



Kajian Teknis Geometri Peledakan di Pit Cendana PT Kalimantan Prima Persada Jobsite Rantau

Ryan Dwi Prasongko*¹, Diana Irmawati Pradani ²

¹ Politeknik Negeri Malang, Malang

² *e-mail: ryandwiprasongko25@gmail.com

Info Artikel

Diserahkan:
16 Maret 2023
Direvisi:
10 April 2023
Diterima:
25 Agustus 2023
Diterbitkan:
31 Agustus 2023

Abstrak

PT Kalimantan Prima Persada *Jobsite* Rantau menggunakan metode peledakan untuk mengupas batuan penutup batubara. Peledakan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memberaikan batuan penutup sehingga didapatkan ukuran fragmentasi yang diinginkan. Masalah yang seringkali terjadi adalah ukuran fragmentasi yang tidak diperoleh baik yang disebabkan geometri peledakan yang digunakan kurang baik sehingga akan berdampak pada biaya penambangan yang membengkak. Maka dari itu akan dilakukan kajian teknis mengenai geometri peledakan hingga didapatkan ukuran fragmentasi yang diinginkan. Hasil analisis didapatkan geometri R.L Ash adalah 5,5 x 9 x 9 meter dan prediksi fragmentasi yang dihasilkan adalah ukuran rata-rata fragmentasi sebesar 42,14 cm dan persentase *boulder* sebesar 14% sedangkan geometri yang digunakan dilapangan adalah 8 x 9 x 9 dan rata-rata fragmentasi aktual yang didapatkan D90 (90% dari ukuran) 51.05 cm.

Kata kunci: Geometri R.L Ash, Fragmentasi Kuz-Ram, Wip-Frag.

Abstract

PT Kalimantan Prima Persada *Jobsite* Rantau utilizes the blasting method for coal overburden removal, with the main objective of achieving the desired size of fragmentation. However, there has been an ongoing issue concerning the proper attainment of the desired fragmentation size, leading to escalated mining costs. To address this concern, a technical study was conducted on the blasting geometry to optimize the desired fragmentation size. The study's analysis revealed that the R.L Ash geometry, measuring 5.5 x 9 x 9 meters, resulted in a predicted average fragmentation size of 42.14 cm and a boulder percentage of 14%. However, the current field geometry employed is 8 x 9 x 9 meters, and the actual average fragmentation obtained is D90 (90% of the size) 51.05 cm. In light of these findings, it is evident that the implemented blasting geometry deviates from the intended R.L Ash geometry, leading to a variation in the achieved fragmentation size. This discrepancy in the actual fragmentation size and the desired size necessitates further evaluation and optimization to reduce swelling mining costs effectively. To enhance blasting efficiency and cost-effectiveness, PT Kalimantan Prima Persada *Jobsite* Rantau should consider implementing the R.L Ash geometry to obtain the desired fragmentation size more accurately. Additionally, continuous monitoring and adjustments to the blasting technique can help achieve better fragmentation results, leading to improved mining operations and reduced costs in the long run.

Keywords: Geometry R.L Ash, Kuz-Ram Fragmentation, Wip-Frag.

1. Pendahuluan

PT Kalimantan Prima Persada *Jobsite* Rantau menggunakan sistem penambangan terbuka dalam kegiatan penambangan terbuka. Salah satu kegiatan penambangan PT Kalimantan Prima Persada *Jobsite* Rantau yaitu pengupasasan lapisan penutup batubara menggunakan metode peledakan.

Metode peledakan digunakan karena hingga saat ini dianggap paling efektif dan efisien dalam segi banyaknya produksi material peledakan, dan *cost* penambangan. Kegiatan peledakan ini bertujuan agar material penutup batubara memiliki fragmentasi hasil peledakan yang sesuai dengan yang ditetapkan oleh perusahaan sehingga akan mempermudah alat gali dalam mengupas lapisan penutup batubara. Oleh karena itu penting bagi para praktisi khususnya peledakan dapat memperkirakan fragmentasi hasil peledakan menggunakan teori dan fragmentasi aktual menggunakan citra foto.

