

*Artikel*

Kajian Teknis Geometri Dan Fragmentasi Batuan Menggunakan *Bottom Air Deck* Pada Peledakan *Interburden* Terhadap Faktor Isian *Bucket PC 3000* Di Pit 2 PT XYZ

Andy Yanottama^{1*}, Juventa², Ericson¹, Muhammad Faisal Seprizal¹, Dimas Agung Permadi¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

²Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

*Corr Author: andy.yanottama@unja.ac.id

Abstrak : Lapisan *interburden* adalah lapisan tanah penutup yang terletak diantara dua lapisan batubara. Lapisan *interburden* ini terdiri dari batu pasir (*sandstone*) dan batu lempung (*claystone*) yang masing-masingnya memiliki nilai estimasi kuat tekan batuan (UCS) yaitu 6,54 MPa dan 5,19 MPa yang didapat dari hasil uji beban titik (*point load index*), sehingga perlu dilakukannya pengupasan dengan menggunakan metode pengeboran dan peledakan dalam mengoptimalkan target produksi pada operasi penambangan. Suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan yaitu salah satunya apabila diperoleh hasil fragmentasi batuan yang berukuran merata dengan sedikit bongkah. Fragmentasi batuan merupakan pengamatan utama suatu keberhasilan dari peledakan, sehingga dapat dilakukan beberapa pengamatan dan pengukuran. Salah satu pengukuran fragmentasi hasil peledakan dilakukan dengan Metode *Image Analysis Photographic* menggunakan aplikasi analisis fragmentasi batuan. Ukuran fragmentasi yang baik dapat ditentukan oleh dimensi *bucket* alat gali dengan mengamati optimal atau tidaknya pengisian *bucket* alat gali yang akan memuat ke dalam alat angkut. Pada kondisi aktualnya memperlihatkan bahwa ukuran distribusi fragmentasi yang dihasilkan kurang terdistribusi secara merata, hal ini dapat dibuktikan dengan faktor isian *bucket PC 3000* yang masih belum optimal. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan yaitu berukuran rata-rata (\bar{X}) 82,27 cm. Distribusi ukuran fragmentasi yang berukuran tidak merata tersebut berdampak negatif pada faktor isian *bucket PC 3000* pada saat penggalian material hasil peledakan. Dari hasil penelitian ini faktor isian *bucket* pada setiap peledakan didapatkan rata-rata yaitu sebesar 71%, hal ini menunjukkan bahwa faktor isian *bucket PC 3000* masih belum optimal (<75%) dan dibawah rata-rata (*below average*).

Kata Kunci: *Lapisan Interburden, Fragmentasi, Faktor Isian Bucket PC 3000, Bottom Air Deck*

Abstract : The *interburden* layer is a layer of overburden located between two layers of coal. In this case, the stripping is carried out on the *interburden* layer consisting of sandstone and claystone which have estimated rock compressive strength (UCS) values of 6.54 MPa and 5.19 MPa obtained from the results of point load index tests, so it is necessary to strip using the drilling and blasting method. A blasting operation is declared successful in mining activities, one of which is if the results of rock fragmentation are evenly sized with few lumps. Rock fragmentation is the main observation of the success of blasting, so that several observations and measurements can be made. One measurement of actual blasting fragmentation results can be done using the *Image Analysis Photographic Method* using the *Split Desktop 2.0 Software demo*. The size of good fragmentation can be determined by the dimensions of the digging bucket by observing whether or not the filling of the digging bucket that will be loaded into the transport vehicle is optimal. In actual conditions, it shows that the size of the fragmentation distribution produced is not evenly distributed, this can be proven by the *PC 3000 bucket* filling factor which is still not optimal. Based on the results of the study, it shows that the distribution of the size of the blasting fragmentation results is an average size (\bar{X}) of 82.27 cm. The uneven distribution of fragmentation sizes has a negative impact on the *PC 3000 bucket* filling factor when excavating blasting material. From the results of this study, the bucket filling factor for each blasting was obtained on average of 71%, this shows that the *PC 3000 bucket* filling factor is still not optimal (<75%) and below average.

Keywords : *Interburden Layer, Fragmentation, Bucket Fill Factor Shovel Komatsu PC 3000, Bottom Air Deck*

PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam penambangan batubara dan melakukan proses penambangan menggunakan metode tambang terbuka, sehingga perlu terlebih dahulu dilakukan pengupasan lapisan *interburden* sebelum dilakukannya pengambilan batubara (*coal getting*). Lapisan *interburden* adalah lapisan tanah penutup yang terletak diantara dua lapisan batubara [1]. Dalam hal ini PT XYZ melakukan pengupasan lapisan *interburden* yang merupakan lapisan tanah penutup yang telah mengeras dan kompak dan terdiri dari batu pasir (*sandstone*) dan batu lempung (*claystone*) yang masing-masingnya memiliki nilai estimasi kuat tekan batuan (UCS) yaitu 6,54 MPa dan 5,19 MPa yang didapat dari hasil uji beban titik (*point load index*), sehingga perlu dilakukannya pengupasan dengan menggunakan metode pengeboran dan peledakan agar mempermudah alat gali saat melakukan proses penggalian *broken material* agar mengotimalkan pengisian *bucket* untuk mencapai produktifitas alat gali tersebut.

