

Rancangan geometri peledakan batuan granodiorit PT. Gilgal Batu Alam Lestari Mempawah Kalimantan Barat

Murad

Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

murad@teknik.untan.ac.id; murad.83ys@gmail.com

*Penulis Koresponden

ABSTRAK

PT. Gilgal Batu Alam Lestari (PT. GBAL) merupakan salah satu perusahaan pertambangan batu granodiorite dengan aktifitas kegiatan meliputi pengupasan lapisan tanah penutup, penggalian/penambangan dengan metode peledakan, pengangkutan material hasil peledakan dan pengolahan batu granodiorit di unit pengolahan. Parameter rancangan peledakan dipengaruhi oleh pemilihan diameter lubang dan tinggi jenjang yang tepat. Pengaruh *burden*, *spasi*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman lubang tembak sangat penting dilakukan untuk mengantisipasi kondisi geologi dan jenis bahan peledak yang digunakan. Tujuan penelitian mengkaji dan menghitung ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan dan menganalisis distribusi ukuran *fragmentasi* pada kegiatan peledakan dengan menggunakan metode *Kuz-Ram* dan *Software Split Desktop 4.0*. Metode pemecahan masalah dalam penelitian ini adalah membuat desain rancangan geometri peledakan yang baik untuk mendapatkan ukuran fragmentasi batuan granodiorit < 50 cm. Rancangan geometri usulan menggunakan teori *RL. Ash*, *CJ. Konya* dan *ICI-Explosive*. Hasil rancangan *RL. Ash* didapatkan *burden* (B) 1,95 m, *spacing* (S) 2,34 m, *stemming* (T) 1,36 m, *subdrilling* (J) 0,585 m, kedalaman lubang ledak (H) 5,85 m, Tinggi jenjang (L) 6 m, Panjang kolom isian (PC) 4,49 m, Diameter lubang (De) 3 inci. Teori *CJ. Konya* didapatkan B 2 m, S 2,375 m, T 1,4 m, J 0,6 m, H 5,69 m, L 6 m, PC 4,29 m, De 3 inci. Menurut teori *ICI-Explosive* didapatkan B 1,9 m, S 1,9 m, T 1,52 m, J 0,608 m, H 6,08 m, L 6 m, PC 3,952 m, De 3 inci. Berdasarkan teori *ICI-Explosive* dan *Kuz-Ram* didapatkan ukuran *fragmentasi* 50 cm yang lolos pada ayakan sebesar 89,10 % dan biaya peledakan Rp. 115.237.500,- lebih memungkinkan untuk diterapkan karena membutuhkan biaya peledakan yang minimal dan fragmentasi yang sesuai dengan kapasitas *bucket* dan rancangan perusahaan daripada geometri aktual *RL. Ash* dan *CJ. Konya*. Distribusi *fragmentasi* menggunakan *Split Desktop* didapatkan ukuran *fragmentasi* 50 cm yang lolos pada ayakan sebesar 97,11 %. Perlu dilakukan kajian lanjutan secara mendalam terkait geometri peledakan yang ideal dari segi teknis dan ekonomis serta pengawasan yang ketat terkait rancangan geometri peledakan yang telah dirancang dalam pelaksanaan di lapangan.

Kata kunci: Geometri, Peledakan, *Fragmentasi*, *Split Desktop 4.0*, *Kuz-Ram*

ABSTRACT

PT. Gilgal Batu Alam Lestari (PT. GILBAL) is a granodiorite mining company whose activities include stripping overburden, excavation/mining using the blasting method, transporting blasted materials and processing granodiorite in processing units. The blasting design parameters are influenced by the proper selection of the hole diameter and pitch height. The effect of *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, the depth of the shot holes is very important to anticipate the geological conditions and the type of explosives used. The purpose of this research is to study and calculate the size of rock fragmentation resulting from blasting and analyze the size distribution of fragmentation in blasting activities using the *Kuz-Ram* method and *Split Desktop 4.0* software. The method of solving the problem in this research is to design a good blasting geometry to get the granodiorite fragmentation size < 50 cm. The proposed geometric design uses *RL. Ash*, *CJ. Konya* and *ICI-Explosive*. The results of the design *RL. Ash* obtained *burden* (B) 1.95 m, *spacing* (S) 2.34 m, *stemming* (T) 1.36 m, *subdrilling* (J) 0.585 m, blast hole depth (H) 5.85 m, ladder height (L) 6 m, Powder column (PC) 4.49 m, hole diameter (De) 3 inches. *CJ. Konya* obtained B 2 m, S 2.375 m, T 1.4 m, J 0.6 m, H 5.69 m, L 6 m, PC 4.29 m, De 3 inches. According to the *ICI-Explosive* theory, B 1.9 m, S 1.9 m, T 1.52 m, J 0.608 m, H 6.08 m, L 6 m, PC 3.952 m, De 3 inches. The proposed design using *ICI-Explosive* and *Kuz-Ram* found that the fragmentation size of 50 cm passed the 89.10% sieve and the cost of blasting was Rp. 115,237,500,- more likely to be

implemented because it requires minimal blasting costs and fragmentation in accordance with the bucket capacity and company design compared to the RL. Ash method. and CJ. Konya. The distribution of fragmentation using Split Desktop obtained a fragmentation size of 50 cm which passed the sieve of 97.11%. It is necessary to conduct a more in-depth study related to the ideal blasting geometry from a technical and economic point of view as well as strict supervision of the blasting geometry design that has been designed to be implemented in the field.

Keywords: Geometry, Blasting, Fragmentation, Split Desktop 4.0, Kuz-Ram

diunggah : November 2022, direvisi : Desember 2022, diterima : Desember 2022, dipublikasi : Desember 2022

Copyright (c) 2022 Murad

This is an open access article under the CC-BY license

PENDAHULUAN

Pada kegiatan industri pertambangan sering dijumpai sifat batuan yang relatif keras dan untuk memberaikan batuan tersebut perlu proses peledakan. Proses peledakan ini bertujuan untuk menghancurkan batuan agar lebih mudah untuk digali dan dimuat kedalam alat angkut. Sehingga operasi penambangan dapat berjalan secara efektif dan efisien (Rinaldo, 2018).