Masalah yang timbul adalah ukuran fragmentasi yang tidak diperoleh kurang baik dalam kegiatan peledakan tersebut sehingga akan berdampak pada produktivitas alat gali yang digunakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan geometri rencana dari teori R.L Ash dan geometri aktual dilapangan, memprediksi fragmentasi menggunakan metode Kuz-Ram dan fragmentasi aktual menggunakan *software* Wifi-Frag.

2. Metodologi

Penelitian ini bertujuan membandingkan geometri dari metode R.L Ash dengan yang diterapkan dilapangan serta memprediksikan fragmentasi hasil peledakan menggunakan teori Kuz-Ram dan analisis fragmentasi aktual menggunakan citra foto.

2.1. Teknik Pengambilan data

2.1.1. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dengan mengumpulkan informasi-informasi yang ada berupa referensi, jurnal, penelitian-penelitian sebelumnya.

2.1.2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap lokasi penelitian dan kegiatan yang relevan terhadap penelitian yang dilakukan.

2.1.3. Pengambilan Data Lapangan

Data yang diambil dikelompokkan menjadi dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

2.1.3.1. Data Primer

Data primer yang diambil pada penelitian ini meliputi data geometri peledakan aktual, jumlah bahan peledak yang digunakan, data fragmentasi aktual dilapangan

2.1.3.2. Data Sekunder

Data skunder yang diambil pada penelitian ini meliputi kondisi geologi lokasi penelitian, spesifikasi bahan peledak yang dipakai, peta *layout* penambangan, rencana kerja *drilling and blasting*, peralatan dan perlengkapan yang digunakan, dan pola peledakan yang digunakan.

2.2. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini meliputi perhitungan geometri peledakan :

- Geometri
- Loading density*
- Powder factor*
- Volume peledakan.

Analisis prediksi fragmentasi hasil peledakan:

- Ukuran rata-rata fragmentasi (X_m)
- Indeks Keseragaman (n)
- Karakteristik batuan (X_c)
- Persentase *boulde* yang dihasilkan (%).

Analisis fragmentasi aktual:

- 90% ukuran fragmentasi hasil peledakan (D_{90}).
- Indeks Keseragaman (n)
- Karakteristik batuan (X_c)
- Fragmentasi terbesar dari hasil peledakan Karakteristik batuan (X_{ma})

Data-data yang sudah dikumpulkan kemudian di olah, adapun dalam penelitian ini pengolahan data sebagai berikut:

1. Perhitungan geometri peledakan menggunakan metode R.L Ash dan membandingkannya dengan yang diterapkan dilapangan.
2. Analisis prediksi fragmentasi hasil peledakan menggunakan metode Kuz-Ram.
3. Analisis fragmentasi aktual menggunakan *software Wip-Frag*.

2.3. Geometri Peledakan R.L Ash

Metode ini dipilih dengan mempertimbangkan batuan yang akan diledakkan serta jenis bahan peledak yang dipakai. Metode R.L Ash ini sangat dipengaruhi oleh *burden ratio* yang nantinya akan sangat berpengaruh dalam penentuan *burden*, *spasi*, *stemming*, *subdrilling*, dan panjang kolom isian. Adapun rumus dari metode ini adalah :

1) Burden

Burden merupakan jarak dari peledakan pertama ke *freeface*. Adapun *burden* dapat ditentukan menggunakan persamaan 4. Kb standar R.L Ash dapat dilihat pada tabel 1.

$$K_b = K_{b\text{standar}} \times AF1 \times AF2 \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 1. Kb standar R.L Ash

