didapat dengan mensubstitusikan variable kedalam rumus Kuznetsov (1973) sebagai berikut :

$$X = A_0 \times [v/Q]^{0,8} \times Q^{0,17} \times [E/115]^{(-0,63)}$$

$$X = 8,4 \times [41,25/8]^{0,8} \times 8^{(0,17)} \times [100/115]^{(-0,63)}$$

$$= 48,51 \text{ cm}$$

Untuk mengetahui besarnya persentase bongkah pada hasil peledakan digunakan rumus index keseragaman (n) dan Karakteristik ukuran (Xc) sebagai berikut :

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{D_{90}} \right] \times \left[\left(1 + \frac{(S-1)}{2} \right) \right] \times \left[1 - \frac{W}{H} \right] \times \left[\frac{Pc}{H} \right]$$

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{2,5}{76} \right] \times \left[\left(1 + \frac{(3-1)}{2} \right) \right] \times \left[1 - \frac{0}{2,5} \right] \times \left[\frac{2,07}{5,5} \right]$$

$$n = 1,73 \times 1,1 \times 1 \times 0,37$$

$$= 0,70$$

Nilai Xc dapat dicari dengan rumus berikut :

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{1/n}}$$

$$= \frac{48,51}{(0,693)^{1/0,7}}$$

$$= 81,91$$

Perhitungan persentasi bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-(x/x_c)^n} \times 100 \%$$

Maka persentasi distribusi fragmentasi batuan adalah :

Tabel 11. Persentase ukuran fragmentasi

Ayakan	Sebelum Perubahan Geometri	
	Tertahan (%)	Lolos (%)
100 cm	31,66	68,34
90 cm	34,36	65,64
80 cm	37,39	62,61
70 cm	40,82	59,18
60 cm	44,74	55,26
50 cm	49,27	50,73
40 cm	54,58	45,42
30 cm	60,95	39,05
20 cm	68,88	31,12
10 cm	79,49	20,51

Hasil perhitungan prediksi menggunakan rumus *Kuz-Ram*, fragmentasi batuan hasil peledakan usulan 3 dapat diprediksi distribusi persentase fragmentasi batuan sebagai berikut :

Tabel 12. Tinjauan ukuran fragmentasi usulan 3

Size (cm)	Fragmentasi Hasil Percobaan (%)
> 80	37,39 %
40 – 80	17,19 %
< 40	45,42 %

Berdasarkan hasil dari geometri usulan 3 maka didapatkan hasil fragmentasi seperti pada tabel 12. Hal ini menunjukkan bahwa persentase fragmentasi batuan hasil peledakan terbesar terletak pada ukuran < 40 cm yaitu sebesar 45,42 % sementara ukuran yang diinginkan 40 – 80 cm hanya sebesar 17,19%.

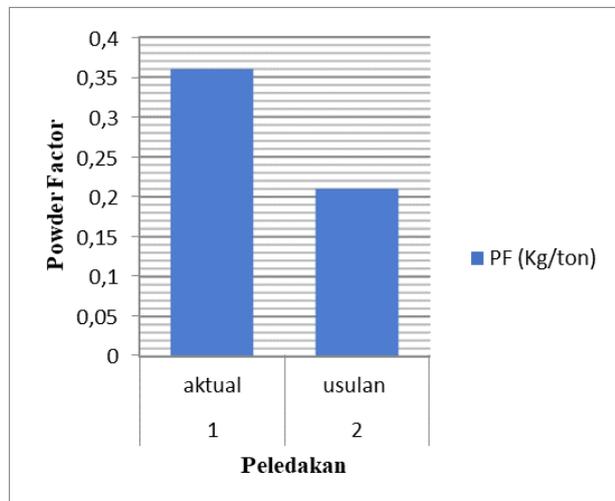
4.4 Powder Factor

Dari pengalaman di beberapa tambang terbuka dan quarry yang sudah berjalan secara normal, harga PF yang ekonomis berkisar antara 0,20 – 0,3 kg/m³ (Pusdiklat ESDM, 2010). Pada tahap persiapan (development) harga PF tidak menjadi ukuran, karena tahap tersebut sasarannya bukan produksi tetapi penyelesaian suatu proyek, walaupun tidak menutup kemungkinan kadang-kadang diperoleh bijih atau bahan galian yang dapat dipasarkan.