PT. GILBAL merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di pertambangan batu granodiorit. Aktifitas kegiatan penambangan di PT. GILBAL meliputi pengupasan lapisan tanah penutup, penggalian/penambangan dengan metode peledakan, pengangkutan material hasil peledakan dan pengolahan batu granodiorit di unit pengolahan (Anonim, 2020).

Keberhasilan proses peledakan dipengaruhi oleh beberapa indikator, salah satunya adalah ukuran fragmentasi hasil peledakan. Dimana nantinya ukuran fragmentasi hasil peledakan akan mempengaruhi proses penggalian dan pemuatan material hasil peledakan (Ridho, 2019).

Hasil pengamatan lapangan terkait fragmentasi hasil peledakan di PT. GILBAL menghasilkan fragmentasi hasil peledakan yang tidak seragam, rata-rata fragmentasi hasil peledakan > 50 cm. Variasi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan tersebut mempengaruhi produksi alat gali.muat dan proses pengolahan pada mulut *crusher* yang ada di lokasi PT. GILBAL. Ukuran fragmentasi batu granodiorite hasil peledakan yang diharapkan oleh perusahaan < 50 cm sebesar 85 %.

Observasi terhadap operasi peledakan yang ada saat ini meliputi geometri peledakan, pola lubang ledak, dan penggunaan bahan peledak, serta pengaruhnya terhadap kondisi batuan, orientasi *joints* (*dip*, *strike*, dan *joint spasing*) sebagai pertimbangan rancangan peledakan (modifikasi) dalam rangka mengurangi *boulders* untuk meningkatkan produktifitas alat gali muat yang optimal. *Fragmentasi* besar dipengaruhi oleh adanya pengurangan bahan peledak atau bisa juga karena pada saat *charging* bahan peledak dalam hal ini *Ammonium Nitrate and Fuel Oil* (ANFO) tidak masuk secara optimal ke dalam lubang ledak (Lestari, 2013).

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 (Rizani, 2018).

Tujuan penelitian mengkaji dan menghitung ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan dan menganalisis distribusi ukuran *fragmentasi* pada kegiatan peledakan dengan menggunakan metode *Kuz-Ram* dan *Software Split Desktop 4.0* di PT. GILBAL. Metode pemecahan masalah dalam penelitian ini adalah membuat disain rancangan geometri peledakan yang baik untuk mendapatkan ukuran fragmentasi batuan granodiorit < 50 cm.

METODE

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan dari segi penggunaannya, dimana konsep-konsep yang digunakan cenderung operasional dan bukan konsep yang abstrak (Priyono, 2016). Penelitian terapan cenderung tidak (atau mengabaikan) teori dalam penyusunan rancangan penelitiannya. 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. Pada penelitian ini geometri peledakan aktual akan dievaluasi dengan menggunakan teori *R.L Ash, C.J. Konya* dan *ICI Explosive*. Beberapa geometri usulan akan dibandingkan dari faktor prediksi fragmentasi yang akan dihasilkan.

Tahapan kegiatan penelitian diawali dengan melakukan observasi kegiatan lapangan untuk mendapatkan informasi terkait permasalahan fragmentasi batuan hasil peledakan. Selanjutnya menentukan lokasi pengamatan, dimana pada penelitian ini pengamatan dilakukan sesuai dengan lokasi kegiatan peledakan yang dilakukan oleh PT. GILBAL yaitu pada PIT-1 dan PIT-2 seperti terlihat pada peta. Langkah selanjutnya adalah pengambilan data pada lokasi yang telah ditentukan berupa data primer (geometri peledakan dan hasil foto/gambar fragmentasi batuan) dan data sekunder berupa gambaran umum daerah penyelidikan), kemudian pengolahan data (meliputi geometri peledakan aktual, perhitungan geometri rancangan usulan, perhitungan prediksi fragmentasi batuan dari beberapa hasil geometri peledakan usulan dengan metode Kuz- Ram, rekomendasi geometri peledakan usulan terbaik, analisis distribusi fragmentasi batuan hasil geometri peledakan usulan dengan menggunakan *software Split Desktop 4.0*), dan tahap terakhir memprediksi serta menganalisis distribusi fragmentasi batuan.



PIT-1



PIT-2

Gambar 1. Lokasi pengamatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Peledakan Aktual

Penentuan geometri peledakan di lokasi penelitian didapatkan dari perusahaan tempat penelitian dilakukan. Pola pemboran di lokasi penelitian menggunakan pola zig-zag dikarenakan dapat memberikan keseimbangan tekanan yang baik sehingga batuan tidak terkena pengaruh ledakan kecil. Pola peledakan yang digunakan menggunakan pola *V cut* sehingga hasil peledakan berkumpul pada satu tempat tertentu. Geometri merupakan salah satu rancangan peledakan yang akan menentukan hasil fragmentasi di lapangan. Geometri peledakan yang dimaksud meliputi *spasi*, *burden*, kedalaman lubang tembak, diameter lubang bor, panjang *stemming*, *subdrilling*, dan panjang kolom isian bahan peledak.

Geometri peledakan aktual dalam empat kali peledakan didapat rata-ratanya dengan nilai *burden* (B) 2 m, *spacing* (S) 2,4 m, *subdrilling* (J) 0 m, tinggi jenjang (L) 6 m, kedalaman lubang ledak (H) 6 m, *Powder column* (PC) 4,0 m, Diameter lubang (De) 3 inchi dan jumlah lubang ledak 150.

