

Kajian pengaruh faktor batuan terhadap fragmentasi batuan overburden hasil peledakan berdasarkan model Kuz-Ram

Study of rock factors effects on overburden rock fragmentation as blasting results based on the Kuz-Ram model

Archan Milus*, Eko Santoso, Hafidz Noor Fikri

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714, Telp.0812-7670-1521, Indonesia
e-mail: *archan.milus30@gmail.com, eko@ulm.ac.id, hafidz@ulm.ac.id

ABSTRAK

Distribusi fragmentasi hasil peledakan dipengaruhi oleh beberapa faktor ialah massa batuan, jenis bahan peledak, jumlah bahan peledak yang digunakan, deskripsi massa batuan didalam faktor batuan pada daerah penelitian yaitu powdery dan blocky. Penelitian ini berfokus pada pengaruh factor batuan terhadap fragmentasi hasil peledakan overburden.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pengamatan secara langsung dilapangan untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi situasi aktual seperti keterdapatn *rock mass description (RMD)*, *joint plane spacing (JPS)*, *joint plane orientation (JPO)*, *specific gravity (SGI)*, *hardness*. Pada penelitian faktor batuan hanya nilai RQD yang memiliki pengaruh sangat besar dalam peledakan. Analisis faktor batuan terhadap fragmentasi batuan menggunakan perangkat lunak *Split Desktop 2.0* untuk menghitung hasil fragmentasi aktual hasil peledakan sedangkan untuk teoritis menggunakan metode model *Kuz-Ram*.

Berdasarkan kajian nilai *rock quality designation* terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan didapatkan nilai fragmentasi 80 cm \geq 80% dikatakan ideal, hasil fragmentasi pada 2 lokasi penelitian dengan kegiatan peledakan 6 kali ialah 93,61%, 87,68%, 90,91% (powdery) dan 72,68%, 74,56%, 76,04% (blocky) untuk perhitungan model *Kuz-Ram*. Jadi pada satu lokasi penelitian masih di jumpai hasil distribusi fragmentasi yang kurang bagus dengan ukuran saringan 80 cm \leq 80%, yaitu pada deskripsi massa batuan *blocky*.

Kata Kunci: factor batuan, fragmentasi batuan, hasil peledakan, massa batuan

ABSTRACT

The distribution of fragmentation resulting from blasting is influenced by several factors, includes rock mass, type of explosive, amount of explosives used, description of rock mass in rock factors in the research area, namely powdery and blocky. This research focuses on the influence of rock factors on the fragmentation resulting from overburden blasting.

The method used in this research is direct observation in the field to get an idea of the actual situation conditions such as rock mass description (RMD), joint plane spacing (JPS), joint plane orientation (JPO), specific gravity (SGI), hardness. In rock factor research, only the RQD value has a very large effect on blasting. Rock factor analysis on rock fragmentation uses Split Desktop 2.0 software to calculate the actual fragmentation results from blasting, while for theoretical uses the Kuz-Ram model method.

Based on the study of rock quality designation values on rock fragmentation resulting from blasting, 80% the fragmentation value of 80 cm is said to be ideal, the results of fragmentation at 2 sites with blasting activities 6 times are 93.61%, 87.68%, 90.91% (powdery) and 72.68%, 74.56%, 76.04% (blocky) for the calculation of the Kuz-Ram model. So at one research location, there are still poor fragmentation distribution results with 80% a filter size of 80 cm, namely in the description of the blocky rock mass.

Keywords: rock factor, rock fragmentation, blasting results, rock mass

PENDAHULUAN

Kegiatan operasional penambangan batubara di wilayah kerja dilakukan oleh PT Inti Bara Perdana dalam kegiatan penambangan dilakukan sesuai dengan perencanaan dan target produksi yang di buat oleh PT Inti Bara Perdana. Kajian teknis peledakan dapat dikaji atau dilihat dari geometri peledakan dan fragmentasi hasil peledakan. Distribusi fragmen batuan merupakan parameter keberhasilan suatu peledakan. Dengan adanya usaha analisis distribusi fragmen batuan hasil peledakan, maka kegiatan peledakan selanjutnya dapat direncanakan lebih baik. Perencanaan yang dimaksud meliputi geometri, jumlah bahan peledak, dan faktor batuan .

