

Efficiency Of Explosive Materials Using The Bottom Air Deck Method At Pt. Maleo Rachma Indo Abadi Job Site Leuwikeris Dam, Karangjaya District, Tasikmalaya Regency, West Java Province

Efisiensi Bahan Peledak Dengan Metode *Bottom Air Deck* Di Pt. Maleo Rachma Indo Abadi Job Site Bendungan Leuwikeris, Kec. Karangjaya, Kab. Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat

Nurwahyudi^{1*)}, Aditya Budi Nugraha², Tati Febrianti Syantika Rini³, Waspada Kurniadi⁴

^{1,2,3,4}Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya

Jl. Tamansari No.KM 2,5, Mulyasari, Kec. Tamansari, Kab Tasikmalaya, Jawa Barat 46196

Email: ¹Nurwahyudi1126@gmail.com; ²aditya.budi@umtas.ac.id; ³syantikarini03@gmail.com

*) Correspondence author

ABSTRAK

Aktivitas peledakan di lokasi penelitian ditujukan untuk pemberaian material andesit agar dapat memberikan kemudahan bagi alat-alat berat pada kegiatan *loading* dan *hauling* dan meningkatkan efisiensi waktu pada kegiatan produksi PT. Maleo Rachma Indo Abadi di Site Bendungan Leuwikeris. Pada peledakan yang dilakukan di lokasi penelitian menggunakan metode *bottom air deck*, media yang digunakan adalah botol plastik bekas dengan ukuran diameter <2,5 inch. Botol plastik bekas ini berfungsi untuk menyangga material bahan peledak sehingga terdapatnya ruang udara diantara isian bahan peledak dengan lantai kolom isian. Panjang kolom *air deck* (*air deck length/ADL*) merupakan parameter penting dalam penerapan peledakan *air deck*, dimana ADL dipengaruhi oleh nilai *air deck factor* (ADF) nilai ADF ini berbeda beda sesuai massa batuan di sekitar area peledakan dan biasanya berhubungan dengan nilai *Rock Mass Rating* (RMR). Ketentuan *air deck length* (ADL) yang digunakan merupakan sisa dari tinggi isian bahan peledak dan tinggi *stemming*. Tinggi *stemming* yang digunakan selalu berkisar 1,5 m – 1,75 m untuk setiap lubang dengan kedalaman lubang ledak yang berbeda beda. Maka dari itu, penelitian ini difokuskan pada penggunaan ADL dan *stemming* yang dipakai sebagai acuan standar geometri peledakan, fragmentasi hasil peledakan dianalisis menggunakan persamaan Kuz- Ram. Hasil fragmentasi yang diperoleh dengan penggunaan ADF sebesar 0,1 - 0,2 dengan ADL yang digunakan 0,15 – 0,45 m telah optimal. *Powder Factor* (PF) rata-rata normal sebesar 0.26 kg/m³ dan menggunakan metode *bottom air deck* berubah menjadi sebesar 0,23 kg/m³, penggunaan metode *bottom air deck* terbukti dapat meningkatkan efisiensi yaitu sebesar 1.311 kg ANFO, diperoleh selisih persentase rata-rata mencapai 12%. Menghasilkan fragmentasi yang baik karena persentase *boulder* sebesar 0,11% - 1,07%, ukuran rata rata fragmentasi sebesar 29,29 cm.

Kata kunci: Peledakan; *Air Deck*; Persamaan Kuz-Ram.

ABSTRACT

The blasting activities at the research site are aimed at fragmenting andesite material to facilitate heavy equipment operations during loading and hauling, thereby improving time efficiency in the production activities of PT. Maleo Rachma Indo Abadi at the Leuwikeris Dam Site. The blasting conducted at the research site employs the bottom air deck method, using recycled plastic bottles with a diameter of less than 2.5 inches as the medium. These plastic bottles serve to support the explosive material, creating an air gap between the explosive charge and the bottom of the blast column. The air deck length (ADL) is a crucial

Kata kunci: Peledakan; *Air Deck*; Persamaan Kuz-Ram.