Tabel 1. Geometri peledakan aktual PT. Gilgal Batu Alam Lestari

No	Tanggal	Lokasi	B (m)	S (m)	J (m)	L (m)	H (m)	T (m)	PC (m)	De (inchi)	BL
1	16/10/2021	Quarry PIT-1	2	2,5	0	6	6	2	4	3	100
2	23/10/2021	Quarry PIT-2	2,1	2,5	0	6	6	2	4	3	98
3	25/10/2021	Quarry PIT-2	2	2,3	0	6	6	2	4	3	100
4	30/10/2021	Quarry PIT-1	1,9	2,3	0	6	6	2	4	3	102
Total			8	9,6	0	24	24	8	16	12	400
Rata-rata			2	2,4	0	6	6	2	4	3	100

Tabel 2. Hasil pembobotan massa batuan di lapangan

No	Parameter	Keterangan	Pembobotan
1	Rock Mass Descripton (RMD)	Totally massive	50
2	Joint Plane Spacing (JPS)	Intermediate (0,1-1,0 m)	20
3	Joint Plane Orientation (JPO)	Dip into face	40
4	Specific Gravity Influence (SGI)	SGI = $25 \times 2,66 - 50$	16,5
5	Hardness (H)	H = $0,05 \times 89,642$	4,40
			$\Sigma = 130,90$

$$\text{Blastability Index (BI)} = 0,5 \times \Sigma (\text{RMD} + \text{JPS} + \text{JPO} + \text{SGI} + \text{H})$$

$$= 0,5 \times 130,90 = 65,45$$

$$\text{Faktor batuan (A)} = \text{BI} \times 0,12$$

$$= 65,45 \times 0,12 = 7,859 \approx 8$$

Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Menggunakan Metode Kuz-ram

Perhitungan dilakukan dengan mengambil salah satu kegiatan peledakan pada tanggal 16 Oktober 2021 dengan data geometri peledakan:

$$\begin{aligned} \text{Burden (B)} &= 2 \text{ m} \\ \text{Spasi (S)} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Kedalaman Lubang (L)} &= 6 \text{ m} \\ \text{Subdrilling (J)} &= 0 \text{ m} \\ \text{Stemming (T)} &= 2 \text{ m} \\ \text{Tinggi Jenjang (H)} &= 6 \text{ m} \\ \text{Panjang Isian (PC)} &= 4 \text{ m} \\ \text{Volume Perlubang} &= B \times S \times H \\ &= 2 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \\ &= 30 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Loading Density (de)

$$de = \frac{1}{4} \times 3,14 (D)^2 \times SG \times 1000$$

$$de = \frac{1}{4} \times 3,14 (0,076)^2 \times 0,8 \times 1000 = 3,64 \text{ Kg/m}$$

Pemakaian Handak Perlubang (Q)

$$Q = de \times PC$$

$$Q = 3,64 \text{ Kg/m} \times 4 \text{ m} = 14,57 \text{ Kg}$$

$$\text{Powder Factor (PF)} = \frac{\text{Berat bahan peledak}}{\text{Volume batuan yang diledakkan}} = \frac{14,57 \text{ kg}}{30 \text{ m}^3} = 0,49 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Fragmentasi rata - rata (X)} &= A_o \times \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63} \\ &= 8 \times \left[\frac{30}{14,57} \right]^{0,8} \times 14,57^{0,17} \times \left[\frac{100}{115} \right]^{-0,63} = 24,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

Indeks Keseragaman (n)

$$\begin{aligned} n &= \left[2,2 - 14 \frac{B}{De} \right] \times \left[\left(\frac{1 + S/B}{2} \right)^{0,5} \right] \times \left[1 - \frac{W}{B} \right] \times \left[\frac{PC}{L} \right] \\ &= \left[2,2 - 14 \frac{2}{76,2} \right] \times \left[\left(\frac{1 + 2,5/2}{2} \right)^{0,5} \right] \times \left[1 - \frac{0}{2} \right] \times \left[\frac{4}{6} \right] = 1,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Karakteristik Ukuran (Xc)} &= \frac{X}{(0,693)^{1/n}} \\ Xc &= \frac{24,55}{(0,693)^{1/1,3}} = 32,55 \end{aligned}$$

Material Batuan

Persentase fragmentasi 10 cm (R_X)

$$Rx = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n} \times 100\% = e^{-\left(\frac{10}{32,55}\right)^{1,3}} \times 100\% = 80,60 \%$$

Persentase Fragmentasi 10 cm (Y_X)

$$Y_X = 100 \% - 80,60 \% = 19,40 \%$$

Persentase fragmentasi 20 cm (R_X)

$$Rx = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n} \times 100\% = e^{-\left(\frac{20}{32,55}\right)^{1,3}} \times 100\% = 58,81 \%$$

Persentase Fragmentasi 20 cm (Y_X)

$$Y_X = 100 \% - 58,81 \% = 41,19 \%$$

Persentase fragmentasi 30 cm (R_X)

$$Rx = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n} \times 100\% = e^{-\left(\frac{30}{32,55}\right)^{1,3}} \times 100\% = 40,68 \%$$

Persentase Fragmentasi 30 cm (Y_X)

$$Y_X = 100 \% - 40,68 \% = 59,32 \%$$

Persentase fragmentasi 40 cm (R_X)

$$Rx = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n} \times 100\% = e^{-\left(\frac{40}{32,55}\right)^{1,3}} \times 100\% = 27,06 \%$$

Persentase Fragmentasi 40 cm (Y_X)

$$Y_X = 100 \% - 27,06 \% = 72,94 \%$$

Persentase fragmentasi 50 cm (R_X)

$$Rx = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n} \times 100\% = e^{-\left(\frac{50}{32,55}\right)^{1,3}} \times 100\% = 17,43 \%$$

Persentase Fragmentasi 50 cm (Y_X)

$$Y_X = 100 \% - 17,43 \% = 82,57 \%$$

Persentase fragmentasi 60 cm (R_X)

$$R_X = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \times 100\% = e^{-\left(\frac{60}{32,55}\right)^{1,3}} \times 100\% = 10,92 \%$$