Ada beberapa cara yang digunakan untuk melakukan analisis distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan, antara lain : metode peninjauan langsung atau pengukuran, analisis gambar secara digital dan perhitungan *Kuz-Ram*. Model *Kuz-Ram* sangat populer digunakan untuk

menganalisis[1], memprediksi[2, 3], dan mengevaluasi[4,5] fragmentasi teoritis hasil peledakan. Sejumlah modifikasi model *Kuz-Ram* juga telah dilakukan menyesuaikan dengan kebutuhan praktis [6,7].

Dalam menganalisis fragmentasi dengan perhitungan *Kuz-Ram* tentu harus menggunakan 5 parameter batuan, yaitu *rock mass description*, *joint plane spacing*, *joint plane orientation*, *specific gravity influence*, dan *Moh's hardness* data- data tersebut digunakan dalam perhitungan *Kuz-Ram* sebagai *rock factor* dalam menghitung fragmen hasil kegiatan peledakan.

Rock Quality Designation merupakan salah satu faktor batuan dalam perhitungan *Kuz-Ram* yang tidak dapat dikendalikan. Dengan mengetahui nilai dari RQD akan memudahkan untuk melakukan analisis sehingga hasil peledakan dapat tercapai. Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis terhdap distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan di PT Inti Bara Perdana berdasarkan

analisis gambar dan menggunakan perhitungan *Kuz-Ram* sebagai pembandingnya.

METODOLOGI

1. Studi Literatur

Mengumpulkan dan mempelajari kajian pustaka terkait masalah yang akan diselesaikan sesuai dengan rumusan masalah sehingga diketahui data-data yang diperlukan dalam menghitung distribusi fragmentasi batuan dan mengkaji masa batuan.
2. Peninjauan Lokasi dan Pengumpulan Data

Peninjauan lokasi dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dari hasil pengumpulan dan kajian pustaka. Adapun data-data yang diperlukan dan kegunaannya yaitu :

 - a. Data core box untuk melihat deskripsi massa batuan yang akan diledakan.
 - b. Geometri, pola peledakan, bahan peledak yang dibutuhkan, dan jenis bahan peledak untuk menghitung distribusi fragmen menggunakan model *KUZ-RAM*.
 - c. Data foto fragmentasi digunakan untuk menghitung distribusi fragmentasi secara aktual menggunakan *software Split Desktop 2.0*.
3. Pengolahan Data

Data-data yang telah diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data sehingga menghasilkan :

 - a. Menghitung distribusi fragmentasi aktual dan *prediksi KUZ_RAM*
 - b. Mendeskripsikan massa batuan.
4. Pembahasan

Pembahasan berisi jawaban permasalahan yang diajukan dan penjelasan mengenai hasil pengolahan data dan dibandingkan dengan dasar teori.
5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil penelitian yang merupakan jawaban secara tegas dan lugas atas rumusan masalah. Saran berisi usulan konkrit serta operasional agar dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai masalah perancangan tambang.

Instrumentasi dan Teknik Pengumpulan Data

Penyelesaian penelitian ini akan dibantu dengan aplikasi pertambangan yaitu *software Split Desktop 2.0* untuk menghitung ditrsibusi fragmentasi batuan secara aktual dan *software Microsoft Exel 2016*. untuk menghitung hasil fragmentasi model *Kuz-Ram*. Data-data yang diambil meliputi pengamatan lapangan dan pengumpulan data secara tidak langsung. Pengamatan dilapangan bertujuan untuk mengetahui kegiatan peledakan secara teknis. Cara

yang kedua yaitu menggunakan data perusahaan yang menunjang dalam pengolahan data.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini akan dibantu dengan data berupa peta, gambar, grafik dan tabel agar memudahkan penyampaian informasi hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Data-data yang telah diperoleh dari perusahaan selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan batasan-batasan yang telah ditentukan untuk menghasilkan distribusi fragmentasi batuan secara actual dan secara model *Kuz-Ram*, dan menentukan arah peledakan yang diinginkan.

