

Perbandingan antara *Image Analysis* dan Prediksi Fragmentasi Model Kuz-Ram, PT J Resources Bolaang Mongondow

Muhammad Rakha Aqiliyan*, Dedi Yulhendra

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* rakhaaqiliyan88416@gmail.com

Abstrak. Fragmentasi batuan merupakan salah satu aspek penting dalam optimalnya suatu kegiatan peledakan. Hal ini dikarenakan akan memiliki dampak terhadap biaya kegiatan penambangan lainnya seperti pemuatan, pengangkutan, peremukuan, dan kegiatan pengolahan bijih pada industri pertambangan. Untuk memperoleh fragmentasi batuan yang optimal, diperlukan perencanaan yang baik, salah satunya dengan melakukan analisis terhadap prediksi fragmentasi batuan hasil peledakan. Model prediksi fragmentasi batuan yang dapat digunakan adalah model Kuz-Ram. Pada topik kali ini ingin menilai efektifitas prediksi fragmentasi Kuz-Ram dengan membandingkannya dengan metode *image analysis*. Setelah dilakukan analisis, pada *Pit Mainridge* didapatkan korelasi r 0,672 dengan nilai R^2 0,45. Sedangkan pada *Pit North Mainridge*, diperoleh nilai korelasi r 0,721 dengan nilai R^2 0,52.

Kata kunci: peledakan, fragmentasi, image analysis, prediksi fragmentasi

Abstract. Rock fragmentation is one of the important aspects in optimizing a blasting activity. This is because it will have an impact on the costs of other mining activities such as loading, transportation, crushing, and ore processing activities in the mining industry. To obtain optimal rock fragmentation, good planning is needed, one of which is by analyzing the prediction of rock fragmentation from blasting. The rock fragmentation prediction model that can be used is the KuzRam model. In this topic, we want to assess the effectiveness of the Kuz-Ram fragmentation prediction by comparing it with the image analysis method. After the analysis, the Mainridge Pit obtained a correlation of r 0.672 with an R^2 value of 0.45. While at the North Mainridge Pit, a correlation value of r 0.721 was obtained with an R^2 value of 0.52.

Keywords: blasting, fragmentation, image analysis, fragmentation prediction

Tanggal Diterima: 20/08/2024; Tanggal Direvisi: 23/08/2024; Tanggal Disetujui: 23/08/2024; Tanggal Dipublikasi: 23/08/2024

1. Pendahuluan

PT J Resources Bolaang Mongondow atau disingkat PT JRBM Site Bakan merupakan salah satu perusahaan yang beroperasi dibidang pertambangan emas. Berlokasi Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara. Sejak tahun 2013, PT JRBM mengelola pertambangan emas di Desa Bakan yang telah memiliki beberapa pit, beberapa diantaranya ada yang masih aktif melakukan kegiatan produksi dan ada yang telah dilakukan reklamasi.

Dalam kegiatan penambangan, PT JRBM melakukan pembongkaran ataupun pemberaian batuan menggunakan peledakan karena material di lokasi memiliki tingkat kekerasan yang cukup tinggi, sehingga alat berat tidak dapat digunakan secara langsung untuk melakukan pengambilan waste maupun ore. Setiap perusahaan pastinya ingin mendapatkan hasil fragmentasi yang bagus dari setiap peledakan yang dilakukan dikarenakan fragmentasi yang optimal dari batuan yang meledak dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pertambangan. Terutama evaluasi fragmentasi tetap menjadi dksusi penting dalam dunia pertambangan karena merupakan langkah pertama menuju pengolahan mineral [1]. Perusahaan pun menargetkan untuk fragmentasi hasil peledakan memiliki ukuran P80 yaitu 10 cm.

Ukuran fragmentasi yang optimal adalah fragmentasi yang berukuran sesuai dengan kebutuhan dari setiap perusahaan. Oleh karena itu penulis mengambil studi kasus mengenai perbandingan antara metode *image analysis* dan fragmentasi batuan hasil prediksi model Kuz-Ram.