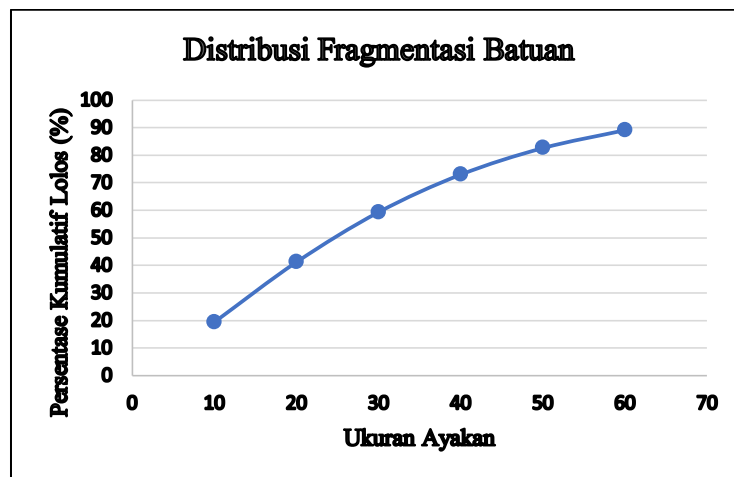
Persentase Fragmentasi 60 cm (Y_X)

$$Y_X = 100 \% - 10,92 \% = 89,08 \%$$

Tabel 3. Perkiraan ukuran batuan berdasarkan perhitungan teoritis aktual

No	Ukuran Ayakan (cm)	Tertahan (%)	Lolos (%)
1	10	80,60	19,40
2	20	58,81	41,19
3	30	40,68	59,32
4	40	27,06	72,94
5	50	17,43	82,57
6	60	10,92	89,08

Berikut ini adalah grafik distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan:

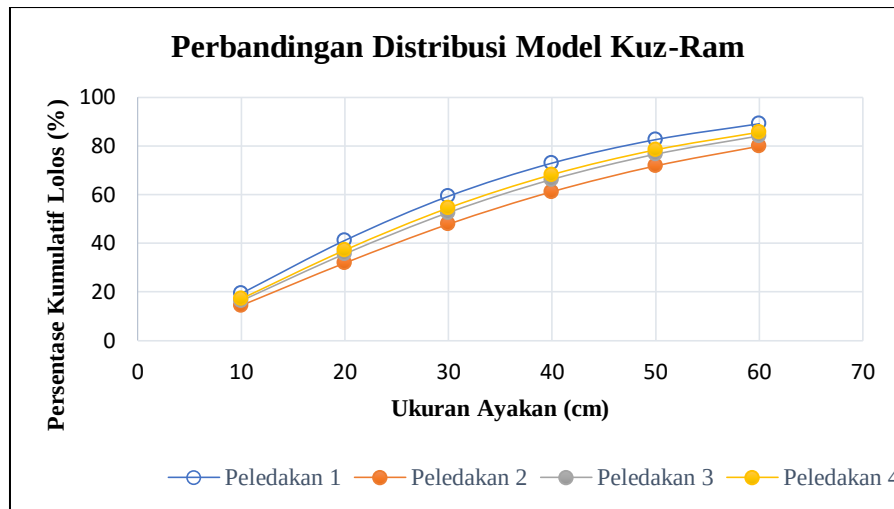


Gambar 2. Grafik distribusi metode kuz-ram peledakan ke-1

Selanjutnya dari hasil peledakan di atas kemudian dilakukan 3 kali pembahasan dengan cara yang sama untuk peledakan 2, 3, 4 dan didapatkan perbandingan selama 4 kali peledakan.

Tabel 4. Perbandingan distribusi fragmentasi metode kuz-ram setiap peledakan

Ukuran Ayakan (cm)	Kegiatan								Rata-rata	
	Peledakan 1		Peledakan 2		Peledakan 3		Peledakan 4		Tertahan (%)	Lolos (%)
	Tertahan (%)	Lolos (%)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Tertahan (%)	Lolos (%)		
10	80,60	19,40	85,55	14,45	83,60	16,40	82,78	17,22	83,13	16,87
20	58,81	41,19	68,09	31,91	64,34	35,66	62,80	37,20	63,51	36,49
30	40,68	59,32	52,15	47,85	47,37	52,63	45,47	54,53	46,42	53,58
40	27,06	72,94	38,81	61,19	33,76	66,24	31,80	68,20	32,86	67,14
50	17,43	82,57	28,22	71,78	23,42	76,58	14,37	78,38	22,67	77,33
60	10,92	89,08	20,12	79,88	15,89	84,11	14,36	85,64	15,32	84,68



Gambar 3. Perbandingan distribusi fragmentasi peledakan 1,2,3 dan 4

Berdasarkan hasil grafik perbandingan distribusi peledakan dengan model *Kuz-Ram* yang disajikan pada **Gambar 3** bahwa secara teoritis geometri yang diterapkan di lapangan saat ini belum mampu untuk menghasilkan ukuran fragmentasi yang sesuai dengan ukuran yang diharapkan yaitu ≤ 50 cm sebesar 85%. Persentase rata-rata peledakan yang dihasilkan dalam 4 kali peledakan ukuran ≤ 50 cm adalah sebesar 77,33% dengan ukuran < 20 cm 36,49%, ukuran 20-50 cm 40,84 %, dan ukuran > 50 cm 22,67%.

Pengolahan Geometri Peledakan Aktual

Dalam usaha memperbaiki *fragmentasi* batuan yaitu untuk mendapatkan *fragmentasi* peledakan yang optimum dan sesuai kebutuhan *crusher*, maka akan dibahas hal-hal yang berhubungan dengan perbandingan *fragmentasi*, yaitu analisis perbandingan geometri peledakan aktual dengan rancangan geometri ideal berdasarkan teori *R.L Ash*, *C.J Konya*, dan *ICI Explosive*.

