

ANALISIS FRAGMENTASI HASIL PELEDAKAN BERDASARKAN GEOMETRI PELEDAKAN PT. MALEO RACHMA INDO ABADI *JOBSITE* BENDUNGAN BAGONG PAKET 1 PT. SAC NUSANTARA KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI JAWA TIMUR

Hafsin Aisy Akmal Syukri¹, Aditya Budi Nugraha², Tati Febrianti Syantika Rini³,
Diana Purwandari⁴

¹²³⁴Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya,
Jl. Tamansari Km. 2,5 Mulyasari Tasikmalaya 46196

Corresponding author : hafsinaisy7@gmail.com

ABSTRAK

Fragmentasi batuan hasil peledakan merupakan faktor kritis dalam kegiatan pertambangan yang mempengaruhi produktivitas dan efisiensi proses selanjutnya. Di PT. Maleo Rachma Indo Abadi, *jobsite* Bendungan Bagong Paket 1, fragmentasi batuan gamping yang dihasilkan masih menunjukkan persentase *boulder* (>80 cm) sebesar 16%, melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 10%. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas geometri peledakan aktual dan merancang usulan geometri alternatif berdasarkan pendekatan teoritis R.L. Ash dan C.J. Konya. Data penelitian dikumpulkan melalui observasi lapangan, analisis citra digital dengan perangkat lunak WipFrag 3.3, dan perhitungan teoritis menggunakan model Kuz-Ram. Hasil analisis menunjukkan bahwa geometri peledakan aktual menghasilkan fragmentasi rata-rata 31,61 cm dengan persentase *boulder* 16%. Sementara itu, model Kuz-Ram memprediksi fragmentasi rata-rata 31,61 cm dengan persentase *boulder* 24%. Rancangan usulan geometri berdasarkan R.L. Ash (burden 2,11 m, *spacing* 2,43 m) diprediksi menghasilkan fragmentasi rata-rata 19,97 cm dan persentase *boulder* 6%. Meskipun pendekatan C.J. Konya juga menghasilkan persentase *boulder* yang rendah (5%), namun nilai *powder factor* yang lebih tinggi (0,30 kg/m³) membuatnya kurang efisien untuk batuan lunak. Dengan demikian, rekomendasi geometri peledakan R.L. Ash dianggap paling optimal karena menghasilkan fragmentasi yang sesuai target dengan biaya yang lebih efisien.

Kata Kunci: Fragmentasi, Geometri Peledakan, Kuz-Ram, R.L. Ash, WipFrag.

ABSTRACT

Rock fragmentation resulting from blasting is a critical factor in mining activities that affects productivity and the efficiency of subsequent processes. At PT. Maleo Rachma Indo Abadi, the Bagong Dam Package 1 jobsite, the resulting limestone fragmentation still shows a boulder percentage (>80 cm) of 16%, exceeding the company's tolerance limit of 10%. This study aims to evaluate the effectiveness of the actual blasting geometry and design an alternative geometry proposal based on the theoretical approaches of R.L. Ash and C.J. Konya. Research data was collected through field observations, digital image analysis with WipFrag 3.3 software, and theoretical calculations using the Kuz-Ram model. The analysis

Article history

Received: Agustus 2025

Reviewed: Agustus 2025

Published: Agustus 2025

Plagirism checker no 932

Doi : prefix doi :

10.8734/musytari.v1i2.359

Copyright : author

Publish by : musytari



This work is licensed under a [creative commons attribution-noncommercial 4.0 international license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

results show that the actual blasting geometry produces an average fragmentation of 31,61 cm with a boulder percentage of 16%. Meanwhile, the Kuz-Ram model predicts an average fragmentation of 31.61cm with a boulder percentage of 24%. The proposed geometry design based on R.L. Ash (*burden* 2.11 m, *spacing* 2.43 m) is predicted to produce an average fragmentation of 19.97 cm and a boulder percentage of 6%. Although the C.J. Konya approach also produces a low boulder percentage (5%), its higher *powder factor* value (0.30 kg/m³) makes it less efficient for soft rocks. Thus, the R.L. Ash blasting geometry recommendation is considered the most optimal as it produces fragmentation that meets the target with more efficient costs.

Keywords: Blasting Geometry, Fragmentation, Kuz-Ram, R.L. Ash, WipFrag.