2. Kajian Pustaka

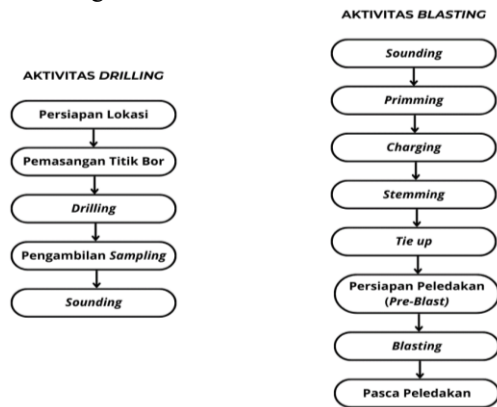
2.1 Peledakan

Peledakan adalah kegiatan dengan tujuan memecahkan atau membeaikan batuan menggunakan bahan peledak. Kegiatan peledakan dilakukan dengan tujuan untuk membeaikan material batuan dari batuan induknya sehingga dapat memudahkan proses penggalian (*digging*) dan pemuatan (*loading*) menggunakan alat gali muat. Setelah itu, material hasil peledakan akan masuk tahap pengangkutan (*hauling*) dan peremukuan (*crushing*) jika material hasil peledakan masih belum sesuai dengan target. Untuk memudahkan kegiatan ini, maka operasi peledakan harus berhasil dilakukan yang ditandai dengan fragmentasi batuan sesuai dengan yang diharapkan.

2.2 Mekanisme Pengeboran dan Peledakan

Kegiatan pengangkutan material ore yang bersifat keras dari batuan induknya tidak dapat dilakukan secara langsung dengan melakukan penggalian alat gali muat (*excavator*), sehingga diperlukan kegiatan pemboran dan peledakan. Hal

ini tujuan untuk membeberaikan batuan menjadi material dengan ukuran fragmentasi tertentu yang sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 1. Tahapan Kegiatan Pengeboran dan Peledakan

2.3 Geometri Peledakan

Fragmentasi batuan dan jenjang yang terbentuk adalah hasil dari rancangan geometri peledakan. Jarak ke bidang bebas disebut *burden* (B), jarak antar lubang disebut *spacing* (S), *stemming* (T), *subdrilling* (J), *hole depth*/kedalaman lubang peledakan (L), *powder column*/panjang kolom isian (PC), diameter lubang peledak (D), dan tinggi tangga (H) adalah semua komponen dari geometri peledakan tersebut. Terdapat beberapa model perhitungan geometri peledakan, yaitu model RL Ash [2], CJ Konya [3], dan ICI Explosives [4]. RL Ash merumuskan model geometri peledakan berdasarkan pengalaman empirik dengan nilai batuan standar dan bahan peledak standar. Sedangkan dalam rumusan geometri peledakan CJ Konya, modelnya lebih kompleks dengan pertimbangan faktor bahan peledak, sifat batuan, serta pola peledakan yang digunakan. Lalu, ICI Explosives merupakan model geometri yang memiliki konsep *trial and error*.

2.4 Image Analysis dan Prediksi Fragmentasi Kuz-Ram

Ukuran pecahan batuan hasil kegiatan peledakan dikenal sebagai fragmentasi. Fragmentasi batuan hasil peledakan biasanya bervariasi dan beragam pada setiap kali kegiatan peledakan yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Sebagian besar perusahaan menargetkan ukuran fragmentasi yang berukuran lebih kecil agar lebih mudah untuk dilakukan pengolahannya, terutama pada *ore* emas. Dalam perkembangannya, terdapat beberapa model analisis ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan.

Salah satunya adalah dengan menggunakan *software Split Desktop* dengan pemanfaatan *image analysis*. *Split Desktop* dapat menganalisis distribusi ukuran fragmentasi material hasil peledakan dengan cara menganalisa fragmentasi batuan pada foto berdasarkan fragmentasi aktual di lapangan. Metode ini dapat menghasilkan data

ukuran batuan dalam grafik log dan tabel dengan hasil material yang lolos pada aspek ayakan yang telah ditentukan.

Untuk menganalisis prediksi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan, salah satu perhitungan yang dapat digunakan adalah model perhitungan fragmentasi batuan oleh Kuz-Ram. Model perhitungan Kuz-Ram berdasar pada model persamaan dari Kuznetsov (1973), Rosin dan Rammler (1993) [5].

$$Xm = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0.8} x Q^{0.167} \left(\frac{E}{115}\right)^{-0.63}$$

$$n = \left(2.2 - 14 \frac{B}{De}\right) x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left(\frac{1 + \frac{S}{B}}{2}\right)^{0.5} x \frac{L}{H}$$

$$P80 = Xm \left(\ln\left(\frac{1}{0.20}\right)\right)^{\frac{1}{n}}$$

Keterangan.