Salah satu indikator peledakan yang baik adalah adalah persentase fragmentasi *boulder* tidak melebihi 15% [2][5]. Fragmentasi batuan berukuran *boulder* dan tidak seragam membuat pengisian *bucket* alat gali kurang optimal. Parameter yang menentukan apakah optimal atau tidaknya pengisian *bucket* alat gali adalah fragmentasi batuan hasil peledakan dan faktor isian *bucket* [3][4]. Untuk mendapatkan distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan yang sesuai dengan ukuran *bucket* alat gali, maka salah satu parameter penting yang harus diperhatikan adalah geometri peledakan [3]. Penentuan geometri peledakan mulai dari *burden*, spasi, panjang kolom isian, *stemming*, tinggi jenjang, *subdrilling*, dan kedalaman lubang ledak serta harus memperhatikan karakteristik massa batuan dan kondisi geologi yang ada di lokasi peledakan dimana target produksi rata-rata dari kegiatan penambangan yaitu 724,58 BCM/Jam [5]. Untuk mengetahui distribusi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan, maka digunakan Metode *Image Analysis Photographic* menggunakan *demo Software Split Desktop 2.0*. Hasil distribusi fragmentasi yang ingin didapatkan yaitu ukuran fragmentasi batuan dengan ukuran 50 - 60 cm.

Software Split Desktop merupakan program yang berfungsi untuk menganalisis ukuran fragmentasi batuan. *Split Desktop* adalah program analisis gambar yang dikembangkan oleh Universitas Arizona, Amerika Serikat. Pada penelitian ini program *split desktop* digunakan untuk membantu menganalisis gambar fragmentasi material hasil peledakan, hasilnya berupa grafik prosentase lolos material dan ukuran fragmentasi rata-rata yang dihasilkan dalam suatu peledakan. *Split Desktop* merupakan program pemrosesan gambar (*image analysis*) untuk menentukan distribusi ukuran dari fragmentasi batuan pada proses penghancuran batuan yang terjadi pada proses penambangan [6].

Program *Split Desktop* dijalankan oleh *engineer* tambang atau teknisi di lokasi tambang dengan mengambil input data berupa foto digital fragmentasi. Berdasarkan gambar yang diambil dilapangan dengan menggunakan kamera, *software* ini dapat melakukan penggambaran pada batas-batas (*split*) batuan secara otomatis maupun manual. Setelah dilakukan pengeditan, dari hasil penggambaran tersebut kemudian dianalisis ukuran (*compute size*) untuk menghasilkan suatu *output* berupa informasi distribusi fragmentasi yang ditampilkan dalam suatu grafik hubungan persen kumulatif material yang lolos dengan ukuran distribusi fragmentasi batuan yang ada pada gambar [7][8].

METODE PENELITIAN

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh dan mengumpulkan informasi umum mengenai kajian analisis fragmentasi hasil peledakan batuan pada lapisan *interburden* dengan menggunakan *Software Split Desktop 2.0*. sebagai acuan penelitian ini dan dengan merujuk pada beberapa buku, penelitian tugas akhir serta jurnal.

Pengambilan Data

Kegiatan pengambilan data dilakukan setelah dilaksanakannya observasi lapangan guna mengetahui permasalahan yang ada sehingga dapat diambil suatu solusi yang tepat. Data yang dibutuhkan berupa data yang berkaitan dengan penelitian ini, terdapat 2 jenis data yang diambil yaitu data primer dan data sekunder yang kemudian dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian.

Data Primer

Data primer adalah data yang diambil langsung dari observasi dilapangan dan pengamatan langsung dilapangan dengan bimbingan pembimbing lapangan. Dalam penelitian ini, data primer yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Data geometri peledakan didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan, parameter yang diukur berupa *burden*, spasi, *stemming*, *subdrilling*, panjang kolom isian, kedalaman lubang ledak, yang diukur secara langsung menggunakan alat meteran.
2. Fragmentasi batuan *interburden* hasil peledakan aktual didapatkan dari hasil foto menggunakan kamera yang nantinya akan dianalisis menggunakan *Software demo Split Desktop 2.0* sehingga didapatkan hasil akhir berupa tabel distribusi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan.
3. Faktor isian *bucket PC 3000* didapatkan dengan cara membandingkan batuan dengan ukuran tertentu yang dapat dimuat ke dalam alat angkut secara optimal dengan keseluruhan berat batuan yang terbongkar dilapangan.
4. Faktor isian bucket PC 3000 didapatkan dengan cara membandingkan batuan dengan ukuran tertentu yang dapat dimuat ke dalam alat angkut secara optimal dengan keseluruhan berat batuan yang terbongkar dilapangan.
5. Air Decking (celah lubang ledak kosong) ditentukan dan didapatkan dari kegiatan trial & error pada operasi peledakan untuk melihat pengaruh penggunaan air dalam mengoptimalkan energi peledakan untuk menghancurkan batuan.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung dari data primer ataupun data yang telah tersedia yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menguatkan data primer yang didapatkan, seperti geologi regional dan peta wilayah IUP, dan spesifikasi alat berat. Dalam penelitian ini, data primer yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Data geologi regional daerah penelitian didapatkan langsung dari dokumen resmi perusahaan yang berfungsi untuk mengetahui hal-hal yang menyebabkan meningkatnya kekerasan lapisan *interburden*.
2. Peta wilayah IUP didapatkan dari dokumen resmi perusahaan yang berfungsi untuk mengetahui penempatan dan bagian blok yang akan dilakukan kegiatan peledakan.
3. Spesifikasi alat berat didapatkan dari dokumen resmi perusahaan yang berfungsi untuk mengetahui ukuran kapasitas *bucket* teoritis dan untuk mengetahui berat asli dari alat berat.

PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Setelah data dikumpulkan, selanjutnya adalah data-data yang telah dikumpulkan akan diolah sehingga informasi yang tersaji lebih mudah diinterpretasikan dan dianalisis lebih lanjut. Pada penelitian ini, pengolahan data dilakukan secara empiris yang disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan nilai statistik. Data hasil penelitian tersebut selanjutnya akan dianalisis sesuai dengan tujuan kegiatan penelitian untuk mendapatkan hasil data sesuai dengan rencana awal permasalahan penelitian ini.

Geometri Peledakan Aktual

Geometri peledakan yang digunakan yaitu geometri yang sudah dirancang dengan memperhatikan kondisi yang ada di lapangan. Pada kondisi aktual di lapangan, umumnya geometri yang digunakan yaitu geometri yang telah disesuaikan pada kondisi aktual untuk memperoleh geometri yang optimal untuk digunakan. Adapun pada penelitian ini penulis mengumpulkan 17 data geometri peledakan yang untuk akan dijadikan data acuan sebagai data primer dalam mencari prediksi hasil fragmentasi batuan dari suatu peledakan. Berikut adalah data geometri peledakan aktual di lapangan:

Tabel 1. Data Geometri Peledakan Aktual di Pit 2 PT XYZ

No	Lokasi	Jumlah Lubang	Diameter Lubang (m)	Burden (m)	Spacing (m)	Kedalaman Lubang (m)	Stemming (m)	PC (m)
1	PIT 2	50	0,200025	6	7	7	5,2	1,8
2	PIT 2	35	0,200025	6	7	7	5,2	1,8
3	PIT 2	30	0,200025	6	6	7	5,1	1,9
4	PIT 2	60	0,200025	6	6	7	5,1	1,9
5	PIT 2	55	0,200025	6	6	7	5,1	1,9
6	PIT 2	50	0,200025	6	6	7	5,1	1,9
7	PIT 2	60	0,200025	6	7	7	5,1	1,9
8	PIT 2	65	0,200025	6	7	7	5,1	1,9
9	PIT 2	50	0,200025	6	6	7	5,1	1,9
10	PIT 2	60	0,200025	6	7	7	5,1	1,9
11	PIT 2	50	0,200025	6	7	7	5,1	1,9
12	PIT 2	65	0,200025	6	7	7	5,1	1,9
13	PIT 2	65	0,200025	6	7	7	5,1	1,9
14	PIT 2	35	0,200025	6	7	7	5,2	1,8
15	PIT 2	50	0,200025	6	7	7	5,1	1,9
16	PIT 2	30	0,200025	6	7	7	5,2	1,8
17	PIT 2	40	0,200025	6	7	7	5,3	1,7
Rata - rata		50	0,200025	6	6,7	7	5,14	1,86

Hubungan Fragmentasi Batuan Terhadap Faktor Isian *Bucket PC 3000*

Fragmentasi batuan merupakan pengamatan utama dari suatu keberhasilan dari suatu peledakan sehingga dapat dilakukan beberapa pengamatan dan pengukuran. Ukuran fragmentasi yang baik dapat ditentukan oleh dimensi *bucket* alat gali berupa *PC 3000* dengan kapasitas *bucket* sebesar 15 m³. Berdasarkan kapasitas *bucket PC 3000* maka dapat diketahui target fragmentasi yang dimuat oleh alat *PC 3000*, untuk menentukan target ukuran maksimal fragmentasi yang digali terhadap kapasitas *bucket PC 3000* yaitu :

Target ukuran rata-rata fragmentasi yang digali (cm)

$$\begin{aligned}
 P_{degree} &= (0,15 - 0,2) \sqrt[3]{E} \\
 &= 0,2 \times \sqrt[3]{15} \\
 &= 0,49 \text{ m} \\
 &= 49 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan target ukuran rata-rata fragmentasi (P_{degree}) yang digali oleh *Shovel Komatsu PC 3000* dengan kapasitas *bucket* sebesar 15 m³ yaitu fragmentasi yang berukuran 49 cm, maka target ukuran fragmentasi tersebut masih jauh dari yang diharapkan dan masih tidak optimal.

Secara aktual dilapangan pada Pit 2 ukuran rata-rata fragmentasinya yaitu (\bar{X}) 82,27 cm, hal ini sangat berpengaruh pada faktor isian *bucket Shovel Komatsu PC 3000*.