Pada perobaan usulan dapat dilihat bahwa PF hasil uji rancangan peledakan adalah 0,21 kg/m³. PF hasil uji ini menunjukkan angka yang dekat dengan standar PF yang ekonomis dibandingkan dengan PF dari kegiatan peledakan sebelumnya, dapat diketahui bahwa nilai PF memiliki keterkaitan dengan kemajuan kegiatan peledakan.

Tabel 13. PF peledakan aktual dan usulan

No	Peledakan	PF (Kg/m ³)
1	Aktual	0,36
2	Usulan	0,21



Gambar 3. Perbandingan powder factor

4.5 Fragmentasi Peledakan

Uji coba rancangan peledakan bertujuan untuk meningkatkan persentasi ukuran fragmentasi optimum dan menurunkan fragmentasi kecil. Fragmentasi yang kecil memang lebih menguntungkan dari segi pemberaian batuan oleh *crusher*, karena ukuran fragmentasi yang kecil akan lebih meringankan kerja alat pemberaian batuan jika dibandingkan dengan ukuran fragmentasi yang *oversize*. Akan tetapi, ukuran fragmentasi yang terlalu kecil untuk peledakan produksi mengindikasikan bahwa PF yang dihasilkan terlalu besar. Menurut Dessureault, PF yang semakin tinggi akan menghasilkan fragmentasi yang halus. Sementara PF yang semakin rendah akan menghasilkan fragmentasi yang lebih kasar^[13].

Dalam peledakan pertambangan, sebenarnya ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya ukuran

fragmen batuan hasil peledakan. Selain ukuran pada *spacing* dan *burden*, isian bahan peledak juga akan sangat berpengaruh dalam melakukan suatu aktivitas peledakan. Jika semakin banyak bahan peledak yang digunakan, maka akan semakin kecil juga fragmentasi batuan yang akan dibentuknya. Begitu juga sebaliknya.

Selain itu, jenis *stemming* dan kepadatan *stemming* juga berpengaruh dalam pembentukan ukuran dari fragmentasi batuan. Hal ini dikarenakan, jika dalam peledakan menggunakan *stemming* yang tidak cocok dan tidak padat, maka energi dari bahan peledak tidak akan merambat dan membentuk retakan secara maksimal. Dan jika itu terjadi, maka ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan yang kita harapkan tidak akan tercapai^[14].

Hasil perbandingan penerapan geometri peledakan menurut R. L. Ash dan ICI-Eksplosive dapat dilihat pada tabel 18 berikut :

Tabel 14. Rancangan geometri peledakan usulan berdasarkan teori

Variable Geometri	Geometri Peledakan Aktual	Geometri Peledakan Usulan 1	Geometri Peledakan Usulan 2	Geometri Peledakan Usulan 3
Diameter lubang bor	3 inchi	3 inchi	3 inchi	3 inchi
<i>Burden</i> (B)	2 m	2,3 m	2,3 m	2,5 m
<i>Spacing</i> (S)	2 m	2,3 m	2,96 m	3 m
Kedalaman Lubang Ledak (H)	5,5 m	5,5 m	5,5 m	5,5 m
Tinggi jenjang (L)	5 m	5 m	5 m	5 m
<i>Subdrilling</i> (J)	0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m
Kolom Bahan Peledak (Pc)	2,07 m	2,07 m	2,07 m	2,07 m
<i>Stemming</i> (T)	3,43 m	3,43 m	3,43 m	3,43 m
Jumlah Bahan Peledak Per Lubang (Q)	8 kg	8 Kg	8 Kg	8 Kg
Volume per peledakan	1342 m ³	1774,8 m ³	2284,1 m ³	2516,3 m ³
Powder Factor (PF)	0,36 kg/m ³	0,27 kg/m ³	0,21 kg/m ³	0,19 kg/m ³
Fragmentasi >80 cm (Kuz-Ram)	25,04 %	32,22 %	34,33 %	37,39 %
Fragmentasi 40 cm – 80 cm (Kuz-Ram)	17,35 %	15,89 %	18,63 %	17,19 %
Fragmentasi < 40 cm (Kuz-Ram)	57,61 %	51,89 %	47,04 %	45,42 %