- Xm = Ukuran fragmentasi rata-rata (cm)
- A = Faktor batuan (Rock Factor)
- V = Volume batuan terbuka (m3)
- Q = Berat handak (kg)
- E = RWS bahan peledak (DABEX = 77)
- n = Indeks keseragaman
- B = *Burden* (m)
- De = Diameter lubang ledak (mm)
- W = Standar deviasi kedalaman
- S = *Spacing* (m)
- L = Kedalaman lubang ledak (m)
- H = Tinggi jenjang (m)

Pada model perhitungan Kuz-Ram, untuk memperoleh nilai faktor batuan menggunakan beberapa parameter, yaitu:

Tabel 1. Analisis Nilai Faktor Batuan

Parameter	Rating
<i>Rock Mass Description (RMD)</i>	
1. Powdery/Friable	10
2. Blocky	20
3. Totally massive	50
<i>Joint Plane Spacing (JPS)</i>	
1. Close (S < 0,1 m)	10
2. Intermediate (S 0,1 – 1 m)	20
3. Wide (S > 1 m)	30
<i>Joint Plane Orientation (JPO)</i>	
1. Horizontal	10
2. Dip out of face	20
3. Strike normal to face	30
4. Dip into face	40
<i>Specific Gravity Influence (SGI)</i>	25 × SG – 50
<i>Hardness (H) Skala Mohs</i>	1 sampai 10
<i>Blastibility Index (BI)</i>	0,5 × (RMD+JPS+JPO+SGI+H)

Parameter	Rating
Rock Factor (A)	0,12 × BI

3. Metodologi Penelitian

3.1 Sumber Data

3.1.1 Studi Literatur

Pada tahap ini, yang dilakukan adalah mengumpulkan informasi dan referensi bacaan terkait tema studi kasus yang akan dianalisis, misalnya definisi, strategi, atau teknik yang dapat menambah acuan penulis menyelesaikan studi kasus untuk hasil yang lebih baik. Kajian teori dapat diperoleh dari karya ilmiah, buku, website, maupun informasi yang didapatkan secara langsung dari berbagai narasumber dilapangan.

3.1.2 Orientasi dan Pengamatan Lapangan

Disini penulis melakukan orientasi kegiatan penambangan yang dilaksanakan perusahaan dengan ikut secara langsung ke lapangan maupun di kantor masing-masing departemen. Khususnya pada lokasi peledakan, penulis melakukan pengamatan langsung terhadap geometri peledakan, fragmentasi batuan, dan dampak hasil peledakan.

3.1.2 Perumusan Masalah

Dibuat berdasarkan isu-isu yang ada di lapangan. Lalu, dari isu yang diperoleh akan dilakukan pembahasan lebih lanjut untuk menjawab isu-isu yang terkait dengan topik studi kasus.

3.2 Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan adalah data yang relevan dengan kebutuhan penelitian dan didasarkan pada literatur yang ada. Selanjutnya, akan digunakan sebagai acuan dalam mencari solusi atas permasalahan yang ditemukan.

Dalam analisis ini, menggunakan data primer dan data sekunder. Kegiatan ini dilakukan setelah mempelajari literatur dan pengamatan di lapangan. Berikut ini data primer dan data sekunder yang dibutuhkan:

1. Data Primer
 - a. Data geometri peledakan
 - b. Fragmentasi peledakan
 - c. Deskripsi karakteristik massa batuan
2. Data Sekunder
 - a. Spesifikasi handak dan material batuan
 - b. *Blasting sheet* pada setiap blok peledakan

3.3 Teknik Pengolahan Data

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data dan analisis sehingga didapatkan

hasil analisis dan pembahasannya. Berikut analisis yang dilakukan:

1. Menganalisis geometri peledakan aktual pada *Pit Mainridge* dan *Pit North Mainridge*.
2. Menganalisis distribusi ukuran fragmentasi peledakan aktual dengan menggunakan image analysis *Split Desktop* pada setiap blok peledakan *Pit Mainridge* dan *Pit North Mainridge*.
3. Menganalisis nilai faktor batuan pada setiap blok peledakan untuk memperoleh prediksi ukuran fragmentasi hasil peledakan dari setiap blok peledakan *Pit Mainridge* dan *Pit North Mainridge* menggunakan model prediksi fragmentasi Kuz-Ram.
4. Membandingkan dan menganalisis keefisienan penggunaan model prediksi fragmentasi Kuz-Ram dalam memprediksi distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan aktual.
5. Menganalisis geometri peledakan yang optimal untuk mencapai target fragmentasi yang sesuai dengan karakteristik faktor batuan di *Pit Mainridge* dan *Pit North Mainridge*.

Setelah analisis terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan aktual dan hasil analisis prediksi fragmentasi batuan Kuz-Ram, dapat diperoleh geometri peledakan yang optimal sesuai nilai faktor batuan pada tiap pit, untuk memperoleh ketercapaian target ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Geometri Peledakan

Pada kegiatan peledakan, PT J Resources Bolaang Mongondow bekerja sama dengan pihak kontraktor PT Samudera Mulia Abadi sebagai pengawas operasional drilling & blasting dan sub-kontraktor PT Dahana sebagai pihak penyedia jasa blasting beserta dengan bahan peledaknya. Bahan peledak yang dipakai adalah DABEX 64 (Dahana Bulk Emulsion Explosives) dengan perbandingan 60% emulsi dan 40% ANFO. Pada perhitungan loading density, diperoleh 10.403 kg/m.