Type of Explosive	Rock Group		
	Soft (<2t/m ³)	Medium (2-2,52t/m ³)	Hard (>2,5t/m ³)
Low Density (0,8-0,9 gr/cc)	30	25	20
Medium density (1-1,2 gr/cc)	35	30	25
High density 1,3-1,6 gr/cc)	40	35	39

$$AF1 = \left[\frac{SG_{\text{handak}} \times (VoD_{\text{handak}})^2}{SG_{\text{standar}} \times (VoD_{\text{handak}})^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (2)$$

$$AF2 = \left[\frac{SG_{\text{batuan}}}{SG_{\text{batuan standar}}} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (3)$$

$$B = \frac{K_b \times de}{12} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- AF1 = *Adjustment factor 1*
- AF2 = *Adjustment factor 2*
- Kb = *Burden ratio*
- B = *Burden (meter)*
- de = *Diameter lubang ledak (inchi)*
- Kbstd = *Burden ratio standar 25*
- SG = *Specific gravity (gr/cc)*
- VoD = *Kecepatan detonasi bahan peledak (fps)*

2) Spacing

Spacing merupakan jarak tegak lurus terhadap *burden*. Adapun *spacing* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$S = B \times K_s \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- S = *Spacing (meter)*
- B = *Burden (meter)*
- Ks = *Spacing ratio*

3) Stemming

Stemming merupakan material penutup di dalam lubang bor diatas dan berfungsi untuk mengurung gas ledakkan.

Stemming dapat ditentukan sebagai berikut :

$$T = K_t \times B \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

T = *Stemming* (meter)

K_t = *Stemming ratio*

B = *Burden* (meter)

4) Subdrilling

Subdrilling merupakan tambahan kedalam pada lubang bor dibawah yang berfungsi untuk menghindari masalah tonjolan di lantai jenjang.

Panjang dari *subdrilling* dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$J = K_j \times B \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

K_j = *Subdrilling ratio*

J = *Subdrilling* (meter)

B = *Burden* (meter)

5) Powder Column

Powder column merupakan panjang dari lubang bor yang diisi oleh bahan peledak.

Panjang dari *powder column* dapat ditentukan menggunakan persamaan :

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

Dimana :

PC = Panjang *powder Column* (meter)

L = Kedalaman lubang ledak (meter)

T = *Stemming* (meter)

6) Loading Density

Loading density merupakan kebutuhan berat jumlah bahan peledak per meter. Adapun *loading density* dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$de = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (De^2) \times SG \times 1000 \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

de = *Loading density* (Kg/m)

De = Diameter lubang ledak (mm)

SG = *Specific gravity* (gr/cc)

7) Powder Factor

Powder factor merupakan kebutuhan jumlah bahan peledak untuk memberaikan satu BCM material.

Powder factor dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$PF = \frac{E}{V} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

PF = *Powder factor* (m³/Kg)

E = Berat bahan peledak perlubang (Kg)
V = Volume batuan perlubang (m3)

2.4. Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Perhitungan prediksi fragmentasi dapat dilakukan dengan metode Kuz-Ram. Metode ini memerlukan data geometri peledakan, karakteristik batuan, dan bahan peledak yang dipakai. Adapun langkah-langkah dalam menentukan hasil perhitungan Kuz-Ram adalah sebagai berikut:

a) Nilai faktor batuan

Pembobotan nilai faktor batuan yang ada dilokasi penelitian dapat menggunakan beberapa parameter seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter Faktor Batuan

Parameter	Nilai
Rock mass Description (RMD)	
<i>Powder/Friable</i>	10
<i>Blocky</i>	20
<i>Totally massive</i>	50
Joint Mass Description (JPS)	
<i>Close (Spacing < 0,1 m)</i>	10
<i>Intermediate (Spacing < 0,1 - 1 m)</i>	20
<i>Wide (Spacing > 1 m)</i>	30
Joint Plane Orientation (JPO)	
<i>Horizontal</i>	10
<i>Dip out of face</i>	20
<i>Strike normal to face</i>	30
<i>Dip into face</i>	40
<i>Specific Gravity Influence (SGI)</i>	SGI-25 x SG - 50
<i>Hardness (H)</i>	1 - 10
<i>Blastability Index (BI)</i>	0,5 x (RMD + JPS + JPO + SGI + H)
<i>Rock Factor (A)</i>	0,12 x BI

b) Fragmentasi rata-rata (Xm)