Berdasarkan analisis hasil kegiatan peledakan yang telah dirancang dan dilakukan maka dapat dilihat hasil peledakan seperti pada tabel 14. Pada tabel 14 didapatkan bahwa pada geometri aktual untuk penggunaan bahan peledak 8 kg dengan volume peledakan sebesar 1342 m³. Nilai PF yang didapatkan adalah 0,36 kg/m³ dan hasil fragmentasi peledakan 40 – 80 cm sebesar 17,35% atau 232,8 m³ batuan hasil peledakan dengan ukuran yang diinginkan. Sementara, pada geometri usulan I dapat dilihat PF yang digunakan sebesar 0,27 kg/m³ dan volume peledakan sebesar 1774,8 m³. Hasil fragmentasi untuk ukuran 40 – 80 cm sebesar 15,89 % atau 282,01 m³ batuan hasil peledakan dengan ukuran yang diinginkan. Pada geometri usulan II sesuai dengan tabel dapat dilihat nilai *powder factor* yang didapatkan 0,21 kg/m³ dan volume peledakan yang dihasilkan 2284,1 m³. Hasil fragmentasi hasil peledakan

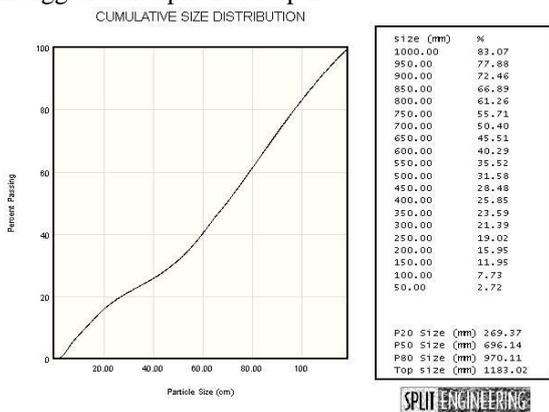
geometri II untuk ukuran 40 – 80 cm sebesar 18,63% atau 425,53 m³ batuan hasil peledakan dengan ukuran yang diinginkan. Dan untuk geometri usulan III dengan nilai powder factor 0,19 kg/m³ dan volume peledakan 2516,3 m³ didapatkan hasil fragmentasi ukuran 40 – 80 cm sebesar 17,19% atau 432,55 m³ batuan hasil peledakan dengan ukuran yang diinginkan.

Analisis perbandingan geometri berdasarkan data diatas maka dapat disimpulkan penggunaan geometri usulan II lebih baik digunakan karena apabila dilihat dari penggunaan *powder factor* usulan II lebih hemat dibandingkan aktual dan usulan I, dan hasil fragmentasi ukuran 40–80 cm yang dihasilkan lebih besar atau hasil merupakan target yang diinginkan oleh perusahaan. Dan apabila dibandingkan dengan geometri usulan III, pada geometri III terdapat perbedaan penggunaan *powder factor* yang lebih sedikit, volume yang terbongkar lebih besar dan hasil fragmentasi ukuran 40–80 cm lebih kecil dari usulan II, akan tetapi perbedaan hasil fragmentasi ukuran 40–80 cm hanya 7,07 m³ dari usulan II dan hasil fragmentasi memiliki nilai *boulder* yang besar yang sehingga memerlukan *breaker* untuk mengecilkan ukuran hasil peledakan sebelum dilanjutkan ke lokasi *stockpile*. Dengan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan untuk geometri yang baik digunakan dengan perolehan hasil peledakan yaitu geometri usulan II.