Perhitungan geometri peledakan aktual

Analisis geometri peledakan aktual dalam empat kali peledakan rata-ratanya dengan *burden* (*B*) 2 m, *spacing* (*S*) 2,4 m, *stemming* (*T*) 2 m, *subdrilling* (*J*) 0 m. Kedalaman lubang ledak (*H*) 6 m, Tinggi jenjang (*L*) 6 m, Panjang kolom isian (*PC*) 4 m, Diameter lubang (*De*) 3 inchi.

Tabel 5. Perhitungan geometri peledakan aktual PT. Gilgal Batu Alam Lestari

B (meter)	S (meter)	T (meter)	J (meter)	H (meter)	L (meter)	PC (meter)	De (inchi)
2	2,4	2	0	6	6	4	3

Geometri peledakan aktual ini disesuaikan dengan kondisi batuan yang ada di *Quary* PIT-1 dan PIT-2 pada PT. GILBAL dengan *density* batuan *granodiorit* 2,6 ton/m³. Geometri ini sudah diterapkan oleh pihak perusahaan selama dua tahun dan bisa berubah sewaktu-waktu mengikuti kondisi batuan yang ada di lokasi *Quary* PIT-1 dan PIT-2.

Rancangan geometri usulan Menurut Teori *R.L Ash*

Burden (*B*)

$$KB = KB_{std} \times AF1 \times AF2$$

$$D_{std} = 2,6 \text{ ton/m}^3$$

$$D = 2,5 \text{ ton/m}^3$$

$$AF1 = \left[\frac{2,60 \text{ ton} / \text{m}^3}{2,50 \text{ ton} / \text{m}^3} \right]^{1/3}$$

$$AF1 = 1,01$$

$$AF2 = \left[\frac{SGe \times Ve^2}{SG_{std} \times Ve_{std}^2} \right]^{1/3}$$

Keterangan:

$$SGe = 0,85 \text{ gr/cm}$$

$$Ve = 3.400 \text{ m/sec}$$

$$SG_{std} = 1,20 \text{ gr/cm}$$

$$V_{std} = 3.660 \text{ m/sec}$$

$$AF2 = \left[\frac{0,85 \text{ gr} / \text{cm} \times 3.400 \text{ m} / \text{sec}^2}{1,20 \text{ gr} / \text{cm} \times 3.660 \text{ m} / \text{sec}^2} \right]^{1/3}$$

$$AF2 = 0,854$$

$$KB = 30 \times 1,01 \times 0,854$$

$$KB = 25,62$$

$$B = \frac{KB \times De}{39,30}$$

KB = 25,62 Nisbah Burden yang dikoreksi

De = 3 inchi

$$B = \frac{25,62 \times 3 \text{ inchi}}{39,30} = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{Spasing (S)} = 1,20 \times 1,95 \text{ m} = 2,34 \text{ m}$$

$$\text{Stemming (T)} = 0,7 \times 1,95 \text{ m} = 1,36 \text{ m}$$

$$\text{Subdrilling (J)} = 0,30 \times 1,95 \text{ m} = 0,58 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman Lubang Ledak (H)} = 3 \times 1,95 \text{ m} = 5,85 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Jenjang (L)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Powder Column (PC)} = H - T = 5,85 - 1,36 = 4,49 \text{ m}$$

$$\text{Volume Perlubang} = B \times S \times H = 1,95 \text{ m} \times 2,34 \text{ m} \times 5,85 \text{ m} = 26,69 \text{ m}^3$$

Loading Density (de)

$$de = \frac{1}{4} \times 3,14 (D)^2 \times SG \times 1000$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 (0,076)^2 \times 0,8 \times 1000 = 3,64 \text{ Kg/m}$$

Pemakaian Handak Perlubang (Q)

$$Q = de \times PC = 3,64 \text{ Kg/m} \times 4,49 \text{ m} = 16,34 \text{ Kg}$$

$$\text{Powder Factor (PF)} = \frac{\text{Berat bahan peledak}}{\text{Volume batuan yang diledakkan}}$$

$$\text{Powder Factor (PF)} = \frac{16,34 \text{ kg}}{26,69 \text{ m}^3} = 0,61 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fragmentasi rata - rata (X)} = Ao \times \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63}$$

$$\begin{aligned} \text{Fragmentasi rata - rata (X)} &= 8 \times \left[\frac{26,69}{16,34} \right]^{0,8} \times 16,34^{0,17} \times \left[\frac{100}{115} \right]^{-0,63} \\ &= 20,80 \text{ cm} \end{aligned}$$

Indeks Keseragaman (n)

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{De} \right] x \left[\left(\frac{1 + S/B}{2} \right)^{0,5} \right] x \left[1 - \frac{W}{B} \right] x \left[\frac{PC}{L} \right]$$

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{1,95}{76,2} \right] x \left[\left(\frac{1 + 2,34/1,95}{2} \right)^{0,5} \right] x \left[1 - \frac{0}{1,95} \right] x \left[\frac{4,49}{6} \right] = 1,45$$

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

$$Xc = \frac{20,80}{(0,693)^{1/1,45}} = 26,79$$

Persentase fragmentasi 50 cm (R_x)

$$R_x = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n} x 100\% = e^{-\left(\frac{50}{26,79}\right)^{1,45}} x 100\% = 8,45 \%$$

Persentase Fragmentasi 50 cm (Y_x)

$$Y_x = 100 \% - 8,45 \% = 91,55 \%$$

Rancangan geometri usulan Menurut Teori C.J Konya Burden (B)

$$B = 3,15 x 3 x \left(\frac{0,85}{25} \right)^{0,3} = 6,61 x 0,3048 = 2 \text{ m}$$

Keterangan:

B= Burden

De= 3 inci

S_{Ge}= 0,85 gr/cm

S_{Gr}= 25 ton/m³

Spasing (S)

$$S = \left(\frac{5 + 7(2)}{8} \right) = 2,375 \text{ m}$$

$$\text{Stemming (T)} = 0,70 x 2 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{Subdrilling (J)} = 0,30 x 2 \text{ m} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman Lubang Ledak (H)} = \frac{(5 + 0,6)}{\sin 80} = 5,69$$

$$\text{Tinggi Jenjang (L)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Charger Length (PC)} = 5,69 - 1,4 = 4,29 \text{ m}$$

$$\text{Loading Density (de)} = 0,508 x De^2 x SG = 0,508 x 9 x 0,85 = 3,88 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume Perlubang} = B x S x H = 2 \text{ m} x 2,375 \text{ m} x 5,69 \text{ m} = 27,03 \text{ m}^3$$

Loading Density (de)

$$de = \frac{1}{4} x 3,14 (D)^2 x SG x 1000$$

$$= \frac{1}{4} x 3,14 (0,076)^2 x 0,8 x 1000 = 3,64 \text{ Kg/m}$$

Pemakaian Handak Perlubang (Q)

$$Q = de x PC = 3,64 \text{ Kg/m} x 4,29 \text{ m} = 15,62 \text{ Kg}$$

$$\text{Powder Factor (PF)} = \frac{\text{Berat bahan peledak}}{\text{Volume batuan yang diledakkan}} = \frac{15,62 \text{ kg}}{27,03 \text{ m}^3} = 0,58 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fragmentasi rata – rata (X)} = A_o x \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} x Q^{0,17} x \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63}$$

$$\text{Fragmentasi rata – rata (X)} = 8 x \left[\frac{27,03}{15,62} \right]^{0,8} x 15,62^{0,17} x \left[\frac{100}{115} \right]^{-0,63} = 21,62 \text{ cm}$$

Indeks Keseragaman (n)

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{De} \right] x \left[\left(\frac{1 + S/B}{2} \right)^{0,5} \right] x \left[1 - \frac{W}{B} \right] x \left[\frac{PC}{L} \right]$$

$$= \left[2,2 - 14 \frac{2}{76,2} \right] x \left[\left(\frac{1+2,375/2}{2} \right)^{0,5} \right] x \left[1 - \frac{0}{2} \right] x \left[\frac{4,29}{6} \right] = 1,37$$

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

$$Xc = \frac{21,62}{(0,693)^{1/1,37}} = 28,36$$

Persentase fragmentasi 50 cm (R_X)

$$Rx = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n} x 100\% = e^{-\left(\frac{50}{28,36}\right)^{1,37}} x 100\% = 11,37 \%$$

Persentase Fragmentasi 50 cm (Y_X)

$$Y_X = 100 \% - 11,37 \% = 88,63 \%$$

Rancangan geometri usulan berdasarkan rumus ICI-Explosive.

Tinggi Jenjang (L) = 6 m

$$Burden (B) = (25 - 40) x D = 25 x 76 \text{ mm} = 1.900 \text{ mm} = 1,9 \text{ m}$$

$$S = (1 - 1,5) x B = 1 x 1,9 = 1,9 \text{ m}$$

$$Stemming (T) = (20-30) x D = 20 x 76 \text{ mm} = 1.520 \text{ mm} = 1,52 \text{ m}$$

$$Subdrilling (J) = (8-12) x D = 8 x 76 \text{ mm} = 608 \text{ mm} = 0,608 \text{ m}$$

$$Kedalaman Lubang Ledak (H) = (60-140) x D = 80 x 76 \text{ mm} = 6.080 \text{ mm} = 6,08 \text{ m}$$

$$Powder Colom (PC) = H-T-J = 6,08-1,52-0,608 = 3,952 \text{ m}$$

$$\text{Volume Perlubang} = B x S x H = 1,9 \text{ m} x 1,9 \text{ m} x 6,08 \text{ m} = 21,95 \text{ m}^3$$

Loading Density (de)

$$de = \frac{1}{4} x 3,14 (D)^2 x SG x 1000$$

$$de = \frac{1}{4} x 3,14 (0,076)^2 x 0,8 x 1000$$

$$de = 3,64 \text{ Kg/m}$$

Pemakaian Handak Perlubang (Q)

$$Q = de x PC = 3,64 \text{ Kg/m} x 3,95 \text{ m}$$

$$Q = 14,38 \text{ Kg}$$

$$\text{Powder Factor (PF)} = \frac{\text{Berat bahan peledak}}{\text{Volume batuan yang diledakkan}}$$

$$\text{Powder Factor (PF)} = \frac{14,38 \text{ kg}}{21,95 \text{ m}^3} = 0,66 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fragmentasi rata – rata (X)} = Ao x \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} x Q^{0,17} x \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63}$$

$$= 8 x \left[\frac{21,95}{14,38} \right]^{0,8} x 14,38^{0,17} x \left[\frac{100}{115} \right]^{-0,63} = 19,28 \text{ cm}$$

Indeks Keseragaman (n)

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{De} \right] x \left[\left(\frac{1 + S/B}{2} \right)^{0,5} \right] x \left[1 - \frac{W}{B} \right] x \left[\frac{PC}{L} \right]$$

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{1,9}{76,2} \right] x \left[\left(\frac{1+1,9/1,9}{2} \right)^{0,5} \right] x \left[1 - \frac{0}{1,9} \right] x \left[\frac{3,95}{6} \right] = 1,22$$

$$\begin{aligned} \text{Karakteristik Ukuran } (X_c) &= \frac{X}{(0,693)^{1/n}} \\ &= \frac{19,28}{(0,693)^{1/1,22}} = 26,04 \end{aligned}$$

Persentase fragmentasi 50 cm (R_x)

$$R_x = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \times 100\% = e^{-\left(\frac{50}{26,04}\right)^{1,22}} \times 100\% = 10,90 \%$$

Persentase Fragmentasi 50 cm (Y_x)