Tabel 2. Data Faktor Pengisian (FP) %

No	Tanggal	Top Size (m)	(\bar{X}) (cm)	Jumlah Kali Isi Bucket	Kapasitas Bucket Nyata (V_b) m^3	Kapasitas Bucket Teoritis (V_d) m^3	Faktor Pengisian FP (%)
1	13/07/2018	110,66	80,95	6	9,7	15	65
2	14/07/2018	163,51	131,5	7	8	15	53
3	16/07/2018	116,94	83,39	6	9,7	15	65
4	19/07/2018	83,17	57,92	5	12	15	80
5	20/07/2018	87,91	62,19	5	12	15	80
6	21/07/2018	109,91	76,62	6	9,7	15	65
7	23/07/2018	107,54	83,51	6	9,7	15	65
8	24/07/2018	88,04	65,73	5	12	15	80
9	25/07/2018	73,53	56,32	5	12	15	80
10	26/07/2018	162,27	123,42	7	8	15	53
11	14/08/2018	156,96	116,21	6	9,7	15	65
12	15/08/2018	81,74	57,51	5	12	15	80
13	16/08/2018	149,74	115,74	6	9,7	15	65
14	18/08/2018	101,34	76,54	5	12	15	80
15	19/08/2018	126,85	89,18	5	12	15	80
16	20/08/2018	96,45	75,69	5	12	15	80
17	23/08/2018	81,47	46,10	5	12	15	80
Rata – rata		111,65	82,27	6	11	15	71

Faktor Isian *Bucket Shovel Komatsu PC 3000*

- Kapasitas Bucket Nyata (V_b) =
$$\frac{\text{Berat Belaz Isi} - \text{Berat Belaz Kosong}}{\text{Jumlah Kali Isi Bucket}}$$

$$= \frac{230.100 \text{ kg} - 100.100 \text{ kg}}{6 \text{ Kali}}$$

$$= \frac{130.000 \text{ kg}}{6 \text{ Kali}}$$

$$= 23.710 \text{ kg} = 23,71 \text{ ton}$$

$$= \frac{23,71 \text{ ton}}{2,21 \text{ ton}/m^3} = 10,72 \text{ m}^3$$

$$= 11 \text{ m}^3$$
- Faktor Pengisian (FP) % =
$$\frac{V_b}{V_d} \times 100\%$$

$$= \frac{11 \text{ m}^3}{15 \text{ m}^3} \times 100\%$$

$$= 71 \%$$

Berat Belaz dalam kondisi terisi itu didapatkan dari penimbangan langsung dilapangan dan untuk berat Belaz kosong didapatkan dari spesifikasi alat berat. Berdasarkan data rata-rata faktor isian *bucket* yang telah didapatkan dari tabel di atas yaitu sebesar 71%, dapat dilihat bahwa kemampuan *bucket PC 3000* dalam menggali material hasil peledakan di Pit 2 yang rata-rata berukuran (\bar{X}) 82,27 cm dengan kemampuan masih <75% atau dibawah rata-rata (*below average*). Dari hasil aktual ukuran fragmentasi dan hasil aktual faktor isian *bucket* tersebut dapat diasumsikan bahwa belum optimal dan terjadi penurunan kemampuan *PC 3000* dalam menggali material hasil peledakan. Sehingga perlu dilakukannya evaluasi untuk menghasilkan fragmentasi yang diinginkan dan persentase ukuran yang optimal digali oleh *bucket* alat gali hingga dapat mencapai angka maksimal untuk mengoptimalkan faktor isian *bucket PC 3000*.

Setelah data dikumpulkan, selanjutnya adalah data-data yang telah dikumpulkan akan diolah sehingga informasi yang tersaji lebih mudah diinterpretasikan dan dianalisis lebih lanjut.

Pada penelitian ini, pengolahan data dilakukan secara empiris yang disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan nilai statistik. Data hasil penelitian tersebut selanjutnya akan dianalisis sesuai dengan tujuan kegiatan penelitian untuk mendapatkan hasil sesuai dengan rencana awal penelitian ini.

Analisis Fragmentasi Metode Kuz-Ram

Metode Kuz-Ram ini menggunakan data geometri peledakan, jenis bahan peledak, dan struktur batuan secara umum [7][9]. Dengan menggunakan perhitungan teoritis, didapatkan prediksi distribusi fragmentasi hasil peledakan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\bar{X} = A_o \times \left[\frac{V_o}{Q_e} \right]^{0,8} \times Q_e^{0,17} \times \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- \bar{X} : Ukuran Fragmen batuan rata-rata (cm)
- A_o : Faktor Batuan
- V_o : Jumlah batuan per lubang tembak (B x S x H) dalam m³
- Q_e : Berat bahan peledak per lubang tembak (Kg)
- E : RWS bahan peledak : ANFO = 100, TNT = 115, Dabex = 87

Untuk menentukan nilai faktor batuan secara umum dapat digunakan nilai pada berikut ini:

Tabel 3. Nilai Faktor Batuan

JENIS PEMBOBOTAN	NILAI PEMBOBOTAN
1) <i>Rock Mass Description</i> (RMD)	Pembobotan
Powder/Friable	10
Blocky	20
Totally Masive	50
2) <i>Joint Plane Spacing</i> (JPS)	Pembobotan
Close (<0,1 M)	10
Intermediet (0,1 – 1,0 M)	20
Wide (>1,0 M)	50
3) <i>Joint Plane Orientation</i> (JPO)	Pembobotan
Harizontal	10
Dip Out Of Face	20
Strike Normal To Face	30
Dip Into Face	40
4) <i>Specific Gravity Influence</i> (Sgi)	Sgi = (25 X Bobot Isi) – 50
5) <i>Hardness</i> (Hd)	1-10

Untuk mendapatkan *Blastability Index* (BI), parameter-parameter yang di perlu diukur seperti diatas yaitu dengan cara, mendiskripsikan massa batuan (RMD), dimana pada lokasi daerah penelitian apakah termasuk material *powder*, *blocky* atau *totaly masive*. Daerah penelitian tedapat spasi kekar, dimana apakah spasi kekar mempunyai jarak antar rekahannya itu ,0,1 m, 0,1-1 m atau >1 m. Pada daerah penelitian pola kekar apakah termasuk kedalam tipe *horizontal*, *dip out to face*, *strike normal*, atau *dip into face*. Setelah itu di cari nilai *Specific grafity* dari lapisan batuan *interburden* tersebut. Dicari jenis dan kekerasan dari lapisan batuan *interburden* tersebut berdasarkan skala Mohs. Berdasarkan tabel nilai pembobotan massa batuan untuk peledakan menggunakan rumus sebagai berikut [10]:

$$\text{Index Peledakan (BI)} = 0,5 (RMD + JPS + JPO + SGI + HD) \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Faktor Batuan (A)} = BI \times 0,12 \dots\dots\dots(3)$$

Untuk menentukan distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan digunakan persamaan *Rossin-Rammler*, yaitu :

$$n = \left[2,2 - \left(14 \times \frac{B}{D} \right) \right] \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left[1 + \frac{(A-1)}{2} \right] \times \frac{PC}{H} \dots\dots\dots(4)$$

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{1/n}} \dots\dots\dots(5)$$

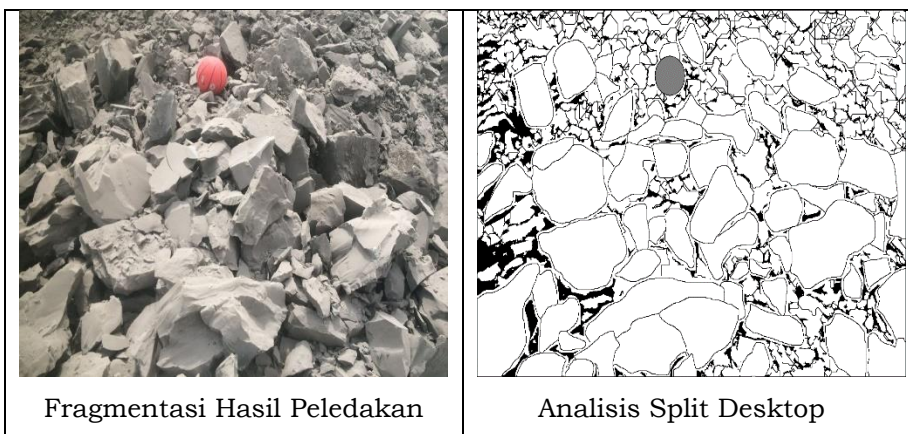
Keterangan :

- Xc : Karakteristik ukuran (cm)
- n : Indeks keseragaman
- B : *Burden* (m)
- D : Diameter lubang (mm)
- W : Standar deviasi dari keakuratan pengeboran (m)
- A : Ratio *spasi/burden*
- L : Panjang muatan isian handak PC (m)
- H : Tinggi jenjang (m)

Image Analysis (Photographic)

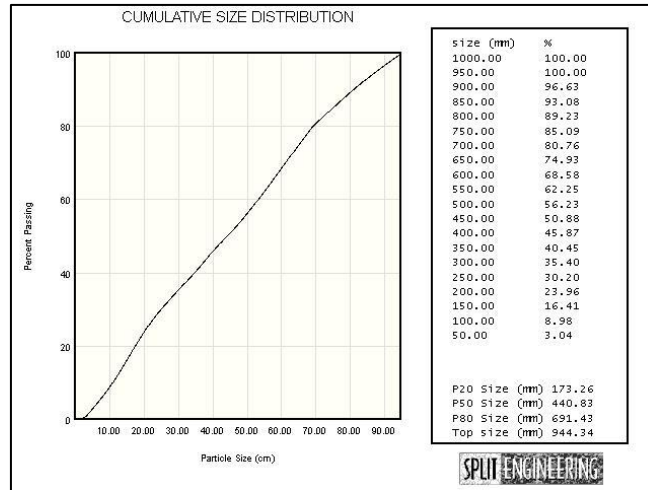
Metode ini menganalisis fragmentasi hasil peledakan dari foto yang diambil secara aktual di lapangan. Dalam penelitian ini digunakan Program *Split Desktop* untuk menganalisis foto fragmen material hasil peledakan. Setelah dianalisa dengan menggunakan *software* ini akan didapatkan *output* berupa distribusi persentase lolos material yang dihasilkan dalam suatu peledakan.