1. PENDAHULUAN

Peledakan merupakan metode yang sangat krusial dalam industri pertambangan dan konstruksi untuk memecah massa batuan secara efisien. Dalam konteks pertambangan, peledakan berperan penting dalam proses ekstraksi mineral dan batuan, memungkinkan pengambilan material dalam jumlah besar dengan waktu yang relatif singkat. Keberhasilan proses peledakan sangat bergantung pada perencanaan yang matang, termasuk pemilihan bahan peledak, desain geometri peledakan, dan parameter teknis lainnya.

Salah satu parameter utama yang menentukan keberhasilan peledakan adalah geometri peledakan, yaitu rancangan teknis yang mencakup pengaturan lubang bor seperti *burden*, *spacing*, *stemming*, dan kedalaman lubang ledak. Parameter-parameter ini secara kolektif sangat menentukan efektivitas proses peledakan, terutama dalam menghasilkan fragmentasi batuan yang sesuai dengan target yang diinginkan. Fragmentasi yang optimal tidak hanya meningkatkan produktivitas alat muat dan angkut, tetapi juga memastikan efisiensi proses pengolahan material selanjutnya.

Berdasarkan hasil observasi di PT. Maleo Rachma Indo Abadi, *jobsite* Bendungan Bagong Paket 1 PT. SAC Nusantara, ditemukan bahwa fragmentasi hasil peledakan masih menghasilkan *boulder* yang melebihi batas toleransi perusahaan. Perusahaan menetapkan standar ukuran maksimal *boulder* sebesar 80 cm dengan persentase toleransi maksimal 10%. Namun, hasil fragmentasi aktual menunjukkan persentase *boulder* mencapai 16%, yang jauh di atas standar. Kondisi ini mengindikasikan adanya ketidaksesuaian antara desain geometri peledakan yang diterapkan dengan karakteristik batuan di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi parameter geometri peledakan yang ada dan memberikan rekomendasi desain alternatif untuk mencapai fragmentasi yang lebih optimal.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas tentang pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan. Misalnya, penelitian oleh Ritonga (2022) menunjukkan bahwa dengan merancang ulang geometri peledakan menggunakan teori R.L. Ash, persentase *boulder* pada batuan gamping dapat diturunkan dari >25% menjadi 11%, yang sesuai dengan target perusahaan. Hal ini diperkuat oleh penelitian Syafardan (2023) untuk mencapai ukuran fragmentasi yang sesuai dengan kapasitas alat penghancur.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan rancangan geometri peledakan yang optimal untuk batuan gamping.
2. Mendapatkan ukuran fragmentasi hasil peledakan yang sesuai dengan target perusahaan, yaitu persentase *boulder* <10%.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didukung oleh beberapa studi terkait yang menjadi acuan, antara lain:

1. Halimah (2023): Menjelaskan bahwa optimasi geometri peledakan menggunakan metode R.L. Ash dan C.J. Konya mampu meningkatkan kualitas fragmentasi batuan andesit di PT. Lotus SG Lestari, dengan persentase *boulder* >80 cm berhasil diturunkan hingga 0-0,1%.
2. Marina dkk. (2024): Menganalisis perbandingan antara geometri peledakan aktual dengan teori R.L. Ash di PT. Diamond Alfa Propertindo. Hasilnya menunjukkan bahwa desain teoritis menghasilkan volume produksi yang lebih besar, meskipun fragmentasi aktual dan teoritis menunjukkan nilai yang relatif sama.
3. Ritonga (2022): Melakukan analisis pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan gamping di PT. Semen Padang. Penelitian ini berhasil merancang ulang geometri peledakan menggunakan pendekatan R.L. Ash, yang dapat menurunkan persentase *boulder* dari >25% menjadi 11%, sesuai dengan target perusahaan.
4. Syafardan (2023): Menganalisis geometri peledakan di PT. Gunung Bumi Perkasa untuk mencapai fragmentasi yang sesuai dengan kapasitas alat penghancur. Hasil penelitiannya berhasil menurunkan persentase *oversize* menjadi 2,66% dengan *powder factor* 0,42 kg/bcm.

2.1 Konsep Dasar Peledakan

Peledakan adalah proses pemecahan batuan dari massa batuan induk menggunakan bahan peledak. Keberhasilan proses ini ditentukan oleh perencanaan yang matang, termasuk pemilihan bahan peledak dan geometri peledakan. Bahan peledak industri terbagi menjadi *High Explosive* (seperti Emulsi, PETN) dan *Low Explosive* (seperti *Black powder*), dengan sifat-sifat fisik seperti kekuatan, kecepatan detonasi (VOD), dan densitas yang berbeda.