Tabel 2. Spesifikasi Bahan Peledak (DABEX 64)[6]

Specifications	DABEX 64
Specific Gravity	1.28 g/cc
Emulsion Content	60 %
Relative Weight Strength	71
Velocity of Detonatiom	5200 m/s
Water Resistance	Excelent

Tabel 3. Geometri Peledakan *Pit Mainridge*

No	Tanggal/Lokasi	B	S	T	J	L	PC	n (Jumlah Lubang)
1	18.01 / MRC_710BO	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	217
2	19.01 / MRC_705BM	3.5	3.5	2.3	0.2	5.2	2.9	130
3	20.01 / MRC_710BP	3.5	3.5	2.4	0.2	5	2.6	203
4	22.01 / MRC_700BG	3.5	3.5	2.5	0.2	5.1	2.6	540
5	22.01 / MRC_700BE	3.5	3.5	2.5	0.2	5.1	2.6	389
6	22.01 / MRC_705BO	3.5	3.5	2.5	0.2	5.1	2.6	207
7	24.01 / MRC_705BQ	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	186
8	24.01 / MRC_710BQ	3.5	3.5	2.3	0.2	5.2	2.9	250
9	25.01 / MRC_700BI	3.5	3.5	2.3	0.2	5.1	2.8	292
10	25.01 / MRC_700BH	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	103
11	27.01 / MRC_705BS	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	187
12	29.01 / MRC_700BL	3.5	3.5	2.4	0.2	5.1	2.7	156
13	29.01 / MRC_705BR	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	51
14	30.01 / MRC_695AX	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	271
15	30.01 / MRC_705BV	3.5	3.5	2.2	0.2	4.8	2.6	72
16	31.01 / MRC_700BK	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	240
17	01.02 / MRC_695AZ	3.5	3.5	2.4	0.2	5	2.6	218
18	01.02 / MRC_695AY	3.5	4	2.4	0.2	5.2	2.8	379
19	02.02 / MRC_700BM	3.5	3.5	2.4	0.2	5.2	2.8	340
20	06.02 / MRC_695BE	3.5	3.5	2.2	0.2	5	2.8	293

Tabel 4. Geometri Peledakan *Pit North Mainridge*

No	Tanggal/Lokasi	B	S	T	J	L	PC	n (Jumlah Lubang)
1	19.01 / NMR_385TK	4.5	4.5	2.7	0.2	5.4	2.7	136
2	20.01 / NMR_380TA	4.5	4.5	2.6	0.2	5.2	2.6	245
3	24.01 / NMR_380TB	4.5	4.5	2.6	0.2	5.1	2.5	148
4	27.01 / NMR_380TC	4.5	5	2.6	0.2	5.2	2.6	159
5	31.01 / NMR_380TE	4.5	4.5	2.9	0.2	5.2	2.3	104
6	01.02 / NMR_380TD	4.5	4.5	2.8	0.2	5.2	2.4	125
7	03.02 / NMR_385TL	4.5	4.5	2.8	0.2	5	2.2	78
8	06.02 / NMR_380TG	4.5	5	2.8	0.2	5	2.2	255

4.2 Image Analysis

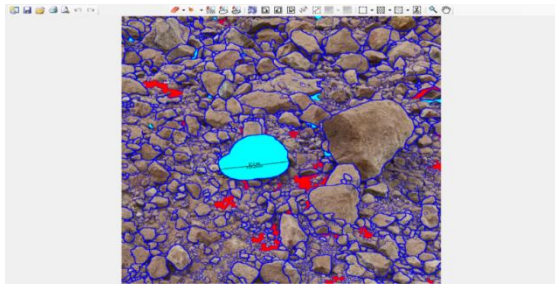
Image analysis dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan di *Pit Mainridge* dan *Pit North Mainridge*. Hal ini penting untuk dilakukan untuk memperoleh gambaran keberhasilan dari perencanaan kegiatan peledakan yang dilakukan untuk memperoleh ukuran fragmentasi yang optimal.