Perhitungan prediksi fragmentasi rata-rata (Xm) menggunakan metode Kuz-Ram dapat dicari dengan persamaan :

$$X_m = A \left(\frac{V_0}{Q} \right)^{0,8} \times Q^{0,1667} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

Xm = Rata-rata fragmentasi (cm)
A = Faktor Batuan
Vo = Volume batuan (m³)
Q = Massa bahan peledak (Kg)
E = RWS bahan peledak ANFO = 100

c) Indeks Keseragaman (n)

Indeks keseragaman (n) dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$n = (2,2 - 14 \frac{B}{d}) \times \left[\left(\frac{1 + \frac{S}{b}}{2} \right)^{0,5} \right] \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left(\frac{PC}{L} \right) \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

n = Indeks Keseragaman
B = *Burden* (meter)
S = *Spacing* (meter)

d = Diamater lubang ledak (mm)
W = Standar deviasi
PC = *Powder Column*
L = Tinggi jenjang

d) Ukuran Fragmentasi (X_c)

Ukuran fragmentasi (X_c) dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$X_c = \frac{X_m}{0,693^{1/n}} \dots\dots\dots(13)$$

Kemudian penentuan persentase *boulder* yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan :

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

Dimana :

X_c = Ukuran Fragmentasi (cm)
 X_m = Rata-rata fragmentasi (cm)
N = Indeks Keseragaman
R = Persentase *Boulder* (%)
X = Ukuran ayakan (cm)
e = Konstanta Eksponensial (2,78)

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Geometri Peledakan R.L Ash

Rancangan geometri peledakan menggunakan teori R.L Ash yang mempertimbangkan dari densitas batuan yang diledakkan dan densitas bahan peledak yang digunakan. Adapun perhitungan geometri peledakan metode R.L Ash dan geometri peledakan rata-rata aktual dilapangan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Geometri Rancangan dan Aktual

Parameter	Geometri Peledakan	
	R.L Ash	Aktual
Diamater Lubang (mm)	200	200
Burden (m)	5,5	8
Spacing (m)	9	9
Stemming (m)	5	4,73
Subdrilling (m)	1	-
Kedalaman Lubang	9	9
Ledak (m)		
Powder Column (m)	4	4,18
Gas Bag (m)	1	1
Loading Density (Kg/m)	26,7	25
Total ANFO Perlubang (Kg)	80,1	85
Volume (M^3)	396	648
Powder Faktor (PF)	0,20	0,13

Berdasarkan tabel 3 geometri peledakan yang diterapkan dilapangan mempunyai volume peledakan yang lebih besar dan *powder factor* yang lebih kecil dibandingkan dengan geometri peledakan R.L Ash.

3.2. Analisis Prediksi Fragmentasi Peledakan

Prediksi fragmentasi hasil peledakan menggunakan metode Kuz-Ram berdasarkan data-data geometri peledakan, jumlah bahan peledak, volume peledakan, diameter lubang ledak, dan faktor batuan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka nilai dari faktor batuan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Nilai Faktor Batuan

Parameter	Nilai
Rock mass Description (RMD)	
<i>Powder/Friable</i>	10
<i>Blocky</i>	20
<i>Totally massive</i>	50
Joint Mass Description (JPS)	
<i>Close (Spacing < 0,1 m)</i>	10
<i>Intermediate (Spacing < 0,1 - 1 m)</i>	20
<i>Wide (Spacing > 1 m)</i>	30
Joint Plane Orientation (JPO)	
<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>	7,5
<i>Hardness (H)</i>	4,3
<i>Blastability Index (BI)</i>	50,9
<i>Rock Factor (A)</i>	6,11

Berdasarkan analisis prediksi fragmentasi metode Kuz-Ram didapatkan nilai dari keseluruhan parameter dan dapat dilihat pada tabel 5.