2.2 Geometri Peledakan

Geometri peledakan terdiri dari parameter-parameter yang saling berhubungan:

- *Burden* (B): Jarak terdekat dari lubang ledak ke bidang bebas. Perhitungan *burden* merupakan langkah awal yang krusial dalam desain peledakan.
- *Spacing* (S): Jarak antar lubang ledak dalam satu baris. Jarak ini biasanya dihitung berdasarkan nilai *burden*.
- *Stemming* (T): Material penutup di bagian atas lubang ledak yang berfungsi mengurung energi ledakan.
- *Subdrilling* (J): Perpanjangan lubang ledak di bawah dasar jenjang untuk memastikan lantai jenjang rata dan tidak ada tonjolan.
- *Hole Depth* (H): Kedalaman total lubang ledak.

2.3 Metode Perhitungan Geometri

Terdapat berbagai metode teoritis untuk merancang geometri peledakan, di antaranya:

1. Metode R.L. Ash: Menggunakan faktor koreksi untuk bahan peledak (AF1) dan batuan (AF2) untuk menentukan konstanta *burden* (Kb), kemudian digunakan untuk menghitung parameter geometri lainnya.

a. *Burden*

$$AF_1 = \left(\frac{SG_{Handak} \times (VoD_{Handak})^2}{SG_{std} \times (VoD_{Std})^2} \right)^{1/3} \quad (1)$$

$$AF_2 = \left(\frac{D_{std}}{D_{batuan}} \right)^{1/3} \quad (2)$$

$$K_b = K_{bstd} \times AF_1 \times AF_2 \quad (3)$$

$$B = \frac{k_b \times D_e}{12} \quad (4)$$

b. *Spacing*

$$S = k_s \times B \quad (5)$$

c. *Stemming*

$$T = k_T \times B \quad (6)$$

d. Kedalaman Lubang

$$H = k_h \times B \quad (7)$$

e. Panjang Kolom Isian (PC)

$$PC = H - T \quad (8)$$

2. Metode C.J. Konya: Merupakan metode empiris yang lebih sederhana, namun efektif untuk kondisi batuan tertentu.

a. *Burden*

Burden diambil dari teori R.L. Ash.

b. *Spacing*

Spacing diambil dari teori R.L. Ash

c. *Stemming*

$$T = 0,7 \times B \quad (9)$$

d. Panjang Kolom Isian

$$PC = H - T \quad (10)$$

e. Kedalaman lubang ledak

$$H = K_h + B \quad (11)$$

f. *Subdrilling*

$$J = K_J \times B \quad (12)$$

PT. Maleo Rachma Indo Abadi, perusahaan tidak menerapkan *subdrilling*.

g. Tinggi Jenjang

$$K = H - J \quad (13)$$

2.5 Fragmentasi Batuan dan Model Kuz-Ram

Fragmentasi adalah distribusi ukuran butir batuan hasil peledakan. Fragmentasi yang optimal sangat penting untuk efisiensi operasional. Untuk memprediksi fragmentasi, digunakan model Kuz-Ram yang mengombinasikan persamaan Kuznetsov (1973) dan Rosin-Rammler (1933).

1. Perhitungan ukuran rata-rata fragmentasi batuan

$$X = A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0.8} \times Q^{0.17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0.63} \quad (14)$$

2. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{d}\right) \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(1 + \frac{\frac{S}{B} - 1}{2}\right) \frac{PC}{L} \quad (15)$$

3. Karakteristik Batuan

$$Xc = \frac{xm}{(0.693)^{\frac{1}{n}}} \quad (16)$$

4. Distribusi Ukuran Fragmentasi (80 cm)

$$R = e^{-\left(\frac{x}{xc}\right)^n} \times 100\% \quad (17)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Lokasi penelitian di PT. Maleo Rachma Indo Abadi, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Penelitian ini berlangsung selama enam bulan, dari Oktober 2024 hingga Maret 2025.

3.1 Pengolahan dan Analisis Data

1. Analisis WipFrag: Menggunakan perangkat lunak WipFrag 3.3 untuk mengolah citra hasil peledakan dan mendapatkan distribusi ukuran fragmentasi aktual.
2. Analisis Kuz-Ram: Perhitungan teoritis untuk memprediksi fragmentasi dari geometri aktual dan usulan.
3. Perancangan Usulan Geometri: Menggunakan teori R.L. Ash dan C.J. Konya sebagai dasar untuk merancang geometri peledakan baru yang lebih efektif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dari pengumpulan dan analisis data, serta interpretasi ilmiah dari temuan-temuan tersebut.