Pembobotan Batuan

Rock blastability adalah daya tahan batuan terhadap peledakan, dipengaruhi oleh keadaan batuan dan tingkat sedimentasi. Menurut Jimeno (1995), pembobotan massa batuan yang berhubungan dengan peledakan adalah pembobotan massa batuan berdasarkan nilai indeks peledakan dan parameter-parameter untuk pembobotan tersebut meliputi deskripsi massa batuan, spasi bidang kekar, orientasi bidang kekar, pengaruh *specific gravity* dan kekerasan.

Geometri Peledakan

Lokasi penelitian berada di PT Inti Bara Perdana Pada lokasi penelitian ini terdapat 2 lokasi penelitian yaitu di Blok 3 dan di Blok 4B Jenis batuan *overburden* pada kedua lokasi tersebut adalah Andesit. PT Inti Bara Perdana menetapkan diameter lubang ledak sebesar 3 *inch*. Geometri masing-masing lokasi peledakan dikelompokan berdasarkan *burden* dan spasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Rock Factor

Dalam analisis fragmentasi batuan, faktor batuan merupakan masukan data untuk perhitungan peledakan berdasarkan model *Kuz-Ram*.

1. *Rock Mass Description (RMD)*

massa batuan merupakan susunan dari sistem blok-blok batuan utuh yang dipisahkan oleh bidang-bidang diskontinuitas yang masing-masing saling bergantung sebagai sebuah kesatuan unit yang berupa *joint*, bidang perlapisan dan patahan. adanya bidang diskontinuitas membuat kekuatan massa batuan menjadi berkurang.

Tabel-1. Pembobotan massa batuan

1. <i>Rock Mass Description (RMD)</i>	Pembobotan
1.1 <i>Powder/friable</i>	10
1.2 <i>Blocky</i>	20
1.3 <i>Totally massive</i>	50
2. <i>Joint Plane Spacing (JPS)</i>	Pembobotan
2.1 <i>Close (< 0,1m)</i>	10
2.2 <i>Intermediate (0,1 - 1,0 m)</i>	20
2.3 <i>Wide (>1,0 m)</i>	50
3. <i>Joint Plane Orientation (JPO)</i>	Pembobotan
3.1 <i>Horizontal</i>	10
3.2 <i>Dip out of face</i>	20
3.3 <i>Strike normal to face</i>	30
3.4 <i>Dip into face</i>	40
4. <i>Specific Gravity Influence (SGI)</i>	$SGI = (25 \times \text{bobot isi}) - 50$
5. <i>Hardness (H)</i>	1-10

Tabel-2. Geometri peledakan aktual

No	Tanggal Peledakan	Location Of Blast	Geometri						
			L (m)	J (m)	B (m)	S (m)	PC (m)	T (m)	PF (Kg/m ³)
1	15/5/2018	B3	2,5	0,3	2,5	3,5	0,9	1,5	0,14
2	18/5/2018	B3	2,8	0,5	2,5	3,5	1,1	1,7	0,15
3	22/5/2018	B3	2,5	0,3	2,5	3,5	1	1,5	0,16
4	16/5/2018	B4b	4,7	1	3	4	3,3	1,7	0,19
5	20/5/2018	B4b	4,5	1,3	3	4	2,7	1,7	0,15
6	24/5/2018	B4b	4,7	1,1	3	4	2,9	1,8	0,16

Rock Mass Description dapat diketahui melalui pengamatan kenampakan massa batuan secara langsung di lapangan. Berdasarkan keadaan di lapangan, dapat disimpulkan bahwa Rock Mass Description daerah penelitian adalah Powdery (10) dan Blocky.

Setelah nilai RQD didapat dari pengamatan langsung dilapangan kemudian dirata-ratakan dan dilakukan uji normalitas untuk mengambil rata-rata nilai RQD untuk mewakili 2 blok penambangan B3 dan B4 yang bersifat normal dilihat dari nilai signifikansi > 0,05.

1. Joint Plane Spacing (JPS)

Berdasarkan deskripsi massa batuan maka didapat rata-rata spasi bidang kekar daerah penelitian sebesar (> 0.1-1). meter yang termasuk ke dalam kelas Intermediet dan <0,1 masuk dalam kelas close.

2. Joint Plane Orientation (JPO)

Berdasarkan pengamatan di lapangan dimana arah ledakan batuan hasil peledakan berlawanan dengan dip

joint, diketahui bahwa orientasi bidang kekar daerah penelitian termasuk dip into face.