Untuk menganalisis distribusi fragmentasi hasil peledakan aktual, dilakukan pengambilan foto dari fragmentasi hasil peledakan sebanyak 3 (tiga) kali per 1 (satu) blok peledakan. Untuk melakukan analisis fragmentasi, digunakan *software Split-Desktop 4.0*. Tahapan *image analysis* dilakukan dengan menentukan gambar fragmentasi hasil peledakan aktual, lalu dilakukan perhitungan

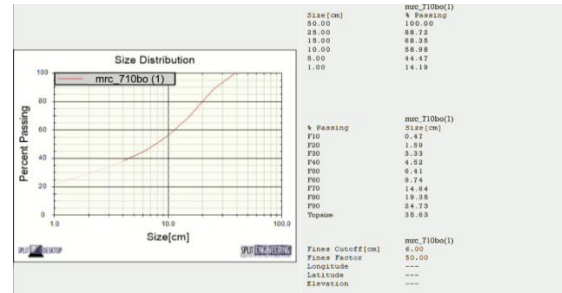
fragmentasi menggunakan *software* dengan menggunakan *safety helmet* sebagai skala pembanding dengan ukuran fragmentasi. Setelah dimiliki skala pembanding, selanjutnya melakukan deliniasi terhadap fragmentasi material baik secara manual maupun otomatis oleh program. Setelah deliniasi fragmentasi selesai, hasil distribusi ukuran fragmentasi dapat dilihat di menu result dengan tampilan grafik serta distribusi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan. Tahapan *image analysis* menggunakan *Split Desktop 4.0* dapat dilihat pada gambar 2 sampai gambar 4.



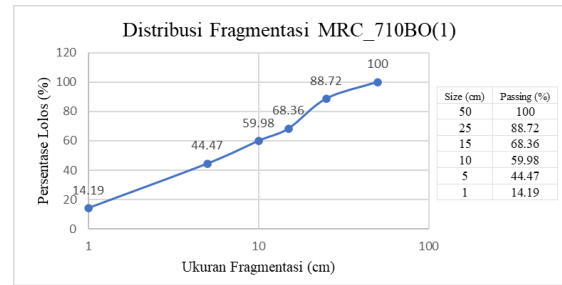
Gambar 2. Foto Fragmentasi Hasil Peledakan



Gambar 3. Deliniasi Fragmentasi *Split-Desktop*



Gambar 4. Menu Hasil Analisis Distribusi Fragmentasi *Split-Desktop*



Gambar 5. Grafik Distribusi Fragmentasi

Dari hasil *image analysis* menggunakan *software Split-Desktop*, diketahui distribusi fragmentasi hasil peledakan sebagai berikut:

Tabel 4. Distribusi Ukuran Fragmentasi P80 Peledakan *Pit Mainridge*

No	Tanggal/ Lokasi	P80 (cm)	Split Desktop						
			Rata-Rata	< 10 cm (%)	Rata-Rata	Rata-Rata			
1	18.01 / MRC_710BO	19.35	23.3	12.53	18.39	59.98	57.38	70.53	62.63
2	19.01 / MRC_705BM	18.79	22.64	13.65	18.36	72.17	57.86	72.74	67.59
3	20.01 / MRC_710BP	18.47	21.64	26.86	22.32	72.87	57.56	62.76	64.40
4	22.01 / MRC_700BG	19.78	12.78	22.42	18.33	56.65	70.37	57.17	61.40
5	22.01 / MRC_700BE	19.8	17.77	22.05	19.87	55.88	73.94	57.83	62.55
6	22.01 / MRC_705BO	20.13	15.19	17.3	17.54	56.14	67.83	72.66	65.54
7	24.01 / MRC_705BQ	20.77	22.65	9.93	17.78	55.98	57.82	80.23	64.68
8	24.01 / MRC_710BQ	17.98	11.95	15.45	15.13	56.35	73.52	62.03	63.97
9	25.01 / MRC_700BI	17.64	15.4	16.07	16.37	57.28	63.12	59.04	59.81
10	25.01 / MRC_700BH	25.53	11.04	19.8	18.79	63.3	74.74	55.7	64.58
11	27.01 / MRC_705BS	13.49	14.79	21.82	16.70	72.14	71.6	57.21	66.98
12	29.01 / MRC_700BL	17.28	17.59	22.73	19.20	72.83	56.95	56.97	62.25
13	29.01 / MRC_705BR	18.47	21.96	12.12	17.52	73.54	57.35	72.75	67.88
14	30.01 / MRC_695AX	13.25	15.6	28.32	19.06	58.98	56.63	53.71	56.44
15	30.01 / MRC_705BV	25.55	16.04	12.78	18.12	62.91	59.63	70.37	64.30
16	31.01 / MRC_700BK	15.59	17.22	22.84	18.55	56.59	73.26	56.17	62.01
17	01.02 / MRC_695AZ	21.67	19.83	25.22	22.24	57.42	55.26	62.37	58.35
18	01.02 / MRC_695AY	19.86	21.94	25.71	22.50	55.97	57.59	61.88	58.48
19	02.02 / MRC_700BM	18.53	13.25	25.37	19.05	70.72	67.84	60.79	66.45
20	06.02 / MRC_695BE	18.74	14.61	16.1	16.48	71.36	70.95	59.95	67.42
Rata-Rata					18.62		Rata-Rata		63.39