4.1 Geometri Peledakan Aktual dan Karakteristik Batuan

Tabel 1

No	Parameter	Aktual
1.	<i>Burden</i>	2,5
2.	<i>Spacing</i>	2,6
3.	<i>Stemming</i>	1,54
5.	Kedalaman lubang ledak	3

No	Parameter	Aktual
6.	<i>Powder column</i>	1,46
7.	Bahan peledak perlubang	2,74
8.	Volume peledakan	19,25
9.	<i>Powder factor</i>	0,14
10.	Prediksi Kuz-Ram	
	Ukuran rata-rata fragmentasi batuan	31,61
	Indeks Keseragaman	0,78
	Karakteristik Batuan	50,58
	Distribusi ukuran fragmentasi 80 cm	24

Karakteristik batuan di lokasi penelitian adalah batuan gamping dengan nilai *Blastability Index* (BI) 42,75, dan Faktor batuan 5,13 menunjukkan bahwa batuan ini termasuk dalam kategori lunak hingga sedang.

4.2 Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual dan Teoritis

Tabel 2

Tanggal	Analisa WipFrag > 80 cm	Prediksi fragmentasi Kuz-Ram ukuran >80cm	Nilai ambang batas
2/10/2024	13%	25%	10%
7/10/2024	13%	25%	10%
12/10/2024	24%	30%	10%
13-10-2024	21%	29%	10%
21/10/2024	21%	28%	10%
22/10/2024	23%	28%	10%
25/10/2024	16%	25%	10%
30/10/2024	14%	25%	10%
6/11/2024	13%	21%	10%
15/11/2024	17%	23%	10%
16/11/2024	11%	18%	10%
17/11/2024	15%	21%	10%
20/11/2024	16%	21%	10%
27/11/2024	13%	21%	10%
2/12/2024	12%	21%	10%
7/12/2024	12%	21%	10%
10/11/2024	17%	23%	10%
27/01/2025	11%	24%	10%
30/01/2025	13%	21%	10%
2/2/2025	13%	25%	10%
2/2/2025	19%	25%	10%
16/2/2025	20%	24%	10%
16/2/2025	15%	23%	10%
19/2/2025	17%	24%	10%
3/3/2025	17%	24%	10%

Tanggal	Analisa WipFrag > 80 cm	Prediksi fragmentasi Kuz-Ram ukuran >80cm	Nilai ambang batas
12/3/2025	19%	21%	10%
15/3/2025	18%	22%	10%
18/3/2025	15%	22%	10%
22/3/2025	13%	21%	10%
23/3/2025	16%	22%	10%
Rata-rata	16%	24%	10%

Analisis fragmentasi aktual menggunakan perangkat lunak WipFrag 3.3 pada 30 data peledakan menunjukkan bahwa persentase *boulder* (>80 cm) rata-rata mencapai 16%. Angka ini jauh di atas batas toleransi perusahaan sebesar 10%. Sementara itu, hasil perhitungan teoritis dengan model Kuz-Ram memprediksi persentase *boulder* sebesar 24%. Perbedaan antara hasil aktual dan teoritis ini dapat disebabkan oleh faktor geologis yang tidak seragam, seperti retakan dan struktur batuan yang tidak terdeteksi secara visual.

4.3 Rancangan Usulan Geometri Peledakan

Mengingat hasil fragmentasi aktual yang tidak memenuhi target, dilakukan perancangan ulang geometri peledakan.

Tabel 3

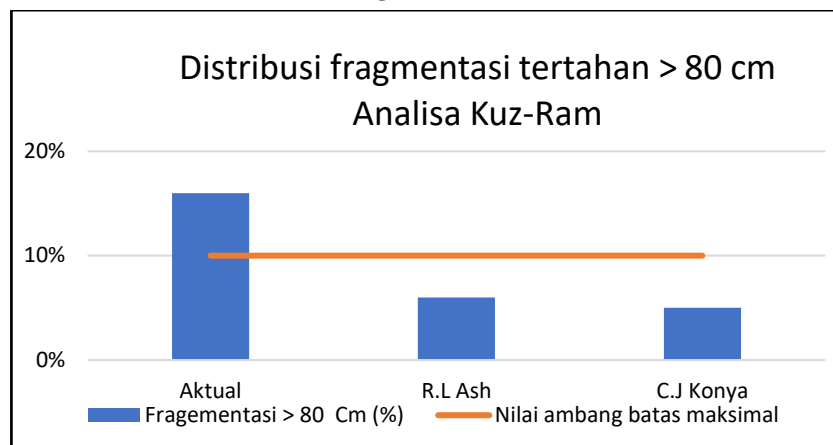
No	Parameter	Aktual	R.L Ash	C.J Konya	Satuan
1.	<i>Burden</i>	2,5	2,11	2,11	m
2.	<i>Spacing</i>	2,6	2,43	2,43	m
3.	<i>Stemming</i>	1,54	1,48	1,48	m
5.	Kedalaman lubang ledak	3	3,17	3,38	m
6.	Panjang kolom isian	1,46	1,7	1,90	m
7.	Bahan peledak perlubang	2,74	4,56	5,13	kg
8.	Volume peledakan	19,25	16,25	17,33	m ³
9.	<i>Powder factor</i>	0,14	0,28	0,30	kg/m ³
10.	Prediksi Kuz-Ram				
	Ukuran rata-rata fragmentasi batuan	31,61	19,97	19,49	cm
	Indeks Keseragaman	0,78	0,99	1,1	
	Karakteristik Batuan	50,58	28,87	27,64	cm
	Distribusi ukuran fragmentasi 80 cm	24	6	5	%