4.6 Analisa Hasil Peledakan Menggunakan Split Dekstop 2.0

Untuk mengetahui distribusi fragmentasi persentase (%) lolos batuan hasil peledakan memakai geometri peledakan aktual, fragmentasi batuan difoto dan diolah datanya menggunakan *Split Desktop*. Program *Split Desktop* merupakan program yang berfungsi untuk menganalisis ukuran fragmentasi batuan dari kegiatan peledakan yang hasilnya berupa grafik persentase lolos material dan dan ukuran fragmentasi rata-rata dari hasil kegiatan yang dilakukan^[15].

Berikut gambar hasil pengolahan dan kurva hasil perhitungan fargmentasi batuan hasil peledakan aktual menggunakan *Split Desktop 2.0*.

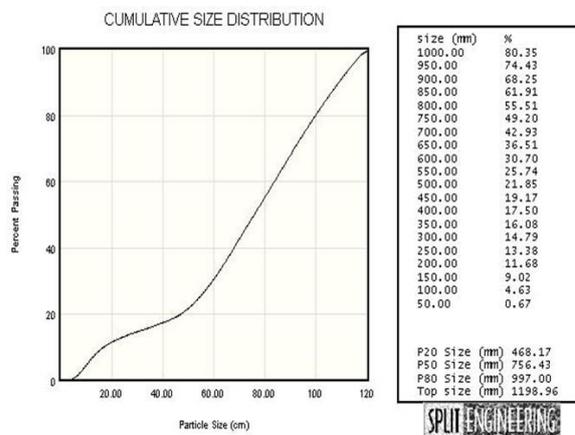


Gambar 4. Kurva hasil pengolahan data fragmentasi aktual menggunakan *split dekstop 2.0*

Dari hasil kurva dan grafik terlihat bahwa persentase fragmentasi batuan dengan ukuran 40 - 80 cm adalah 35,41% dan ukuran >80 cm adalah 38,74 % yang disebut *boulder*. Kemudian *boulder* tersebut akan dilakukan proses *resizing* menggunakan alat *breaker* untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang diinginkan. Dengan kata lain, batuan hasil peledakan akan tetap dibawa ke *stockpile* secara *rock sliding*.

Dari Gambar 4 yang diambil di lapangan menunjukkan bahwa masih ada fragmentasi batuan berupa *boulder* terutama pada bagian atas dari hasil peledakan aktual tersebut. Penyebab masih banyaknya fragmentasi batuan berupa *boulder* adalah tidak meratanya distribusi energi peledakan, karena adanya struktur *joint* pada daerah peledakan sehingga energi peledakan yang sampai ke lapisan paling atas batuan tidak maksimal.

Kemudian untuk geometri peledakan usulan II juga diambil foto fragmentasi hasil peledakan tersebut. Gambar dan kurva hasil perhitungan fragmentasi desain geometri usulan II yang diujikan tersebut diolah dengan menggunakan *Split Desktop* adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Kurva hasil pengolahan data fragmentasi usulan II menggunakan *split dekstop*

Dari hasil kurva dan grafik diatas, terlihat bahwa persentase fragmentasi batuan dengan ukuran 40 – 80 cm adalah 38,01% dan ukuran > 80 cm adalah 44,49 % yang disebut *boulder*. Kemudian *boulder* tersebut akan dilakukan proses *resizing* menggunakan alat *breaker* untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang diinginkan. Dengan kata lain, batuan hasil peledakan akan tetap dibawa ke *stockpile* secara *rock sliding*.

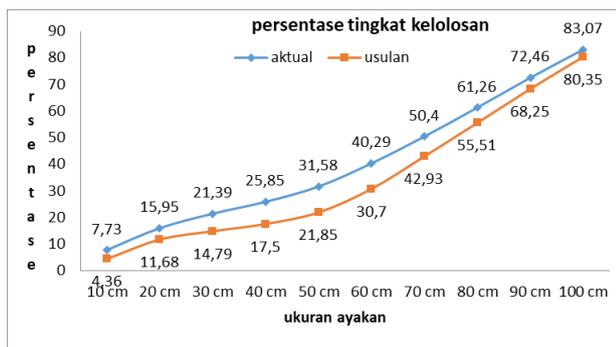
Fragmentasi hasil peledakan dihitung menggunakan dua variabel, yaitu secara teoritis menggunakan persamaan Kuz-Ram dan secara aktual menggunakan *software Split Desktop*. Untuk lebih jelasnya hasil perbandingan persentase distribusi kelulusan fragmentasi aktual dan usulan dapat dilihat pada tabel 19 berikut :