Tabel 5. Distribusi Ukuran Fragmentasi P80 Peledakan *Pit North Mainridge*

No	Tanggal/ Lokasi	Split Desktop							
		P80 (cm)			Rata-Rata			< 10 cm (%)	
1	19.01 / NMR_385TK	18.10	14.05	19.82	17.32	59.72	74.12	57.37	63.74
2	20.01 / NMR_380TA	14.15	10.94	9.33	11.47	72.86	78.02	80.57	77.15
3	24.01 / NMR_380TB	17.69	11.12	9.83	12.88	56.53	74.78	81.84	71.05
4	27.01 / NMR_380TC	16.12	14.07	15.52	15.24	58.62	73.20	56.95	62.92
5	31.01 / NMR_380TE	16.61	13.64	15.21	15.15	58.31	66.84	66.98	64.04
6	01.02 / NMR_380TD	15.72	14.38	14.64	14.91	56.49	70.43	69.34	65.42
7	03.02 / NMR_385TL	17.23	10.01	16.86	14.70	72.83	78.28	58.51	69.87
8	06.02 / NMR_380TG	15.49	14.58	15.53	15.20	58.36	70.36	56.78	61.83
Rata-Rata					14.61	Rata-Rata			67.00

Dari perhitungan ukuran fragmentasi menggunakan *software Split Desktop 4.0*, diperoleh rata-rata ukuran fragmentasi hasil peledakan P80 pada *Pit Mainridge (Ore)* berukuran 18.75 cm, sedangkan persentase fragmentasi berukuran dibawah 10 cm adalah 63.27 %. Hal ini menandakan bahwa fragmentasi hasil peledakan di *Pit Mainridge (Ore)* belum memenuhi target perusahaan, dengan target perusahaan untuk fragmentasi P80 berukuran dibawah 10 cm dan dengan persentase diatas 80 % disetiap blok peledakannya.

Untuk *Pit North Mainridge*, diperoleh ukuran fragmentasi hasil peledakan P80 berukuran rata-rata 14.61 cm, sedangkan persentase fragmentasi berukuran dibawah 10 cm adalah 67 %. Hal ini menandakan bahwa fragmentasi hasil peledakan di *Pit North Mainridge* juga belum memenuhi target perusahaan.

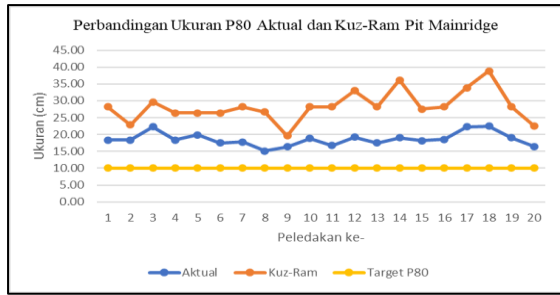
4.3 Prediksi Fragmentasi Kuz-Ram

Prediksi ukuran fragmentasi hasil peledakan menggunakan model Kuz-Ram membutuhkan parameter faktor batuan (A), volume batuan terbongkar hasil peledakan (V), jumlah bahan peledak (Q), dan *relative weight strength* bahan peledak (RWS). Lalu, dilakukan juga analisis terhadap nilai indeks keseragaman (n) pada tiap blok peledakan. Nilai n yang lebih besar menunjukkan distribusi ukuran fragmentasi yang lebih seragam dan mendekati ukuran rata-rata, sedangkan nilai n yang lebih kecil menunjukkan distribusi ukuran fragmentasi yang lebih bervariasi. Ukuran fragmentasi P80 (... cm) pada tiap blok peledakan dapat dianalisis dengan nilai ukuran fragmentasi rata-rata dan nilai indeks keseragaman.