Keywords: *Blasting*; *Air Deck*; *Kuz-Ram Equation*.

parameter in the application of air deck blasting, where ADL is influenced by the air deck factor (ADF), which varies according to the mass of rock surrounding the blasting area and is generally related to the Rock Mass Rating (RMR). The specified air deck length (ADL) used is the remainder of the explosive charge height and the stemming height. The stemming height typically ranges from 1.5 m to 1.75 m for each hole, which has varying depths. Therefore, this study focuses on the use of ADL and stemming as a standard geometric reference for blasting. The fragmentation results are analyzed using the Kuz-Ram equation. The fragmentation results obtained with an ADF of 0.1 - 0.2 and an ADL of 0.15 - 0.45 m have been optimal. The average normal Powder Factor (PF) is 0.26 kg/m³, while using the bottom air deck method reduces it to 0.23 kg/m³. The application of the bottom air deck method has proven to enhance efficiency by 1,311 kg ANFO, resulting in an average percentage difference of 12%. This method produces good fragmentation, with a boulder percentage ranging from 0.11% to 1.07% and an average fragment size of 29.29 cm.

Keywords: Blasting; Air Deck; Kuz-Ram Equation.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Penelitian yang dilaksanakan di PT. Maleo Rachma Indo Abadi *job site* Bendungan Leuwikeris, penulis mengamati metode *bottom air deck* menggunakan botol plastik bekas guna meningkatkan efisiensi bahan peledak. *Powder Factor* (PF), jumlah penggunaan bahan peledak dan fragmentasi hasil peledakan merupakan indikator keberhasilan dari performa peledakan menggunakan metode *bottom air deck*.

Metode *bottom air deck* (BAD) untuk penerapannya perlu ditentukan nilai *air deck factor* (ADF) dan *air deck length* (ADL) dan menganalisis hasil kualitas peledakan yang dihasilkan berupa fragmentasi dengan persamaan Kuz-Ram. Panjang kolom *air deck* (ADL) merupakan parameter penting dalam penerapan peledakan *air decking*, dimana ADL dipengaruhi oleh nilai ADF dan nilai ADF ditentukan melalui nilai *rock mass rating* (RMR).

Dengan demikian dapat dilakukan perbandingan jumlah kebutuhan bahan peledak dalam mencapai target produksi dengan geometri yang menggunakan metode *bottom air deck* dan metode normal. Penggunaan bahan peledak dan volume hasil peledakan dapat dinyatakan dengan besaran *powder factor* (PF), kemudian menentukan fragmentasi hasil peledakan dengan metode *bottom air deck* yang diperoleh berdasarkan teori Kuz-Ram. Fragmentasi hasil peledakan maksimal yaitu 100 cm apabila ada

fragmentasi yang melebihi ukuran tersebut dinyatakan sebagai *boulder* maka akan dilakukan pemecahan ulang menggunakan alat pemecah (*rockbreaker*). Kegiatan tersebut tentunya dapat menghambat waktu kerja perusahaan, sehingga akan mempengaruhi kegiatan selanjutnya yaitu, seperti mengurangi waktu kegiatan pemuatan dan pengangkutan yang dapat membuat kegiatan produksi perusahaan tidak maksimal.

Tujuan Penelitian

1. Menentukan nilai *air deck factor* (ADF) yang optimal sebagai syarat untuk menghitung nilai *air deck length* (ADL) dan dapat disesuaikan dengan kedalaman lubang ledak serta *powder factor* (PF) yang digunakan.
2. Menghitung efisiensi penggunaan bahan peledak menggunakan metode *bottom air deck* di lokasi penelitian.
3. Menghitung besaran fragmentasi hasil peledakan menggunakan metode *air deck* dengan perhitungan teoritis Kuz-Ram.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data dari lapangan, dilakukan pengambilan data aktual secara langsung di lapangan dengan mengukur kedalaman lubang, *stemming*, tinggi kolom isian, ADL, dan pengambilan foto dokumentasi kegiatan peledakan dan didukung oleh data sekunder dari perusahaan kemudian melakukan pengamatan terhadap metode *bottom air deck* menggunakan

JURNAL SAINS, TEKNOLOGI DAN REKAYASA (JSTR)
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya

botol plastik bekas guna meningkatkan efisiensi penggunaan bahan peledak. Data-data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui *Air Deck Factor* (ADF), *Powder Factor* (PF), jumlah kebutuhan bahan peledak dan fragmentasi hasil peledakan yang merupakan indikator keberhasilan dari performa peledakan menggunakan metode *bottom air deck*. Fragmentasi hasil peledakan diolah menggunakan persamaan Kuz-Ram untuk mengetahui rata-rata hasil fragmentasi teoritis.