Adapun cara menganalisis dengan *software demo split desktop* ini yaitu setelah gambar diambil dan disimpan di komputer, perangkat lunak *Split Desktop* memiliki lima langkah progresif untuk menganalisis setiap gambar sebagai berikut, *scale image, find particle, done editing, compute size, dan graphs and output*.



Fragmentasi Hasil Peledakan

Analisis Split Desktop



Gambar 1. Hasil Analisis Fragmentasi menggunakan *Split Desktop 2.0*

Analisis Faktor Isian Bucket

Analisis ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan terhadap faktor isian *bucket* dalam mencapai optimalisasi pengisian bucket *Shovel PC 3000*. Adapun pada analisis ini terlebih dahulu dilakukan penentuan ukuran fragmentasi optimal yang digali oleh *bucket Shovel PC 3000*:

$$P_{degree} = (0,15 - 0,2) \sqrt[3]{E} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- P_{degree} : Ukuran rata-rata fragmentasi yang digali (cm)
- E : Kapasitas *bucket* (m^3)

Setelah itu lalu dilakukanlah perhitungan faktor pengisian menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Fp = \frac{Vb}{Vd} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

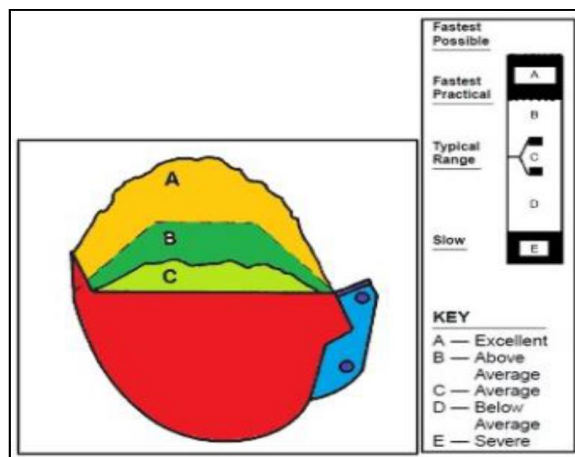
Keterangan:

- Fp : Faktor pengisian (%)
- Vb : Kapasitas *bucket* nyata alat gali (m^3)
- Vd : Kapasitas *bucket* teoritis alat gali (m^3)

Setelah mendapatkan nilai hasil perhitungan faktor pengisian *bucket*, kemudian hasil nilai tersebut akan dibandingkan ke dalam tabel 2 *fill factor range* di bawah ini yang menunjukkan persentase isian *bucket* alat gali apakah sudah tercapai dan optimal atau masih belum tercapai.

Tabel 4. *Fill Factor Range* Berdasarkan Jenis Material

Material	<i>Fill Factor Range</i> (Percent of heaped bucket capacity)
<i>Moist Loam or Sandy Clay</i>	(A) 100-110%
<i>Sand and Gravel</i>	(B) 95-110%
<i>Hard, Tough Clay</i>	(C) 80-90%
<i>Rock – Well Blasted</i>	(D) 60-75%
<i>Rock – Poorly Blasted</i>	(E) 40-50%



Gambar 2. Bucket Fill Factor Range pada Kapasitas Nyata Alat Gali

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prediksi Fragmentasi Hasil Peledakan Metode Kuz-Ram

Berdasarkan data geometri peledakan di Pit 2 pada tabel diatas maka didapatkan nilai rata-rata dari geomerti peledakan. Dari geomerti peledakan tersebut dapat diketahui bahwa di Pit 2 PT Bukit Asam menggunakan rata-rata *burden* 6 m, *spacing* 6,7 m, kedalaman lubang 7 m, *stemming* 5,1 m dan panjang isian PC yaitu 1,9 m. Sangat penting mengetahui fragmentasi hasil peledakan secara teoritis sebelum peledakan dilakukan dengan memperhitungkan faktor geologi dan memperhitungkan beberapa parameter-parameter peledakan lainnya.

Berdasarkan data geometri peledakan di Pit 2 yang penulis dapatkan kemudian akan dicari dan dihitung distribusi dari fragmentasi hasil peledakan pada tiap-tiap data geometri tersebut dengan menggunakan Metode *Kuz-Ram*. Metode *Kuz-Ram* merupakan suatu metode untuk memprediksi fragmentasi hasil peledakan yang terdiri dari gabungan persamaan *Kuznetsov* dan *Cunningham* yang memberikan ukuran fragmentasi batuan rata-rata, sedangkan persamaan *Rossin-Rammler* menentukan persentase material yang tertampung diayakan dengan ukuran tertentu.

Dengan menggunakan persamaan-persamaan tersebut kita dapat mengetahui distribusi ukuran fragmentasinya dan apakah persentase lolos ukuran fragmentasi hasil peledakan yang optimal dimuat atau digali oleh *bucket* alat gali yang sudah mencapai target faktor isian *bucket* >75% atau belum. Berikut adalah tabel data distribusi fragmentasi hasil peledakan menggunakan prediksi metode *Kuz-Ram*.