Setelah dilakukan analisis terhadap seluruh parameter perhitungan ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan model Kuz-Ram, didapatkan perbandingan ukuran P80 aktual dan ukuran prediksi P80 Kuz-Ram sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan Ukuran Fragmentasi P80 Aktual dan Prediksi P80 Kuz-Ram *Pit Mainridge*

No	Tanggal/Lokasi	Ukuran P80 Aktual (cm)	Ukuran P80 Kuz-Ram (cm)
1	18.01/MRC_710BO	18.39	28.21
2	19.01/MRC_705BM	18.36	22.89
3	20.01/MRC_710BP	22.32	29.66
4	22.01/MRC_700BG	18.33	26.41
5	22.01/MRC_700BE	19.87	26.41
6	22.01/MRC_705BO	17.54	26.41
7	24.01/MRC_705BQ	17.78	28.21
8	24.01/MRC_710BQ	15.13	26.64
9	25.01/MRC_700BI	16.37	19.57
10	25.01/MRC_700BH	18.79	28.21
11	27.01/MRC_705BS	16.70	28.21
12	29.01/MRC_700BL	19.20	32.98
13	29.01/MRC_705BR	17.52	28.21
14	30.01/MRC_695AX	19.06	36.16
15	30.01/MRC_705BV	18.12	27.56
16	31.01/MRC_700BK	18.55	28.21
17	01.02/MRC_695AZ	22.24	33.84
18	01.02/MRC_695AY	22.50	38.87
19	02.02/MRC_700BM	19.05	28.21
20	06.02/MRC_695BE	16.48	22.59

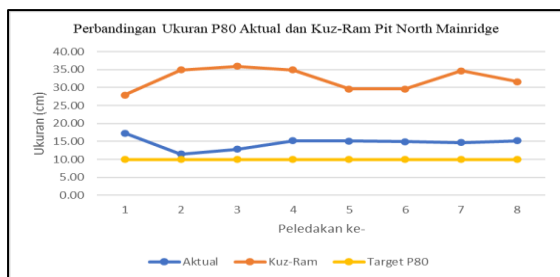


Gambar 6. Perbandingan Ukuran Fragmentasi P80 Aktual dan Prediksi P80 Kuz-Ram Pit Mainridge

Berdasarkan tabel 6 dan grafik pada gambar 6, menunjukkan perbedaan ukuran P80 fragmentasi batuan hasil peledakan aktual (*image analysis*) dan prediksi P80 fragmentasi batuan Kuz-Ram pada Pit Mainridge. Namun, perbandingan hasil ukuran fragmentasi aktual maupun prediksi masih melebihi target ukuran fragmentasi P80 yaitu < 10 cm.

Tabel 7. Perbandingan Ukuran Fragmentasi P80 Aktual dan Prediksi P80 Kuz-Ram Pit North Mainridge

No	Tanggal/Lokasi	Ukuran P80 Aktual (cm)	Ukuran P80 Kuz-ram (cm)
1	19.01/NMR_385TK	17.32	27.94
2	20.01/NMR_380TA	11.47	34.89
3	24.01/NMR_380TB	12.88	35.92
4	27.01/NMR_380TC	15.24	34.89
5	31.01/NMR_380TE	15.15	29.60
6	01.02/NMR_380TD	14.91	29.60
7	03.02/NMR_385TL	14.70	34.66
8	06.02/NMR_380TG	15.20	31.61

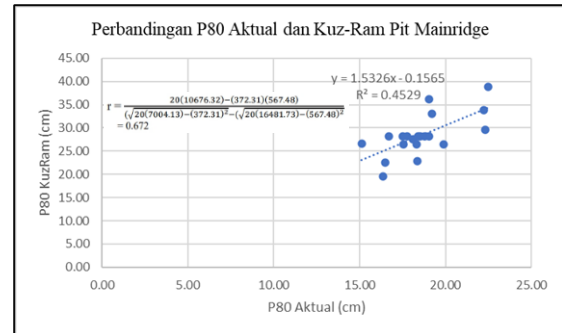


Gambar 7. Perbandingan Ukuran Fragmentasi P80 Aktual dan Prediksi P80 Kuz-Ram Pit North Mainridge

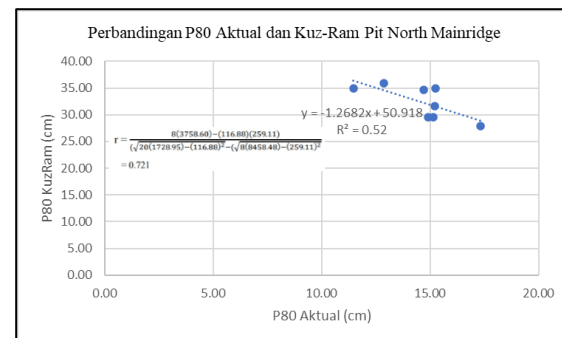
Berdasarkan tabel 7 dan grafik pada gambar 7, menunjukkan perbedaan ukuran P80 fragmentasi batuan hasil peledakan aktual (*image analysis*) dan prediksi P80 fragmentasi batuan Kuz-Ram pada Pit North Mainridge. Namun, perbandingan hasil ukuran fragmentasi aktual maupun prediksi masih melebihi target ukuran fragmentasi P80 yaitu < 10 cm.