Tabel 15. Persentase distribusi kelolosan fragmentasi

Variable Geometri	Geometri Peledakan Aktual	Geometri Peledakan Usulan
Diameter lubang bor	3 inchi	3 inchi
Burden (B)	2 m	2,3 m
Spacing (S)	2 m	2,9 m
Kedalaman Lubang Ledak (H)	5,5 m	5,5 m
Tinggi jenjang (L)	5 m	5 m
Subdrilling (J)	0,5 m	0,5 m
Kolom Bahan Peledak (Pc)	2 m	2 m
Stemming (T)	3,5 m	3,5 m
Jumlah Bahan Peledak Per Lubang (Q)	8 kg	8 kg
Volume per peledakan	1342 m ³	2237,8 m ³
Powder Factor (PF)	0,36 kg/m ³	0,2 kg/m ³
Fragmentasi ukuran (Split Dekstop 2.0)	Lolos %	Lolos %
100 cm	83,07	80,35
90 cm	72,46	68,25
80 cm	61,26	55,51
70 cm	50,4	42,93
60 cm	40,29	30,7
50 cm	31,58	21,85
40 cm	25,85	17,5
30 cm	21,39	14,79
20 cm	15,95	11,68
10 cm	7,73	4,36
Fragmentasi ukuran > 80 cm (split Dekstop)	38,74 %	44,49 %
Fragmentasi ukuran > 80 cm (kuzram)	25,04 %	34,33 %

Tabel 15 merupakan perbandingan geometri peledakan yang dilakukan oleh CV. Triarga Nusatama. Dapat dilihat rancangan peledakan usulan dapat meningkatkan persentase ukuran fragmentasi yang diinginkan perusahaan.

Dari geometri aktual menggunakan *burden spasi* 2 m x 2 m, didapatkan ukuran yang diinginkan perusahaan 40 - 80 cm sebesar 35,41% dan terdapat 38,74 % ukuran *boulder*. Hasil analisis data fragmentasi menunjukkan bahwa rancangan peledakan geometri usulan menggunakan *burden spasi* 2,3 m x 2,9 m dapat meningkatkan persentase ukuran 40 – 80 sebanyak 38,01% dari peledakan sebelumnya 35,41%. Untuk lebih jelasnya, perbandingan tingkat kelolosan fragmentasi aktual dan usulan (*split Dekstop*) dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 6. Perbandingan fragmentasi aktual dan usulan *split dekstop 2.0*

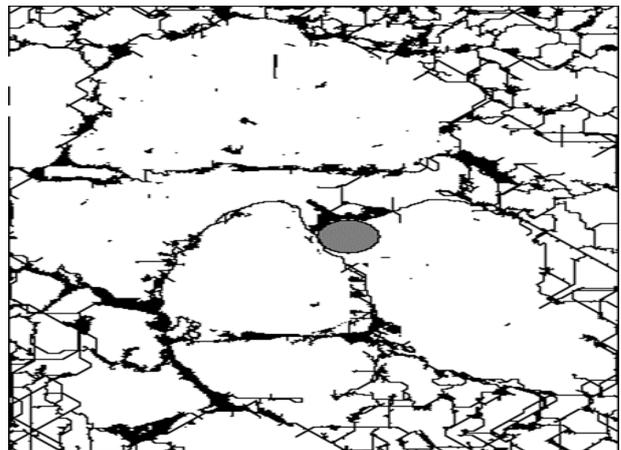
Dari gambar 6 dapat diketahui bahwa fragmentasi hasil peledakan usulan lebih baik dibandingkan peledakan aktual. Hal ini terbukti dari tingkat kelolosan ukuran 40 cm peledakan aktual 25,85% lebih tinggi dari usulan 17,5%.