Pendekatan R.L. Ash: Dari perhitungan menggunakan teori ini, diperoleh rekomendasi *burden* 2,11 m dan *spacing* 2,43 m. Geometri ini menghasilkan prediksi fragmentasi rata-rata 19,97 cm dengan persentase *boulder* 6%. *Powder factor* yang dibutuhkan adalah 0,28 kg/m³.

Pendekatan C.J. Konya: Dengan parameter yang sama, *burden* sebesar 2,11 meter dan *spacing* sebesar 2,43 meter, yang diambil dari teori R.L. Ash. Metode ini memprediksi fragmentasi rata-rata 19,49 cm dan persentase *boulder* 5%. Namun, *powder factor* yang dihasilkan lebih tinggi, yaitu 0,30 kg/m³.

4.4 Perbandingan dan Efisiensi

Grafik 1



Jika dibandingkan, kedua usulan geometri berhasil menurunkan persentase *boulder* hingga di bawah batas toleransi 10%. Namun, usulan R.L. Ash lebih efisien karena mencapai target fragmentasi yang serupa dengan konsumsi bahan peledak yang lebih rendah. Hal ini menjadikannya pilihan yang lebih ekonomis untuk diterapkan pada batuan gamping yang cenderung lunak di lokasi penelitian.

5. KESIMPULAN

1. Geometri peledakan aktual di PT. Maleo Rachma Indo Abadi menghasilkan fragmentasi rata-rata 31,61 cm dengan persentase *boulder* >80 cm sebesar 16%, melebihi batas toleransi perusahaan.
2. Rancangan geometri peledakan usulan berdasarkan teori R.L. Ash (*burden* 2,11 m; *spacing* 2,43 m) menjadi rekomendasi terbaik. Desain ini diprediksi akan menurunkan persentase *boulder* menjadi 6% dan memiliki efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan dengan usulan C.J. Konya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, R., et al., 2021. Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Pembongkaran Batu Gamping PT. Semen Tonasa Provinsi Sulawesi Selatan.
- Ash, R. L., 1990. *Design of Blasting Round, Surface Mining*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
- Ferdiasyah, V., 2010. *Modul Pelaksanaan Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*.
- Halimah, N. R. (2023). Evaluasi Geometri Peledakan Untuk Mengoptimalkan Fragmentasi Pada Penambangan Batu Andesit di PT. Lotus Sg Lestari, Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat.
- Konya, C. J., 1995. *Blast design*. Intercontinental Development.
- Kovazhenkov, A. V., 1958. *Fragmentation of rock by blasting with single column charges*.
- Kuznetsov, V. M., 1973. *The mean diameter of the fragments formed by blasting rock*.
- Lilly, P. A., 1986. *The Use of The Blastability Index in The Design of Blast For Open Pit Mines*. Newman.
- Marina, S. P. S., & L. O. D. (2024). Analisis Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan pada PT. Diamond Alfa Propertindo Kecamatan Mawasangka Tengah Kabupaten Buton Tengah Provinsi Sulawesi Tenggara *Blasting Geometry Analysis of Fragmentation of Blasting Products at PT. Diamond Alfa Propertindo Central Button*.

District, Southeast Sulawesi Province. *Mining Science and Technology Journal*, 3(1), 1-10.

Ritonga, A., 2022. Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan Batu Gamping di PT. Semen Padang.

Sugiyono., 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. CV. ALFABETA.

Syafardan, D., 2023. Analisis Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Material Blasting Pada PT. Gunung Bumi Perkasa Di Sukabumi, Jawa Barat.