Metode pengamatan yang diterapkan oleh penulis selama kegiatan penelitian ini ada 2 (dua), yaitu sebagai berikut:

1. Pengambilan data primer

Metode primer dilakukan dengan pengamatan secara langsung pada objek kegiatan yang akan dilakukan, seperti mengamati dan mencatat data hasil pengukuran secara aktual berdasarkan studi yang ada di lapangan yang ditunjang oleh penjelasan dari kegiatan wawancara dengan pekerja, adapun data yang mendukung penelitian ini yaitu:

- a. Geometri peledakan aktual.
- b. Fragmentasi batuan hasil peledakan.
- c. Metode & penentuan panjang *air deck* (ADL).
- d. Dokumentasi fragmentasi hasil peledakan secara aktual.
- e. *Powder factor* peledakan aktual.

2. Pengambilan data sekunder

Metode sekunder dilakukan dengan menggunakan studi literatur dan kepustakaan yang ada sehingga menunjang untuk kelengkapan pada data primer, adapun data yang mendukung penelitian ini yaitu:

- a. *Blast report & design*.
- b. Nilai *rock mass rating* (RMR).
- c. Peta geologi lembar Tasikmalaya.
- d. Peralatan dan perlengkapan peledakan di lokasi penelitian.
- e. Jurnal-jurnal, *e book*, maupun artikel, laporan pengujian laboratorium dan data perusahaan yang berkaitan dengan objek penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil observasi di lapangan geometri lereng yang tersusun atas batuan andesit seperti pada

gambar 1. di bawah, batuan andesit berwarna hitam keabu-abuan memiliki tekstur kasar, memiliki pori-pori hornblend, dan plagioklas. Karakteristik batuan di lokasi penelitian memiliki nilai UCS 5-25 dengan bobot 2, memiliki nilai RQD 75-90 % dengan bobot 17, kemudian memiliki jarak kekar 0,2- 0,6 m dengan bobot 10, panjang diskontinuitas 1-3 m dengan bobot 4, jarak antar permukaan diskontinuitas 1-5 mm dengan bobot 1, kekasaran diskontinuitas sedikit kasar dengan bobot 3, material pengisi tidak ada dengan bobot 6, kelapukan sedikit lapuk dengan bobot 5, dan kondisi air tanah menetes (*dripping*) dengan bobot 4.



Gambar 1. Pengukuran RMR

Tabel 1. Hasil Pembobotan Nilai RMR

No	Parameter		Selang Pembobotan	Bobot
1.	UCS (MPa)		5-25	2
2.	RQD (%)		75-90	17
3.	Jarak Kekar		0,2-0,6 m	10
4.	Kondisi Kekar	Panjang diskontinui	1-3 m	4
		Jarak antar permukaan	1-5 mm	1
		Kekasaran diskontinuitas	Sedikit kasar	3
		Material pengisi	Tidak ada	6
		Kelapukan	Sedikit lapuk	5
5	Air tanah		Basah	4
Total bobot RMR				52

Setelah diperoleh nilai *rock mass rating* (RMR) maka dapat dilihat dari tabel 1. diatas diperoleh bobot RMR sebesar 52 dapat ditentukan termasuk kelas massa batuan III pada tabel 2. hubungan nilai RMR dan ADF.

Tabel 2. Hasil Hubungan Nilai RMR dan ADF

Bobot RMR	Air Deck Factor (ADF)
20 – 35	0,3 – 0,4
35 – 45	0,2 – 0,3
45 – 65	0,1 – 0,2

Pembobotan RMR dengan nilai bobot 52 tersebut masuk ke dalam bobot 45-65 maka diperoleh *range* prediksi nilai ADF yaitu 0,1 – 0,2 sesuai prediksi JC Jhanwar. Selanjutnya Nilai panjang kolom *air deck* (ADL) dapat ditentukan yaitu hubungan antara ADF dengan *original charge column length* (OCC) atau *powder column* normal.

$$ADF = ADL/OCC \dots\dots\dots(1)$$

$$ADF_4 = \frac{0,15}{1,5}$$

$$ADF_1 = 0,1$$

$$ADF_2 = \frac{0,45}{4,25}$$

$$ADF_2 = 0,1$$

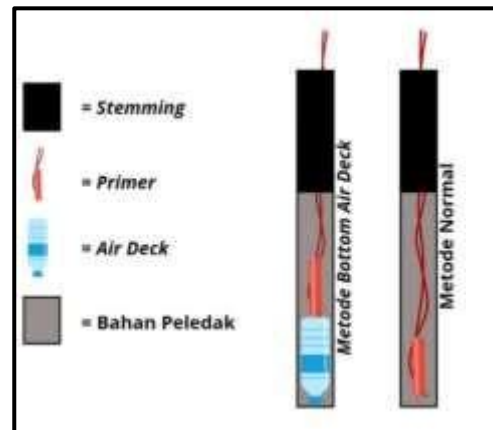
Keterangan :