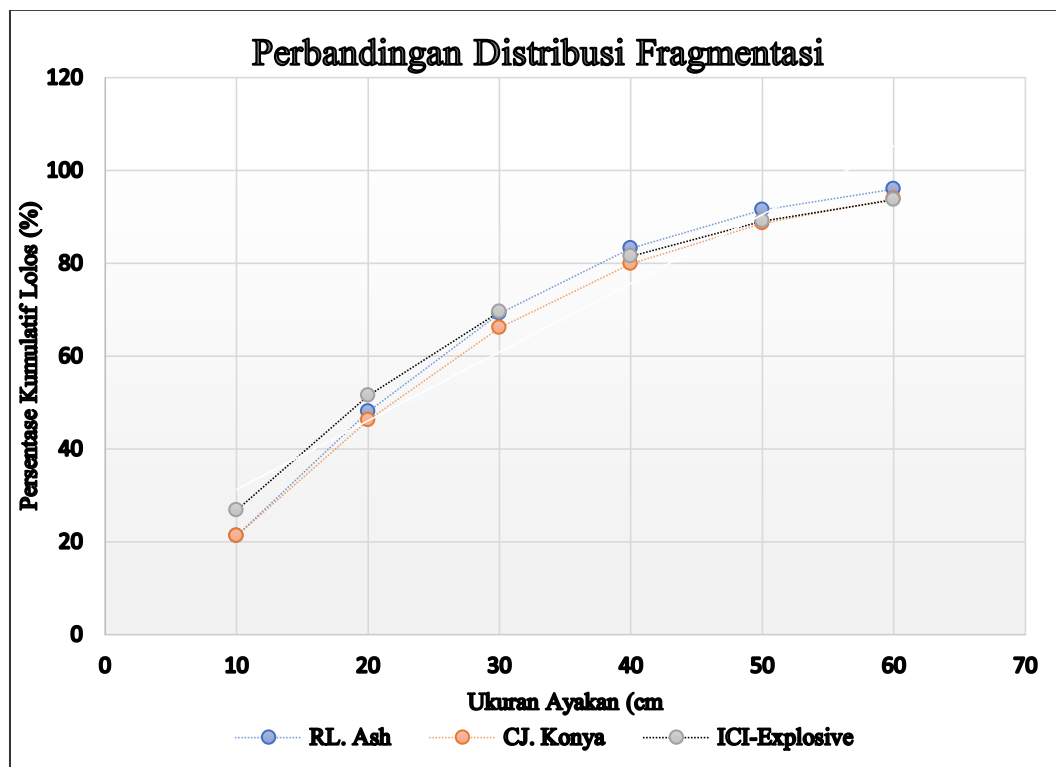
$$Y_x = 100 \% - 10,90 \% = 89,10 \%$$

Tabel 6. Rancangan geometri usulan

Metode	B (m)	S (m)	T (m)	J (m)	H (m)	L (m)	PC (m)	De (inchi)
<i>R.L Ash</i>	1,95	2,34	1,36	0,585	5,85	6	4,49	3
<i>C.J Konya</i>	2	2,375	1,4	0,6	5,69	6	4,29	3
<i>ICI_Explosive</i>	1,9	1,9	1,52	0,608	6,08	6	3,952	3

Tabel 7. Perbandingan distribusi fragmentasi metode usulan

Ukuran Ayakan (cm)	Metode						Rata-rata	
	<i>RL. Ash</i>		<i>CJ. Konya</i>		<i>ICI-Explosive</i>		Tertahan (%)	Lolos (%)
	Tertahan (%)	Lolos (%)	Tertahan (%)	Lolos (%)	Tertahan (%)	Lolos (%)		
10	78,70	21,30	78,68	21,32	73,26	26,74	76,88	23,12
20	51,97	48,03	53,81	46,19	48,45	51,55	51,41	48,59
30	30,78	69,22	33,96	66,04	30,47	69,53	31,74	68,26
40	16,73	83,27	20,15	79,85	18,48	81,52	18,47	81,55
50	8,45	91,55	11,37	88,63	10,90	89,10	10,24	89,76
60	4,00	96,00	6,13	93,87	6,27	93,73	5,47	94,53



Gambar 4. Perbandingan distribusi fragmentasi geometri usulan

Tabel 8. Perbandingan geometri peledakan aktual dan usulan

Aktual		Usulan					
Volume (m3)	Fragmentasi (cm)	<i>RL. Ash</i>		<i>CJ. Konya</i>		<i>ICI-Explosive</i>	
		Volume (m3)	Fragment asi (cm)	Volume (m3)	Fragmen tasi (cm)	Volume (m3)	Fragmentasi (cm)
30	82,57	26,69	91,55	27,03	88,63	21,95	89,10

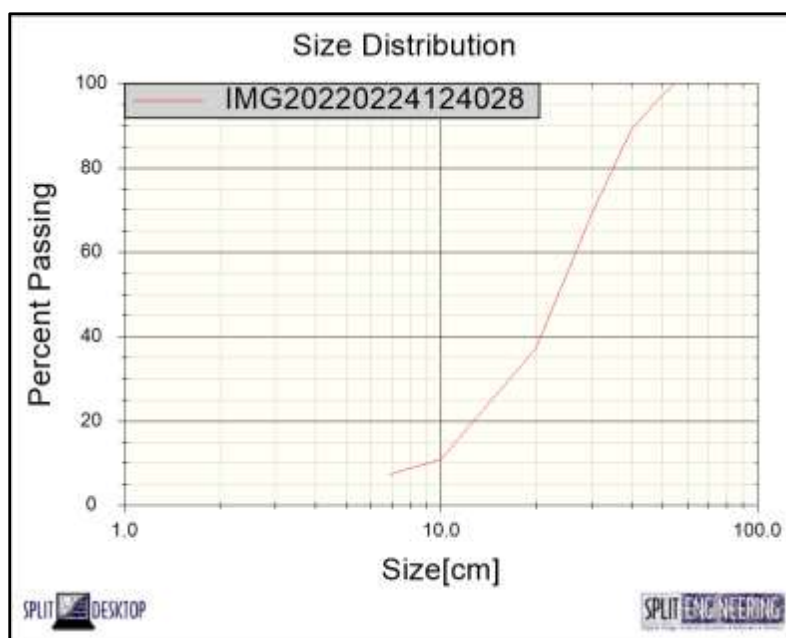
Berdasarkan **Tabel 7** di atas secara teknis geometri peledakan usulan menggunakan Teori *CJ. Konya* lebih memungkinkan untuk diterapkan karena mendapatkan volume peledakan perlubang yang lebih besar dan fragmentasi yang sesuai dengan kapasitas *bucket* dan rancangan perusahaan daripada geometri usulan metode *RL. Ash* dan *ICI-Explosive*. Disisi lain secara ekonomis berdasarkan kajian perusahaan dibutuhkan biaya perkubik sebesar Rp. 52.500,-. Biaya yang dibutuhkan metode *RL. Ash* untuk rata-rata 100 lubang ledak sebesar Rp. 140.122.500,- metode *CJ. Konya* sebesar Rp. 141.907.500,- dan metode *ICI-Explosive* sebesar Rp. 115.237.500,-

Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Menggunakan *Split Dekstop 4.0*

Dalam pengambilan foto setiap fragmentasi hasil peledakan menggunakan peralatan seperti *helm safety* sebagai ukuran pembanding dan kamera. Sebelum menganalisis foto *fragmentasi* hasil peledakan menggunakan *Software Split Dekstop*, maka harus diketahui terlebih dahulu berapa diameter bola yang digunakan sebagai pembanding. Dalam penelitian ini menggunakan *helm safety* dengan diameter 22 cm sebagai pembanding hasil *fragmentasi*. Berikut adalah salah satu perhitungan distribusi fragmentasi hasil peledakan menggunakan *Software Split Dekstop* untuk peledakan pada tanggal 6 Nopember 2021:



Gambar 5. Hasil delienasi



Gambar 6. Hasil delienasi

SIMPULAN

Secara teknis dan ekonomis rekomendasi rancangan usulan menggunakan Teori *ICI-Explosive* dan *Kuz-ram* didapatkan ukuran *fragmentasi* 50 cm yang lolos pada ayakan sebesar 89,10 % dan biaya peledakan Rp. 115.237.500,- lebih memungkinkan untuk diterapkan karena membutuhkan biaya peledakan yang minimal dan fragmentasi yang sesuai dengan kapasitas *bucket* dan rancangan perusahaan daripada geometri usulan metode *RL. Ash* dan *CJ. Konya*.

Distribusi *fragmentasi* menggunakan *Split Dekstop* didapatkan ukuran *frgamentasi* 50 cm yang lolos pada ayakan sebesar 97,11 %.

Perlu dilakukan kajian lanjutan secara mendalam terkait geometri peledakan yang ideal dari segi teknis dan ekonomis serta pengawasan yang ketat terkait rancangan geometri peledakan yang telah dirancang dalam pelaksanaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2020). Dokumen RKAB PT. Gilgal Batu Alam Lestari, Desa Bukit Batu, Sungai Duri II Kecamatan Sungai Kunyit, Kabupaten Mempawah Propinsi Kalimantan Barat.
- Ash, R. L. (1990). *Design of Blasting Round, Surface Mining*. BA Kennedy, Editor, Society for Mining, Metalury and Exploration.
- Awang Suwandhi. (2012). *Mengenal Tentang Pemberaian Batuan*, Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara Bandung, Bandung.
- Defriansyah, A., & Yulhendra, D. (2019). Evaluasi Teknis Geometri Peledakan untuk Mendapatkan Fragmentasi dan Identifikasi Tingkat Keceragaman Batuan Hasil Peledakan yang Ideal di PT. Allied Indo Coal Jaya, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. *Bina Tambang*, 4(1), 100-113.
- Faisal, M. A., & Yulhendra, D. (2021). Analisis Orientasi Kekar terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan di PT. Semen Padang. *Bina Tambang*, 6(1), 1-13.
- Frianto, R., Nurhakim, N., & Riswan, R. (2017). Kajian Teknis Geometri Peledakan Pada Keberhasilan Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Hasil

Peledakan. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 11(1), 56-67.

<https://split-desktop.software.informer.com/4.0/>, diakses tanggal 6 Nopember 2022.

Idowu, K. A., Olaleye, B. M., & Saliu, M. A. (2021). Application of Split Desktop Image Analysis and Kuz-Ram Empirical Model for Evaluation of Blast Fragmentation Efficiency in a Typical Granite Quarry. *Ghana Mining Journal*, 21(1), 45-52.

Jethro, M. A., Ogbodo, D., & Ajayi, P. (2016). Rock Fragmentation Prediction Using Kuz-Ram Model. *J. Environ. Earth Sci*, 6(5), 110-115.

Koesnaryo, S. (2001). Teknik Peledakan Buku I dan II.

Konya, C. J., & Walter, E. J. (1990). *Surface blast design*. Prentice Hall.

Lestari, S. (2013). Identifikasi Jenis-Jenis Batuan Di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat (Penelitian pada Ekspedisi Negara Kesatuan Republik Indonesia Koridor Sulawesi).

Libriyon, D. P., & Kopa, R. (2020). 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. *Bina Tambang*, 5(1), 200-211.

Priyono, M. (2016). Metode penelitian kuantitatif. *Sidoarjo: Zifatma Publishing*

Rinaldo, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusantara, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 3(3), 1163-1173.

Ramadan, S., & Kopa, R. (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 Pratista Job Site PT. KPUC, Malinau, Kalimantan Utara. *Bina Tambang*, 3(4), 1523-1535.

Ridho, M., & Gusman, M. (2019). Kajian Teknis Pengaruh Fragmentasi Hasil Peledakan di PT. Semen Padang. *Bina Tambang*, 4(1), 424-434.

Rizani, A., Hadi, S., & Asy'ari, M. A. (2018). Modifikasi Geometri Peledakan Pada Sisi Free Face Di Area Low Wall Tambang Batubara. *Poros Teknik*, 10(2), 60-66.