Tingkat batuan tertahan pada ukuran diatas 80 cm adalah 44,49 % dengan kata lain merupakan *boulder*, sedangkan 55,51 % masuk kedalam *stockpile* atau tempat pengumpulan batuan di CV. Triarga Nusatama secara *rock sliding* dan *boulder* tersebut akan dilakukan proses *resizing* terlebih dahulu menggunakan *breaker* untuk mendapatkan ukuran fragmentasi yang diinginkan. Dengan kata lain, batuan hasil peledakan akan tetap dibawa ke *stockpile* secara *rock sliding*.

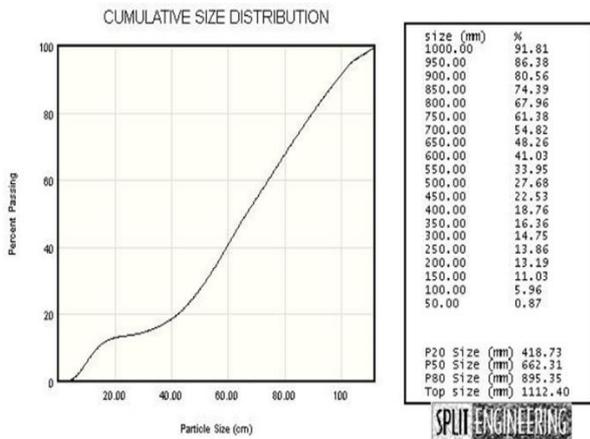
Berikut gambar batuan setelah berada di *stockpile* dan dianalisis menggunakan *split desktop*.



Gambar 7. Fragmentasi batuan setelah berada di *stockpile*



Gambar 8. Hasil pengukuran fragmentasi batuan hasil *split deskstop*



Gambar 9. Kurva hasil pengolahan fragmentasi batuan saat di stockpile

Dari gambar 9 dapat diketahui bahwa fragmentasi batuan ukuran >80 cm setelah dilakukan rock sliding dapat diminimalisir dari 44,49 % menjadi 32,04 %. Hal ini dikarenakan boulder tersebut terpecah saat dijatuhkan dan batuan lain juga tertimpa oleh batuan yang jatuh. Berikut perbandingan batuan saat dilokasi penambangan dengan batuan saat di *stockpile*.

Table 16. Perbandingan batuan hasil peledakan usulan dengan keadaan di *stockpile*

Ukuran (cm)	Hasil peledakan (lolos)	Stockpile (lolos)
100	80,35 %	91,81 %
90	68,25 %	80,56 %
80	55,51 %	67,96 %
70	42,93 %	54,82 %
60	30,7 %	41,03 %
50	21,85 %	27,68 %
40	17,5 %	18,76 %
30	14,79 %	14,75 %
20	11,68 %	13,19 %
10	4,36 %	5,96 %

Dari table 16 dapat disimpulkan batuan dari area penambangan ukuran >100 cm sebanyak 19,65 % dijatuhkan menuju *stockpile* sehingga batuan pecah akibat benturan dan tekanan dari batuan lain menjadi 8,19 %. Dari persentasi batuan yang berada di *stockpile* sesuai dengan permintaan perusahaan untuk dilakukan pemasaran sesuai dengan permintaan konsumen.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perolehan hasil peledakan aktual, fragmentasi batuan hasil peledakan ukuran 40 – 80 cm sebesar 35,41 % dan terdapat 16,93% ukuran *boulder* (berdasarkan perhitungan *Split dekstop*). Volume batuan dari peledakan tersebut adalah 1342 m³ dengan *Powder Factor* 0,36 kg/m³.
2. Desain geometri peledakan dan distribusi fragmentasi batuan dengan rumusan kuz-ram dibuat berdasarkan rumusan :
 - a. R. L. Ash memiliki ukuran 40 – 80 cm sebesar 15,89 % dengan PF 0,27 kg/m³ dan volume ukuran tersebut 282,01 m³.
 - b. ICI-*Explosive* memiliki ukuran 40 – 80 cm sebesar 18,63 % dengan PF 0,21 kg/m³ dan volume ukuran tersebut 425,53 m³.
 - c. Kombinasi rumusan ICI-*Explosive* yang disesuaikan dengan kondisi lapangan yang memiliki ukuran 40 – 80 cm sebesar 17,19 % dengan PF 0,19 kg/m³ dengan volume ukuran tersebut 432,55 m³.