Berdasarkan hasil uji sampel yang dilakukan di Laboratorium pada lampiran didapatkan densitas batuan di daerah penelitian yaitu rata-rata sebesar 2.30 gr/cm³.

3. Hardness (H)

Nilai kekerasan batuan di daerah penelitian secara rata-rata termasuk memiliki kekerasan 3 dalam skala mohs dengan ucs hasil uji Laboratorium sebesar 27,80 Mpa.

Faktor Batuan

Dari 5 parameter batuan pada 2 lokasi blok 3 dan blok 4 penelitian kemudian dilakukan pembobotan point sesuai kriteria faktor batuan, yaitu Rock Mass Description (RMD), Joint Plane Spacing (JPS), Joint Plane Orientation (JPO), Specific Gravity Influence (SGI) dan Hardness (H). pada Tabel-5.



BLOCKY (B3)



POWDERY (B4)

Gambar-1. Deskripsi massa batuan

Tabel-3. Uji normalitas RQD

Tests of Normality (B3)						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
RQD	0.142	10	.200 [*]	0.96	10	0.789
Tests of Normality (B4)						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
RQD	0.195	7	.200 [*]	0.929	7	0.539

Tabel-4. Nilai RQD

BLOK 3	BLOK 4
59%	11,6%
51,6%	31%
56,4%	21,6%
50,6%	16,4%
53,6%	25%
54,8%	35,6%
51%	28,4%
Outlier	4,4%
Outlier	37,6%
Outlier	27,2%
Rata- Rata 53,85 (Blocky)	Rata-Rata 23,88 (Powdery)



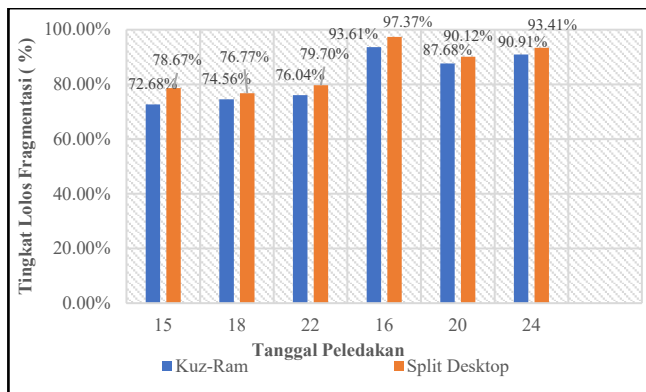
Gambar-2. Arah peledakan dan orientasi bidang lemah

Tabel-5. Faktor batuan

Tanggal Peledakan	RMD	JPS	JPO	SGI	H	BI	RF
	Bobot	Bobot	Bobot	Bobot Isi (t/m ³)	Moh,s		
15/5/2018	20	20	40	2,30	3	45,25	5,43
18/5/2018	20	20	40	2,30	3	45,25	5,43
22/5/2018	20	20	40	2,30	3	45,25	5,43
16/5/2018	10	10	40	2,30	3	35,25	4,23
20/5/2018	10	10	40	2,30	3	35,25	4,23
24/5/2018	10	10	40	2,30	3	35,25	4,23

Tabel-6. Persentase boulder Split Desktop

Tanggal Peledakan	Lokasi Peledakan	80 cm	RMD
15/5/2018	B3	78,67%	Blocky
18/5/2018	B3	76,77%	
22/5/2018	B3	79,70%	
16/5/2018	B4	97,37%	Powdery
20/5/2018	B4	90,12%	
24/5/2018	B4	93,41%	



Gambar-3. Perbandingan tingkat fragmentasi

Fragmentasi Peledakan

1. Perhitungan Secara Image Analysis

Pengukuran fragmentasi hasil peledakan secara *image analysis* dilakukan menggunakan *software Split Desktop* untuk mendapatkan *cumulative size distribution* fragmentasi hasil peledakan, berikut contoh foto fragmentasi yang diambil setelah kegiatan peledakan dilakukan

2. Perhitungan Fragmen Batuan Hasil Peledakan secara teoritis

Fragmen batuan hasil kegiatan peledakan secara teoritis dihitung menggunakan model Kuz-Ram dengan menggunakan data masukan berupa faktor batuan untuk mengetahui tingkat lolos fragmentasi hasil kegiatan peledakan.