Tabel 5 . Data Fragmentasi di Pit 2 Prediksi *Kuz-Ram*

No.	Lokasi	Jumlah Lubang	Fragmentasi		X_c (cm)	Tertahan (R) (%) ≥ 100 cm	Lolos (Y) (%) ≥ 100 cm
			Rata-rata (\bar{X}) (cm)	n			
1	PIT 2	50	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
2	PIT 2	35	48,98	2,08	58,41	2,83	97,17
3	PIT 2	30	43,30	2,09	51,59	1,73	98,27
4	PIT 2	60	41,85	2,09	49,89	1,53	98,47
5	PIT 2	55	41,85	2,09	49,89	1,53	98,47
6	PIT 2	50	41,85	2,09	49,89	1,53	98,47
7	PIT 2	60	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
8	PIT 2	65	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
9	PIT 2	50	41,85	2,09	49,89	1,53	98,47

10	PIT 2	60	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
11	PIT 2	50	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
12	PIT 2	65	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
13	PIT 2	65	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
14	PIT 2	35	48,98	2,08	58,41	2,83	97,17
15	PIT 2	50	47,34	2,08	56,49	2,53	97,47
16	PIT 2	30	48,98	2,08	58,41	2,83	97,17
17	PIT 2	40	50,78	2,09	60,52	3,17	96,83
Rata - rata		50	48,17	2,08	55,24	2,34	97,66

Analisis Distribusi Ukuran Fragmentasi Aktual Menggunakan Split Desktop 2.0.

Evaluasi secara aktual ini menggunakan *software demo Split Desktop 2.0*, program ini melakukan perhitungan distribusi fragmentasi dari batuan melalui analisis gambar digital *grayscale*. Gambar digital *grayscale* diperoleh secara manual melalui kamera digital dengan objek gambar berupa tumpukan hasil peledakan (*muckpile*) yang fragmen batuan dapat diperoleh secara jelas. Dalam pengambilan setiap foto fragmentasi hasil peledakan menggunakan skala pembandingan yaitu berupa sebuah bola basket yang diameternya berukuran 25 cm. Dari hasil evaluasi distribusi fragmentasi hasil peledakan menggunakan *software demo Split Desktop 2.0* dengan memasukkan objek foto yang telah disimpan di komputer dan telah dilakukan langkah-langkah pengerjaan, maka di peroleh hasil pada tabel seperti berikut ini.

Tabel 6. Data Evaluasi Aktual Fragmentasi di Pit 2 *Split Desktop 2.0*

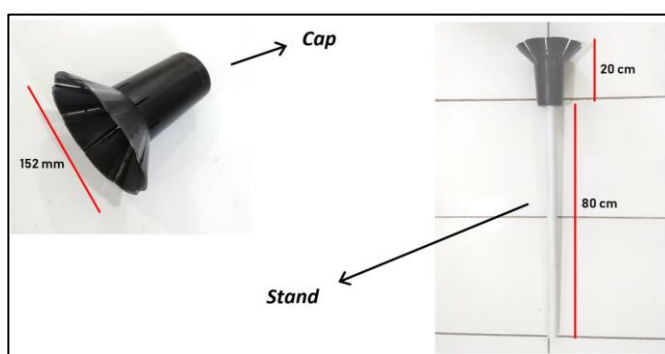
No	Lokasi	Jumlah Lubang	Top Size	(\bar{X}) (cm)	Tertahan (R) (%) ≥ 100 cm	Lolos (Y) (%) ≥ 100 cm
1	PIT 2	50	110.66	80.95	4.92	95.08
2	PIT 2	35	163.51	131.5	42.88	57.12
3	PIT 2	30	116.94	83.39	8.38	91.62
4	PIT 2	60	83.17	57.92	0	100
5	PIT 2	55	87.91	62.19	0	100
6	PIT 2	50	109.91	76.62	5.49	94.51
7	PIT 2	60	107.54	83.51	4.6	95.4
8	PIT 2	65	88.04	65.73	0	100
9	PIT 2	50	73.53	56.32	0	100
10	PIT 2	60	162.27	123.42	33.77	66.23
11	PIT 2	50	156.96	116.21	61.37	38.63
12	PIT 2	65	81.74	57.51	0	100
13	PIT 2	65	149.74	115.74	33.33	66.67
14	PIT 2	35	101.34	76.54	1.36	98.64
15	PIT 2	50	126.85	89.18	12.21	87.79
16	PIT 2	30	96.45	75.69	0	100
17	PIT 2	40	81.47	46.10	0	100
Rata - rata		50	111,65	82,27	12,25	87,75

Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat perbedaan distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan yang menggunakan prediksi metode *Kuz-Ram* secara teoritis dan melalui analisis gambar digital *grayscale* menggunakan *software demo Split-Desktop 2.0*. Dengan kata lain, perhitungan distribusi ukuran fgramntasi hasil peledakan menggunakan metode *Kuz-Ram* tidak dapat dijadikan acuan untuk menentukan target ukuran fragmentasi yang ingin dicapai dalam suatu peledakan. Ukuran fragmentasi hasil peledakan secara aktual dilapangan saat ini memiliki distribusi ukuran yang masih dikatakan kurang optimal tidak sesuai dengan distribusi ukuran yang di targetkan.