ADF : *Air Deck Factor* (m)

ADL : *Air Deck Length* (m)

OCC : *Original Charge Column length/Powder Column* Normal (m)

Setelah melakukan perhitungan *air deck length* (ADL) pada kedalaman lubang 3 m diperoleh nilai ADL sebesar 0,15 m dengan nilai OCC sedalam 1,5 m dan pada kedalaman lubang 6 m diperoleh nilai ADL sebesar 0,45 m dengan OCC 4,25 m, hasil ADF yang diperoleh pada lubang 3 m dan 6 m yaitu sama sebesar 0,1 maka panjang *air deck* sudah memenuhi pembobotan *range* prediksi nilai ADF yang dihubungkan dengan RMR yaitu 0,1 – 0,2 (Jhanwar, 2013).



Gambar 2. Sketsa Metode *Air deck* dan Metode Normal

Gambar 2. merupakan sketsa aktual metode normal dan metode *bottom air deck* menggunakan botol bekas dengan ketinggian botol 15 cm – 45 cm dan berdiameter <2,5 inch.

Jumlah isian bahan peledak dalam satu lubang ledak mengacu pada geometri peledakan. Dari hasil pengamatan dan perhitungan di lapangan maka jumlah bahan peledak tiap meter dalam satu lubang (*loading density*) dengan densitas ANFO 0,8 gr/cc, diameter lubang 2,5 inch / 63,5 mm, dengan *stemming* 1,5 m – 1,75 m, maka kebutuhan bahan peledak dalam setiap meter perlubangnya adalah 3,925 kg/m. Dalam pengamatan di lapangan perhitungan bahan peledak ANFO yang mengacu pada geometri peledakan yang sesuai dengan Standar Operasional Prosedur PT. Maleo Rachma Indo Abadi. Perhitungan bahan peledak ANFO per meter nya adalah sebagai berikut:

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

$$de = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (2,5)^2 \times 0,80 \times 1000$$

$$de = 3,925 \text{ kg/m}$$

Selanjutnya setelah diketahui nilai *loading density* maka dilakukan perhitungan penggunaan bahan peledak aktual di PT. Maleo Rachma Indo Abadi, sebelum melakukan perhitungan penggunaan bahan peledak maka harus diketahui nilai *powder column*. Perhitungan *powder column* yang digunakan di PT. Maleo Rachma Indo Abadi adalah sebagai berikut:

$$PC = H - T \dots\dots\dots(3)$$

$$PC_1 = 6 \text{ m} - 1,75 \text{ m } PC_1 = 4,25 \text{ m}$$

$$PC_2 = 3 \text{ m} - 1,5 \text{ m } PC_2 = 1,5 \text{ m}$$

Jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang ledak dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

E Normal ($E = de \times PC$)(4)

$E_1 = 3,925 \text{ kg/m} \times 4,25 \text{ m}$ $E_1 = 16,68 \text{ kg}$

$E_2 = 3,925 \text{ kg/m} \times 1,5 \text{ m}$ $E_2 = 5,88 \text{ kg}$

E Air Deck ($E' = de \times (PC - ADL)$)(5)

$E'_1 = 3,925 \text{ kg/m} \times (4,25 \text{ m} - 0,45 \text{ m})$

$E'_1 = 14,91 \text{ kg}$

$E'_2 = 3,925 \text{ kg/m} \times (1,5 \text{ m} - 0,15 \text{ m})$ $E'_2 = 5,29 \text{ kg}$

Selisih E dan E'

$E_1 = 16,68 \text{ kg} - 14,91 \text{ kg}$ $E_1 = 1,77 \text{ kg}$ $E_2 = 5,88 \text{ kg}$

$- 5,29 \text{ kg}$ $E_2 = 0,59 \text{ kg}$

Penggunaan metode *bottom air deck* dapat mengefisienkan penggunaan bahan peledak perlubangnya yaitu sebesar 0,59 kg – 1,77 kg.

Pada gambar 3. menunjukkan selisih penggunaan bahan peledak dengan metode *bottom air deck* dan dengan metode normal yaitu mencapai 10%-16,2%, dengan rata-rata 12%, maka penggunaan metode *bottom air deck* dapat dinyatakan efisien apabila pencapaian target volume dan fragmentasi yang sudah sesuai dengan target perusahaan.