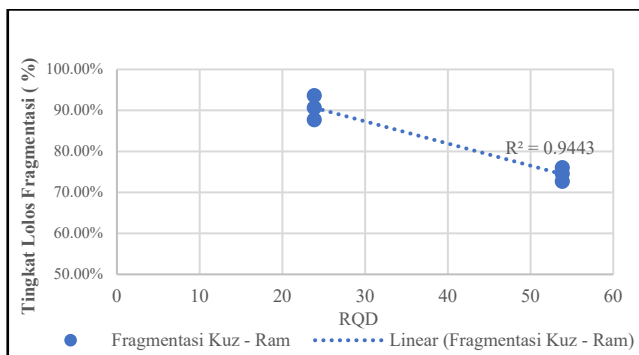
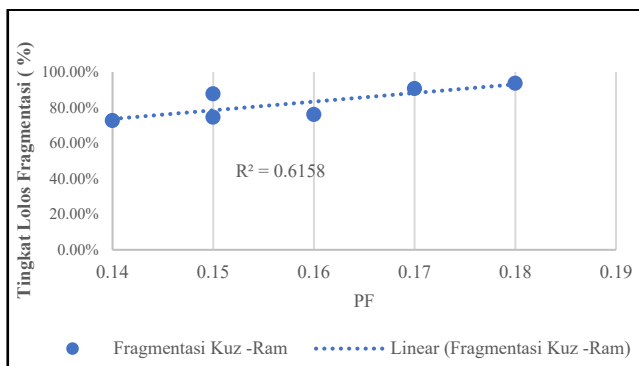
Pembahasan

Perbandingan Tingkat Fragmentasi Berdasarkan Metode Split Desktop dan Teori Kuzram

Setelah dilakukan pengolahan data terhadap fragmentasi peledakan aktual dengan *software Split Desktop* dan secara teoritis menggunakan teori Kuz-Ram dapat dilihat pada gambar-3.

Tabel-7. Tingkat lolos fragmentasi Model Kuz-Ram

Tanggal Peledakan	Lokasi Peledakan	Persentase Boulder (80 cm)	RMD
15/5/2018	B3	72,68%	Blocky
18/5/2018	B3	74,56%	
22/5/2018	B3	76,04%	
16/5/2018	B4	93,61%	Powdery
20/5/2018	B4	87,68%	
24/5/2018	B4	90,91%	



Gambar-4. Analisis hubungan RQD terhadap persentase boulder Teori Kuzram

Dari Gambar-3 dapat diketahui bahwa dari kedua perhitungan fragmentasi memiliki hasil rata-rata yang relatif sama, ada perbedaan hasil fragmentasi antara fragmentasi Kuz-Ram dengan fragmentasi Split Desktop contoh pada peledakan tanggal 15 Mei 2018 ada perbedaan yang lumayan besar dengan fragmentasi Kuz-Ram 72.68% dan fragmentasi Split desktop 78.67%. Hal tersebut disebabkan pada fragmentasi split desktop menggunakan data hasil lapangan berupa visual foto yang diolah sedangkan pada fragmentasi Kuz-Ram perhitungan fragmentasi batuan dipengaruhi oleh powder factor dan Faktor Batuan). Jadi dapat disimpulkan bahwa parameter Kuz-Ram dengan pembobotan faktor batuan dan powder factor sudah sangat mendekati hasil aktual Split Desktop.

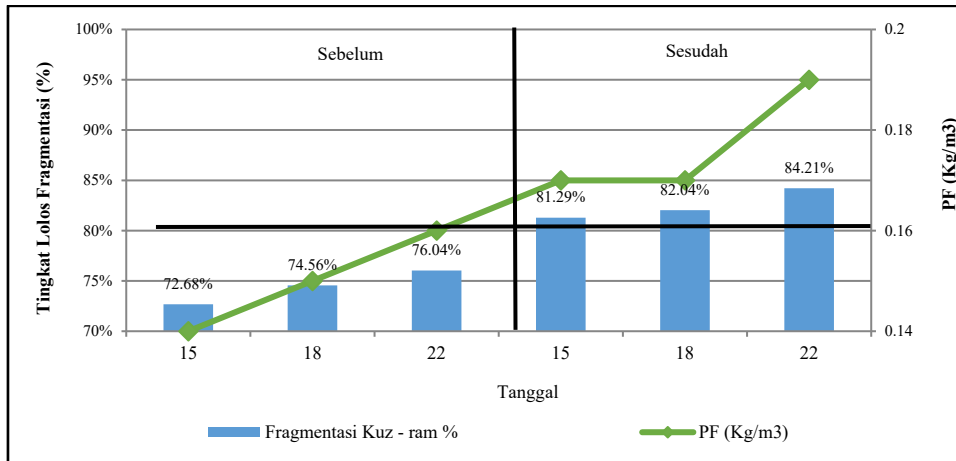
Analisis Hubungan Powder factor Terhadap Persentase Boulder Teori Kuzram