4.4 Analisis Statistik

Analisis statistik yang dilakukan adalah koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²). Analisis statistik ini dilakukan untuk melihat hubungan antara dua variabel yaitu distribusi fragmentasi hasil *image analysis* dan distribusi fragmentasi hasil prediksi Kuz-Ram. Analisis korelasi bertujuan untuk mengenali hubungan antara dua variabel yang dibandingkan. Sedangkan koefisien determinasi (bertujuan untuk menilai seberapa besar pengaruh perubahan nilai X terhadap nilai Y dari kedua variabel yang dinilai (R²).



Gambar 8. Hubungan antara Ukuran P80 Aktual dan Prediksi P80 Kuz-Ram Pit Mainridge



Gambar 9. Hubungan antara Ukuran P80 Aktual dan Prediksi P80 Kuz-Ram Pit North Mainridge

Dari pengujian analisis statistik diatas, pada Pit Mainridge diperoleh nilai korelasi r 0,672 dengan nilai R² 0,45. Sedangkan pada Pit North Mainridge, diperoleh nilai korelasi r 0,721 dengan nilai R² 0,52. Dari hasil ini diinterpretasikan bahwa hubungan antara distribusi fragmentasi hasil *image analysis* dan distribusi fragmentasi hasil prediksi Kuz-Ram adalah “cukup/edang”.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Geometri yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan peledakan oleh PT J Resources Bolaang Mongondow memiliki perbedaan pada Pit Mainridge dan Pit North Mainridge. pada Pit Mainridge ore, menggunakan burden 3.5 m, spacing 3.5 m, stemming 2.4 m,

- subdrilling* 0.2 m, *powder colomn* 2.8 m, dan kedalaman lubang 5.2 m. Untuk *waste* menggunakan *burden* 4.5 & 5 m, *spacing* 4.5 & 5 m, *stemming* 2.9 m, *subdrilling* 0.2 m, *powder colomn* 2.3 m, dan kedalaman lubang 5.2 m. Sedangkan pada *Pit North Mainridge*, menggunakan *burden* 4.5 m, *spacing* 4.5 & 5 m, *stemming* 2.7 m, *subdrilling* 0.2 m, *powder colomn* 2.5 m, dan kedalaman lubang 5.2 m.
2. Dari hasil *image analysis* menggunakan *Split Desktop*, didapatkan distribusi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan di *Pit Mainridge* dan *Pit North Mainridge* belum memenuhi ukuran target $P80 < 10$ cm. didapatkan ukuran P80 pada *Pit Mainridge* dengan rata-rata 18,75 cm dan persentase fragmentasi berukuran < 10 cm yaitu 63,27 %. Sedangkan pada *Pit North Mainridge* memiliki ukuran P80 rata-rata 12,23 cm dan persentase fragmentasi berukuran < 10 cm adalah 67 %.
 3. Prediksi model Kuz-Ram untuk ukuran fragmentasi P80 batuan hasil 20 peledakan pada *Pit Mainridge* memiliki ukuran yang beragam mulai dari 22,89 cm sampai 38,87 cm.
 4. Hasil analisis pada *Pit Mainridge* diperoleh nilai korelasi r 0,672 dengan nilai R^2 0,45. Sedangkan pada *Pit North Mainridge*, diperoleh nilai korelasi r 0,721 dengan nilai R^2 0,52. Hubungan antara distribusi fragmentasi hasil *image analysis* dan distribusi fragmentasi hasil prediksi Kuz-Ram diidentifikasi sebagai “cukup/sedang”.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Diperlukan pengawasan lebih dalam kegiatan *drilling* dan *sounding* agar memperoleh hasil peledakan yang efektif sesuai dengan geometri plan dan memperoleh target fragmentasi.
2. Diperlukan perencanaan peledakan yang baik untuk memperoleh ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan yang optimal.

Referensi

- [1] Adebola, J.M. et al. 2016. *Rock Fragmentation Prediction using Kuz-Ram Model*. Journal of Environment and Earth Science. Vol.6, No.5.
- [2] Ash, R.L. 1990. *Design of Blasting Round. Surface Mining*. B.A Kennedy. Editor, Society for Mining, Metalurgy, and Explotion, Inc
- [3] Konya, C.J. dkk. 1991. *Rock Blasting and Overbreak Control*. Virginia: US Department of Transportation
- [4] Anonim. 1989. *Handbook of Blasting Tables*, ICI Explosives Australia Operations Pty Ltd, Sydney, hal. 36.
- [5] Kuznetsov, V.M. 1973. The Mean Diameter of Fragments Formed by Blasting Rock J.Min Sci ; 9 pp. 144-148

- [6] Dahana. 2022. *Total Explosives Solution*. Dahana Persero.