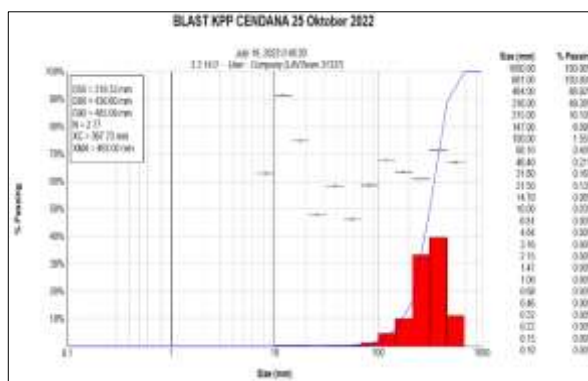
Tabel 5. Prediksi Nilai Fragmentasi

No	Parameter	Nilai
1	Ukuran Rata-Rata Fragmentasi (Xr)	42,14
2	Indeks Keseragaman (n)	1,4
3	Karakteristik Batuan (Xc)	85,5
4	Persentase <i>Boulder</i> >90 cm	14%

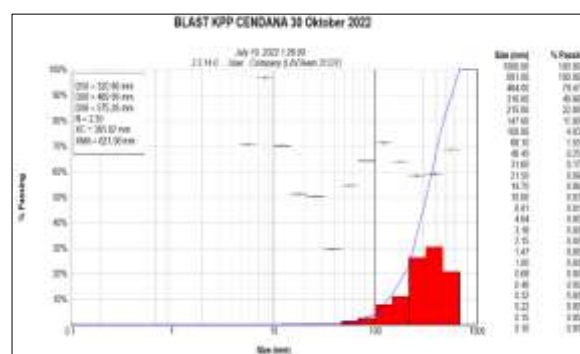
Berdasarkan tabel 5, perhitungan prediksi fragmentasi hasil peledakan menunjukkan hasil yang baik dengan ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan adalah 42,14 cm, indeks keseragaman 1,4 dan persentase *boulder* >90 cm sebesar 14%. Tentunya dengan fragmentasi hasil peledakan yang baik serta *boulder* hasil peledakan yang kecil akan membuat produktivitas dari alat gali juga baik.

3.3. Analisis Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual

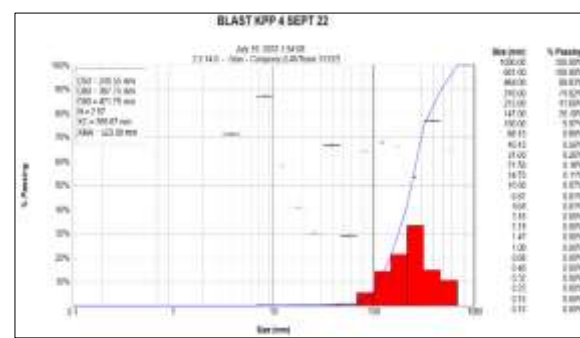
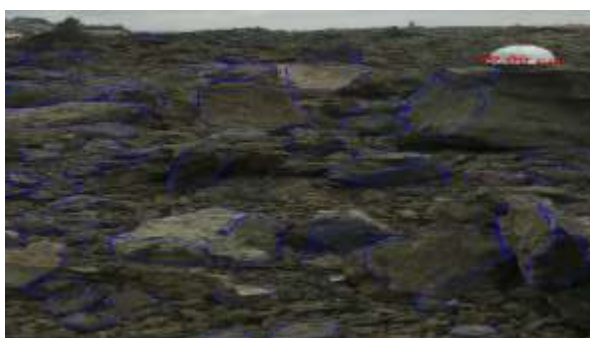
Data fragmentasi hasil peledakan aktual dapat dilihat pada gambar 1 diambil menggunakan kamera *handphone* pada tanggal 25 Oktober, 30 Oktober, dan 4 November 2021. Hasil analisis fragmentasi aktual menggunakan *software Wip-Frag* dengan menggunakan geometri aktual yang ada di lapangan dan dapat dilihat pada tabel 6. Gambar 1 adalah analisis fragmentasi aktual pada tanggal 25 Oktober menggunakan *software Wip-Frag* sedangkan kurva dari hasil analisis fragmentasi aktual dapat dilihat pada gambar 1. Sebagai perbandingan dengan ukuran fragmentasi aktual digunakan *helm* dengan ukuran 25 cm. Fragmentasi aktual dan analisis fragmentasi tanggal 30 Oktober 2021 dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4. Fragmentasi aktual dan analisis fragmentasi tanggal 4 November 2021 dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 1. Fragmentasi Aktual Tanggal 25 Oktober 2021(Kiri), Kurva analisis fragmentasi tanggal 25 Oktober 2021 (Kanan)