Pada penelitian ini juga dapat dianalisa hubungan powder factor terhadap arah peledakan dan persentase boulder teori kuzram. Nilai persentase material boulder akan berubah seiring dengan perubahan angka powder factor yang digunakan. Pada gambar-4 berikut menyajikan

perbandingan hubungan antara *powder factor* terhadap presentase *boulder* split desktop dan teori kuzram.

Tabel-8. Rekomendasi isian bahan peledak

No	Tanggal Peledakan	Persentase Lolos Saringan 80 cm	Geometri						
			L (m)	J (m)	B (m)	S (m)	PC (m)	T (m)	PF (Kg/m ³)
1	15/5/2018	81,29%	2,3	0,5	2,50	3,50	1,1	1,7	0,17
2	18/5/2018	82,04%	2,8	0,5	2,50	3,50	1,3	2	0,17
3	22/5/2018	84,21%	2,3	0,5	2,50	3,50	1,2	1,6	0,19



Gambar-5. Rekomendasi Isian Bahan Peledak

Dari gambar-4 dapat diketahui semakin besar angka *powder factor* yang digunakan seharusnya hasil peledakan fragmentasi tercapai namun pada grafik tidak demikian karena terdapat massa batuan yang berbeda yang berpengaruh, maka akan menghasilkan nilai *persentase* material *boulder* lolos ukuran 80 cm kurang dari 80% dimana nilai tersebut merupakan standar *boulder* dari perusahaan seperti terlihat pada angka *pf* 0.15 kg/m³ lokasi B3 maka nilai *persentase boulder* fragmentasi Kuz-Ram 74.56% untuk deskripsi massa batuan blocky tanggal 18 Mei 2018, sedangkan pada peledakan di lokasi B4 tanggal 20 Mei 2018 dengan *pf* 0.15 kg/m³ maka nilai *persentase boulder* fragmentasi Kuz-Ram (80 cm) 87.68% dengan deskripsi massa batuan powdery. Dengan demikian untuk mengurangi jumlah material *boulder* yang tinggi maka perlu dilakukan perubahan (penambahan) kolom isian pada geometri peledakan.

Upaya Untuk Meningkatkan Hasil Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Rekomendasi Isian Bahan Peledak

Sebagai masukan kepada perusahaan untuk memperbaiki distribusi fragmen, dilakukan upaya penambahan kolom isian yang baru dengan menambah isian bahan peledak. Pembuatan rancangan penambahan kolom isian baru menggunakan prediksi model *Kuz-Ram*. Ada 3 lokasi peledakan yang belum optimal hasil peledakannya yaitu pada tanggal 15, 18 dan 22 maka perlu dilakukan penambahan kolom isian peledakan sebagai berikut hasilnya.

Setelah dilakukan penambahan isian bahan peledak dari ke tiga lokasi peledakan maka akan mendapatkan hasil *persentase boulder* yang lolos ukuran

saringan 80 cm diatas 80 % sesuai dengan standar perusahaan , tetapi untuk *powder factor* mengalami kenaikan yang awalnya pada peledakan tanggal 15, 18 dan 22 memiliki angka (0.14, 0.15 dan 0.16 kg/m³) menjadi (0.17, 0.17 dan 0.19 kg/m³).

Rekomendasi Rancangan Peledakan

Sebagai masukan kepada perusahaan untuk memperbaiki distribusi fragmen, dilakukan upaya untuk merancang kolom isian terhadap massa batuan. Ada 1 lokasi peledakan yang belum optimal terdapat 3 kali peledakan yaitu pada tanggal 15, 18 dan 22 dengan deskripsi massa batuan blocky, maka perlu dilakukan penambahan kolom isian karena parameter RMD tidak dapat dikendalikan namun energi peledakan dapat dikendalikan dengan penambahan kolom isian sebagaimana tabel-8.