Dari ketiga geometri tersebut, geometri rumusan ICI-*Explosive* yang diterapkan dalam kegiatan peledakan memperoleh ukuran 40 – 80 cm sebesar 38,01% (berdasarkan *Split Dekstop*). Besar volume batuan dari peledakan tersebut adalah 2237,8 m³ dengan PF 0,21 kg/m³

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil fragmentasi peledakan yang baik, perlu dilakukan banyak pengujian. Sehingga, akan didapat geometri peledakan yang paling sesuai untuk diterapkan pada suatu lokasi.
2. Pelaksanaan dan penerapan geometri peledakan dan pengisian bahan peledak kedalam lubang ledak di lokasi penambangan, diharapkan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat, agar target produksi dapat tercapai
3. Untuk mendapatkan geometri yang baik dalam melakukan peledakan pada suatu lokasi penambangan, perlu dilakukannya banyak percobaan. Sehingga, akan didapat perbandingan yang akurat antara satu geometri dengan geometri lain.

Daftar Pustaka

- [1] Pusdiklat ESDM,. *Modul Diklat Pemeraiian batun. padang.* (2015)
- [2] Anonim. *Split Desktop 2.0 Demo.* 2013
- [3] Kuntjojo. 2009. *Metodologi Penelitian.* Kediri.
- [4] Sugiyono. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D.* Jakarta: Alfabeta. (2017)
- [5] Nawawi, H. Hadari. *Metode Penelitian Deskriptif.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. (1983)
- [6] Susanty. Reni, C. Tedy Agung “*Kajian Teknis Operasi Peledakan untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab. Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*”. Jural seminar Kebumian, No **2.** 69 (2011)
- [7] Febrianto, ”*Perencanaan Ulang Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Frgamentasi Yang Optimum Dilokasi Penambangan Front IV quarry PT.Semen Padang*”. Jurnal Bina Tambang. **1.** 1 (2014).
- [8] Munawir, Samanlangi, Andi Ilham., dan Anshariah. 2015. “*Analisis Geometri Peledakan Terhadap Ukuran Fragmentasi Overburden Pada Tambang Batubara Pt. Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan*”. Jurnal Geomine, vol **01.** (2015)
- [9] Prima. Harifan,. *Analisis Rock Factor dan Pengaruh Powder Factor Terhadap Fragmentasi pada Batuan Limestone di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang.* Jurnal Bina Tambang. **3.** 1 (2018)
- [10] Putri, M., Yulhendra, D., & 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), 588-607.
- [11] Ash, R. L., “*The Mechanics of Rock Breakage, Pit & Quarry Magazine*”, Chapter 6. (1963)
- [12] Koesnaryo, S. *Rancangan Peledakan Batuan.* Fakultas Teknik Pertambangan UPN. Yogyakarta. (2001)
- [13] Kramadibrata, suseno. “*bahan Peledak dan Teknik Peledakan*”. Departemen Teknik Pertambangan ITB. (2008)
- [14] Gomis. Marchellevandra, “*Identifikasi Tingkat Keseragaman Batuan Hasil Peledakn dengan Metode Kuz-ram dan Metode Koeisien Tekstur pada Front 1 Tambang Quarry PT. Semen Padang*”. Jurnal Bina Tambang. **2.** 1 ((2015)
- [15] Kurniawan, M. Yuda.. “*Perbandingan Fragmentasi Peledakan dengan Menggunakan Metode Manual dan Image Analysis di PT. Semen Padang*”. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Kebumian Universitas Syiah Kuala Darussalam. **1.1** (2016)