Gambar 2. Fragmentasi Aktual Tanggal 30 Oktober 2021 (Kiri), Kurva analisis fragmentasi tanggal 30 Oktober 2021 (Kanan)



Gambar 3. Fragmentasi Aktual Tanggal 4 September 2021 (Kiri), Kurva analisis fragmentasi tanggal 4 November 2021 (Kanan)

Berdasarkan kurva diatas beberapa nilai yang diambil adalah 90% ukuran rata-rata fragmentasi (D90), indeks keseragaman (n), karateristik batuan (Xc), dan ukuran terbesar hasil peledakan (Xma). Adapun hasil dari keseluruhan analisis fragmentasi aktual dapat dilihat pada tabel 4.

Berdasarkan tabel 5 hasil peledakan aktual pada tanggal 25 Oktober 2021, 30 Oktober 2021, dan 4 November 2021 didapatkan rata-rata nilai D90 (90% dari ukuran) sebesar 51,05 cm, rata-rata indeks keseragaman (n) 2,5, karateristik ukuran (Xc) 34,4 cm, dan rata-rata ukuran terbesar (Xma) adalah 54,9 cm. Hasil peledakan pada tanggal 30 Oktober 2021 menghasilkan rata-rata fragmentasi yang lebih besar dikarenakan banyak lubang basah sehingga *stemming* yang dilakukan tidak bagus.

Table 6. Nilai Fragmentasi Aktual

Tanggal	Parameter			
	D90	n	Xc	Xma
25-Ok	48,5	2,7	36,7	50,3
30-Ok	57,5	2,3	38,5	62,1
4-Nov	47,17	2,5	28	52,3
Rata-rata	51,05	2,5	34,4	54,9

Kajian teknis geometri peledakan sangat penting dalam operasi penambangan di Pit Cendana PT Kalimantan Prima Persada Jobsite Rantau untuk memastikan keamanan dan efisiensi proses penambangan. Analisis kekasaran permukaan pada batuan hasil letusan Gunung Semeru yang dilakukan oleh [16] dapat memberikan wawasan penting mengenai karakteristik permukaan batuan setelah peledakan, yang sangat penting untuk perencanaan dan pengendalian peledakan. Selain itu, analisis stabilitas terowongan evasion menggunakan metode Indeks Kualitas Terowongan Batuan (Q-System) oleh [17] juga relevan karena metode ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain terowongan dan peledakan di situs tambang. Analisis geoteknikal stabilitas dinding dermaga Pelabuhan Militer Ksar Sghir, Maroko oleh [18], dan analisis pengaruh distribusi tegangan di sekitar sumbu penurunan pada stabilitas sistem dukungan pada penambangan bawah tanah oleh [19],[21], juga memberikan pengetahuan penting yang dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi operasi tambang di Pit Cendana. Selanjutnya, analisis kekuatan tekan satu sumbu pada uji kekuatan tekan batuan oleh [20], dapat membantu dalam memahami perilaku mekanis batuan yang akan diledakkan. Akhirnya, analisis area rawan longsor di Tampahan, Kabupaten Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara oleh [22], sangat relevan untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko longsor yang mungkin terjadi akibat peledakan atau penggalian di area tambang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, geometri peledakan dari R.L Ash adalah *burden* 5,5 m, *spasi* 9 meter, total ANFO perlubang 80.1 Kg dan *powder factor* sebesar 0.20 Kg/BCM sedangkan geometri aktual yang diterapkan dilapangan adalah *burden* 8 meter, *spasi* 9 meter, total ANFO perlubang 85 Kg, dan *powder factor* sebesar 0,13 Kg/BCM.