Setelah dilakukan penambahan kolom isian (energy peledakan) pada deskripsi massa batuan blocky maka akan mendapatkan hasil *persentase boulder* yang lolos ukuran saringan 80 cm diatas 80 % dengan nilai *persentase boulder* untuk tanggal peledakan 15, 18 dan 22 sebesar (81,26%, 82,04% dan 84.21%).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai distribusi ukuran material hasil peledakan pada PT Inti Bara Perdana, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Geometri yang digunakan pada PT Inti Bara Perdana masih belum optimal ditinjau dari hasil fragmentasi peledakan. Geometri yang digunakan yaitu *burden* 2,5

meter dengan spasi 3 m dengan nilai *PF* rata-rata 0,15 kg/m³.

2. Peledakan pada lokasi B3 penelitian dikategorikan belum bagus karena dihasilkan persentase fragmentasi lolos ukuran saringan 80 cm kurang dari 80%, yaitu pada tanggal peledakan 15, 18 dan 20 yang memiliki angka masing-masing 72,68 %, 74,56 %, 76,04 % teori *Kuz-Ram*. Faktor-faktor teknis yang mempengaruhi fragmentasi hasil peledakan adalah perlakuan yang sama terhadap faktor batuan di tiap lokasi peledakan dan penggunaan *powder factor* yang relatif sama.
3. Rekomendasi penambahan kolom isian yang diusulkan pada PT Inti Bara Perdana ialah pada 3 lokasi peledakan yang belum optimal hasil fragmentasi peledakan pada tanggal 15, 18 dan 20 dengan rincian burden 2,5 dan spasi 3 untuk ketiga lokasi peledakan. Sedangkan isian bahan peledak ialah 1,1 m, 1,3 m dan 1,2 m untuk steaming 1,7 m, 2 m dan 1,6 m dengan jumlah *powder factor* masing masing 0,17 kg/m³, 0,17 kg/m³ dan 0,19 kg/m³ dengan nilai persentase *boulder* masing-masing ialah 81,29%, 82,04% dan 84,21%.

Adapun saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian, yaitu :

1. Perlu adanya analisis faktor batuan sebelum melakukan proses peledakan sehingga sesuai dengan kebutuhan bahan peledak dan jenis material yang ingin diledakkan.
2. Perlu adanya analisis secara statistik menggunakan data yang lebih banyak untuk tiap – tiap pembobotan faktor batuan terutama nilai RQD yang berbeda-beda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pimpinan dan karyawan PT Inti Bara Perdana yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian pada salah satu blok penambangan yang ada di perusahaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. V. B. Cunningham, “The Kuz-Ram fragmentation model—20 years on,” *Brighton conference proceedings*, European Federation of Explosives Engineers, England, vol. 4, Sept, 2005.
- [2] M. A. Morin and F. Francesco, “Monte Carlo simulation as a tool to predict blasting fragmentation based on the Kuz–Ram model”, *Computers & geosciences*, vol. 32, no. 3, pp. 352-359, 2006.
- [3] A. Hekmat, S. Munoz, and R. Gomez, ”Prediction of rock fragmentation based on a modified Kuz-Ram model,” in *Proceedings of the 27th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection-MPES 2018*, Springer, Cham., 2019, pp. 69-79.
- [4] T. Simamora, *et al.*, “M. Evaluasi Geometri Peledakan Pada Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Di Pit Warute PT Bukit Intan Indoperkasa,” *Jurnal Himasapta*, vol. 3, no. 02, 2019.
- [5] G. A. Nilasari, *et al.*, “Evaluasi Geometri Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan Pada Penambangan Batugamping di PT Semen Tonasa,” *Jurnal Himasapta*, vol. 2, no. 02, 2019.
- [6] A. I. A. Lawal, “New modification to the Kuz-Ram model using the fragment size predicted by image analysis,” *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 138, 104595, 2021.
- [7] S. Gheibie, *et al.*, “Modified Kuz–Ram fragmentation model and its use at the Sungun Copper Mine,” *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 46, no. 6, pp. 967-973, 2009.