Selanjutnya untuk mengetahui volume (BCM) aktual yang dihasilkan dengan persamaan R.L. Ash (1990) maka hasil dari pengolahan data dapat dilihat pada tabel dibawah

ini¹:

$$V = (B \times S \times H) \text{(6)}$$

Keterangan:

V : Volume (m^3).

S : *Spacing* (m).

B : *Burden* (m).

H : Kedalaman lubang ledak (m)

Powder factor adalah hubungan matematis antara bahan peledak terhadap jumlah batuan yang diledakkan istilah *powder factor* disebut juga *specific charge weight*. Adapun perhitungan *powder factor* (PF) yang digunakan di PT. Maleo Rachma Indo Abadi adalah sebagai berikut:

$$PF = \frac{E \text{ Handak}}{V \text{ otume}} \text{(7)}$$

Keterangan:

PF : *Powder factor* (kg/m^3).

E : Berat bahan peledak dalam kolom isian (kg).

V : Volume batuan yang diledakkan (m^3)

Dari hasil pengamatan di lapangan penggunaan *powder factor* rata rata dengan metode *bottom air deck* yaitu sebesar $0,23 \text{ kg/m}^3$ sedangkan apabila menggunakan metode normal maka nilai *powder factor* rata-rata yaitu sebesar $0,26 \text{ kg/m}^3$ dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 3. Persentase Selisih Penggunaan Bahan Peledak

Tabel 3. PF Air Deck dan PF Normal

Berat rata-rata <i>Air Deck</i> (kg)	Rata-Handak	Berat rata-rata normal (kg)	Rata-Handak	Volume Rata-rata (BCM)	PF <i>Air Deck</i> (kg/m ³)	PF Normal (kg/m ³)	Selisih (%)
319		358		1357	0,23	0,26	12%

Dari hasil pengamatan di lapangan penggunaan *powder factor* rata-rata dengan metode *bottom air deck* yaitu sebesar 0,23 kg/m³ sedangkan apabila menggunakan metode normal maka nilai *powder factor* rata-rata yaitu sebesar 0,26 kg/m³ dapat dilihat pada tabel 3.

Fragmentasi hasil peledakan yang berukuran cukup dan merata nantinya akan lebih mudah pada tahap selanjutnya yaitu proses *loading* dan *hauling*. Berdasarkan geometri peledakan dapat dihitung besarnya ukuran fragmentasi hasil peledakan rata-rata secara teoritis dengan menggunakan persamaan Kuz-Ram. Ukuran fragmentasi standar dari perusahaan adalah maksimal 100 cm. Adapun analisis menggunakan persamaan Kuznetsov adalah sebagai berikut³:

$$X_m : A \times \left(\frac{V}{Q_e}\right)^{0,8} \times Q_e^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

X_m : ukuran rata-rata fragmentasi (cm).

A : Faktor batuan.

Q_e : Massa bahan peledak tiap lubang ledak (kg).

V : Volume BCM per lubang ledak (m³).

E : *Relative weight strength* (RWS) bahan peledak (ANFO = 100).

Indeks n adalah indeks keseragaman yang dikembangkan oleh Cunningham, (2005) ditentukan dengan persamaan di bawah ini³:

$$R_x : e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^n} \times 100 \% \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

R_x : Persentase massa batuan yang lolos dengan ukuran x (cm).

x_c : Karakteristik ukuran (cm).

X : Ukuran ayakan (cm).

n : Indeks keseragaman

x_c : dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$x_c X_m 0,6931/n \dots\dots\dots(10)$$

Indeks n adalah indeks keseragaman yang dikembangkan oleh Cunningham, (2005) dengan menggunakan parameter dari desain peledakan. Indeks keseragaman (n) ditentukan dengan persamaan di bawah ini³:

$$n = [2,2 - (14 \times \frac{b}{d})] \times (1 - \frac{W}{B} \times [1 + \frac{A-1}{2}]) \times \frac{PC}{L} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

n : Indeks Keseragaman.

B : *Burden* (m).

D : Diameter (mm).

W : Standar deviasi lubang bor (m).

A : Rasio *spasi/burden*

PC : Pancang muatan handak (m).

L : Tinggi jenjang (m)

Pada tabel di atas analisis fragmentasi hasil peledakan menggunakan persamaan Kuznetsov memperoleh ukuran fragmentasi batuan rata-rata sebesar 29,29 cm dan menggunakan persamaan Rossin–Rammler untuk menganalisis persentase material yang tertahan dengan ukuran 100 cm diperoleh rata-rata sebesar 0,56% atau <1%, maka ukuran fragmentasi dapat dinyatakan optimal. Adapun dokumentasi fragmentasi aktual dapat dilihat pada gambar 4. di bawah ini.