Hasil analisis prediksi fragmentasi metode Kuz-Ram dengan ukuran rata-rata fragmentasi 42,14 cm, Indeks keseragaman 1,4 dan karakteristik batuan sebesar 85,5 cm sedangkan persentase *boulder* > 90 cm adalah 14%. Sementara itu hasil analisis fragmentasi aktual didapatkan rata-rata nilai D90 (90% dari ukuran) sebesar 51,05 cm, rata-rata indeks keseragaman (n) 2,5 sedangkan karakteristik ukuran (Xc) 34,4 cm, dan rata-rata ukuran terbesar (Xma) adalah 54,9 cm.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih diucapkan kepada PT Kalimantan Prima Persada *Jobsite* Rantau yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di area kerja milik PT Kalimantan Prima Persada *Jobsite* Rantau sehingga penelitian ini dapat berguna bagi orang banyak khususnya para akademisi maupun praktisi tambang.

Referensi:

- [1] A. Mahyada, dan D. Yulhendra, "Analisis Prediksi Fragmentasi Peledakan Tambang Terbuka dengan Menggunakan *Rock Engineering System* (RES) dan Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Produktivitas Alat Gali Muat pada Kegiatan Pembongkaran Tanah Penutup (*Overburden*) di PT Kalimantan Prima Persada *Job Site* BDMA Kalimantan Utara." Padang: Universitas Negeri Padang, 2020.
- [2] W. Heri, Nurhakim, dan Annisa, "Analisis Fragmentasi Batuan Pada Kegiatan Peledakan di PT Anugerah Bara Kaltim." Banjarbaru :Universitas Lambung Mangkurat, 2021.
- [3] Libriyon, D. P., & Kopa, R, "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," Padang: Univesitas Negeri Padang, 2020.
- [4] N. Eko, "Kajian Teknis Geometri Peledakan Lapisan Batubara PT Pamapersada Nusantara District PT Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan," Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat, 2018.
- [5] E. Nopiadie, U. Saismana, R. N. Hakim, dan M. Aditya, "Kajian Teknis Geometri Peledakan Lapisan Batubara PT Pamapersada Nusantara District PT Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan," Jurnal Geosapta, vol. 4, no. 2, 2018.
- [6] Muhammad, F., dan Kopa, R., "Kajian Teknis Geometri Peledakan Berdasarkan Analisis *Blastability Index* dengan Perhitungan RL Ash *Combine Vertical Energy Distribution* (VED)

- Pada Penambangan Batu Kapur di Area 15.15 PT Semen Padang Bukit Karang Putih Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang," *Bina Tambang*, vol. 6, no. 4, pp. 112-120, 2021.
- [7] Fauzi, F., Septia, F., dan Yulhendra, D. "Kajian Teknis Geometri Peledakan berdasarkan Analisis *Blastability Index* untuk Mencapai Target Fragmentasi Ideal dan *Digability* PC2000 Komatsu pada Material keras Seam D2, C2 dan DU di PIT 7 West PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan-Suaran, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur." *Bina Tambang*, vol. 6, no. 2, pp. 30-42, 2021.
 - [8] F. Fauzi, F. Septia, dan D. Yulhendra, "Kajian Teknis Geometri Peledakan berdasarkan Analisis *Blastability Index* untuk Mencapai Target Fragmentasi Ideal dan *Diggability* PC2000 Komatsu pada Material keras *Seam* D2, C2 dan DU di PIT 7 West PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan-Suaran, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur," *Bina Tambang*, vol. 6, no. 2, pp. 30-42, 2021.
 - [9] M. E. Lubis, I. Irvani, dan H. Oktarianty, "Kajian Teknis Geometri Peledakan Di Pit 2 Banko Barat PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan," *MINERAL*, vol. 5, no. 2, pp. 23-28, 2020.
 - [10] S. Panca Nugraha, R. Hariyanto, dan I. L. Siwidiani, "Kajian Teknis Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Dan Digging Time Di Pit Kangguru PT. Pamapersada Nusantara Jobsite Pt. Kaltim Prima Coal," *Jurnal Teknologi Pertambangan*, vol. 7, no. 1, pp. 58-62, 2021.
 - [11] Ghanda, Ghanda, R. J. Firsta, N. E. Hakim, dan A. Pujalinar, "Kajian Teknis Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi pada Peledakan Batu Gamping di PT Semen Padang," *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, vol. 2, no. 04, pp. 603-609, 2021.
 - [12] Sugiarto, H. Rezco, dan M. K. Syafrianto, "Kajian Teknis Geometri Peledakan pada Tambang Batu PT. Sulenco Wibawa Perkasa, Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat," *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 6, no. 3.
 - [13] B. Triyanto, dan R. Panjaitan, "Technical Study on Blasting Activities at PT. Semen Bosowa Maros, South Sulawesi: Kajian Teknis Kegiatan Peledakan di PT. Semen Bosowa Maros Sulawesi Selatan," *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, vol. 2, no. 1, pp. 55-59, 2019.
 - [14] Aprilliana, M. T. Toha, and B. K. Susilo, "Geometri Peledakan Berdasarkan Rock Mass Rating (RMR) dan Fragmentasi Hasil Peledakan," *Jurnal Pertambangan*, vol. 4, no. 4, pp. 209-215, 2020.
 - [15] S. Setiawati, S. Septami, and W. Mukhtar, "Rancangan Geometri Peledakan yang Efisien untuk Mendapatkan Distribusi Ukuran Fragmentasi Batu Gamping," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 19, no. 2, pp. 95-110, 2023.
 - [16] Pradani, D. I., Sutoyo, H. D., & Suhardono, A. (2023). Analyzing the roughness of the discontinuous surface in Mt. Semeru Eruption rock. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 3(2), 48-58.
 - [17] Wardhany, R. E., & Yuwanto, S. H. (2022). Stability Analysis of evasion tunnels using the Rock Tunneling Quality Index (Q-System) method on the construction of the Bagong DAM Trenggalek, East Java. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 3(1), 34-40.
 - [18] Boujmaa, M. A., & Khelalfa, H. (2022). Geotechnical Stability Analysis of the Quay Wall of Military Port Ksar Sghir, Morocco. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 2(2), 73-78.
 - [19] Fanani, Y., Astuti, A. D., & Paki, A. K. (2021). Slope Stability Analysis Based on Safety Factors on Slope CV. Mutiara Timur in Klampok Village, Tongas District, Probolinggo Regency. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 2(1), 30-34.
 - [20] Dinoy, E., Tampaty, Y. G., Mabat, I. S., & Dwene, J. A. S. (2021). Analysis of The Rock Fracture on Uniaxial Compressive Strength Test. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 2(1), 40-43.
 - [21] Pradani, D. I. (2021). The Effect of Stress Distribution Around The Decline Shaft on The Support System Stability in Underground Mining. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 1(2), 84-91.
 - [22] Turnip, W. L., & Jati, S. N. (2020). Analysis of Landslide Prone Areas in Tampahan, Toba Samosir Regency, North Sumatra Province. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 1(1), 25-30.