Gambar 4. Fragmentasi Aktual

Tabel 4. Hasil Perhitungan Fragmentasi

Keterangan	Max	Min	Rata-Rata
Ukuran rata-rata fragmentasi (X_m).	34,91 cm	25,24 cm	29,29 cm
Indeks keseragaman (n)	1,83	1,38	1,65
Karakteristik ukuran (X_c)	43	31	37
Persentase massa batuan yang tidak lolos dengan ukuran 100 cm (R_x)	1,07 %	0,11 %	0,56 %

4. Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan *bottom air deck* dengan nilai ADL 0,15 m pada kedalaman lubang 3 m dan ADL 0,45 m pada kedalaman lubang 6 m, memperoleh nilai ADF sebesar 0,1. Panjang *air deck* sudah memenuhi pembobotan prediksi nilai ADF yaitu 0,1 - 0,2. Dari hasil pengamatan di lapangan penggunaan *powder factor* rata rata dengan metode *bottom air deck* yaitu sebesar 0,23 kg/m³ sedangkan apabila menggunakan metode normal maka nilai *powder factor* rata-rata yaitu sebesar 0,26 kg/m³, sehingga dapat disimpulkan dengan menggunakan metode *bottom air deck* penggunaan bahan peledak lebih hemat dan ekonomis. Efisiensi penggunaan bahan peledak menggunakan metode *bottom air deck* dibandingkan dengan metode normal pada kedalaman 6 meter nilai selisihnya sebesar 1,77 kg/lubang, sedangkan pada kedalaman 3 meter nilai selisihnya sebesar 0,59 kg/lubang. Dari hasil analisis data penelitian selama 9 hari. Total penggunaan bahan peledak dengan menggunakan metode *bottom air deck* terbukti dapat meningkatkan efisiensi yaitu sebesar 1.311 kg ANFO atau setara 52,44 karung dengan isian 25 kg/karung, dengan selisih persentase rata-rata mencapai 12%. Berdasarkan hasil analisis menggunakan persamaan Kuznetsov ukuran rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar 29,29 cm, selanjutnya menggunakan persamaan Rossin-Rammler diperoleh hasil fragmentasi yang tertahan dengan ukuran 100 cm yaitu <1% maka terbukti fragmentasi hasil peledakan sudah optimal.

5. Ucapan Terima Kasih

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Utama PT. Maleo Rachma Indo Abadi beserta Karyawan/Staff yang telah memberikan dukungan dan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan Penelitian.

6. Daftar Pustaka

- [1] Ash, R.L. (1990). Design of Blasting Round, Surface Mining. B.A Kennedy Editor. *Society for Mining, Metallurgy and Exploration*, Ich.
- [2] Bieniawski, Z. T. (1984). *The Design Process In Rock Engineering*. Rock Mech Rock Engng 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01042549>
- [3] Cunningham, C. V. B. (2005). The Kuz-Ram fragmentation model – 20 years on. *Brighton Conference Proceedings* (4): 210-10.
- [4] Jhanwar, J. (2013). *Investigation into the influence of air-decking on blast performance in opencast mines in india*. A study A. K. Ghose & A. Joshi.
- [5] Jhanwar, J. & Jethwa, J. (2000). *The use of air deck in production blasting in an open pit coal mine*. Blasting in Mines – New Trends – Ghose & Jhosi.
- [6] Lilly Peter, A. (1986). *Empirical Method Of Assessing Rock Mass Blastability*. In Australia Inst Of Mining & Metallurgy.
- [7] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [8] Jhanwar, J. & Jethwa, J. (2000). *The use of air deck in production blasting in an open pit coal mine*. Blasting in Mines – New Trends – Ghose & Jhosi.

- [9] Lilly Peter, A. (1986). *Empirical Method Of Assessing Rock Mass Blastability*. In Australia Inst Of Mining & Metallurgy.
- [10] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [11] Jhanwar, J. & Jethwa, J. (2000). *The use of air deck in production blasting in an open pit coal mine*. Blasting in Mines – New Trends – Ghose & Jhosi.
- [12] Lilly Peter, A. (1986). *Empirical Method Of Assessing Rock Mass Blastability*. In Australia Inst Of Mining & Metallurgy.
- [13] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