Evaluasi Perbaikan Ukuran Fragmentasi Menggunakan *Bottom Air Deck* Terhadap Faktor Isian *Bucket PC 3000*

Untuk mengoptimalkan ukuran fragmentasi hasil peledakan penulis berfokus pada evaluasi perbaikan ukuran fragmentasi Pit 2 PT XYZ, saat ini telah dilakukan 3 kali percobaan peledakan menggunakan *bottom air deck* untuk melihat sejauh mana pengaruh dari penggunaan *bottom air deck* ini terhadap evaluasi perbaikan ukuran fragmentasi. *Bottom air deck* merupakan istilah yang digunakan untuk ruang kosong yang terdapat di bawah dasar lubang tembak yang telah diisi bahan peledak. Teknik *air-decking* ini mempergunakan satu atau lebih celah udara di lubang ledak sebagai salah satu cara mengoptimalkan fragmentasi sebagai hasil kegiatan peledakan.

Alternatif *bottom air deck* ini memiliki panjang 1 meter dan merupakan acuan awal percobaan peledakan dengan panjang *air deck* 1 meter ini tidak serta merta dapat mengurangi kolom isian bahan peledakan. Sebagai alternatif langkah awal percobaan saat ini *air deck* dipasang dibagian kolom isian untuk mengurangi kolom *stemming* sebesar 1 meter tanpa mengurangi kolom isian bahan peledak. Berikut ini gambar dari *air deck* yang digunakan:



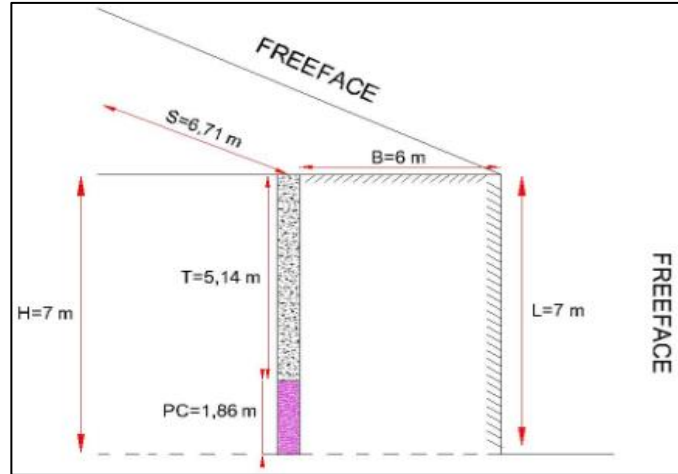
Gambar 3. Air Deck

Pembuatan rancangan geometri peledakan dengan menambahkan alternatif *bottom air deck* harus disesuaikan pada kondisi aktual dilapangan, agar dengan adanya alternatif *bottom air deck* ini sesuai dengan tujuan untuk dapat mengontrol tingkat getaran dan efek lingkungan akibat peledakan serta untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang bagus dan target produktifitas dari alat gali dapat tercapai. Berikut ini adalah data geometri peledakan yang menggunakan *bottom air deck*:

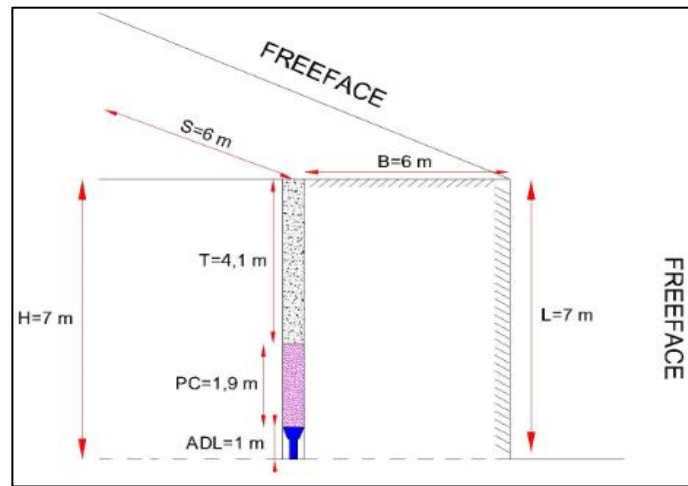
Tabel 7. Geometri Peledakan Menggunakan *Bottom Air Deck*

Lokasi	Jumlah Lubang	Diameter Lubang (m)	Burden (m)	Spacing (m)	Kedalaman Lubang (m)	Air Deck Length (m)	Stemming (m)	PC (m)
PIT 2	30	0,200025	6	6	7	1	4,1	1,9
PIT 2	50	0,200025	6	6	7	1	4,1	1,9
PIT 2	55	0,200025	6	6	7	1	4,1	1,9
Rata-rata	45	0,200025	6	6	7	1	4,1	1,9

Berikut dibawah ini adalah gambar perbedaan antara geometri peledakan konvensional dengan geometri peledakan yang telah ditambahkan alternatif *bottom airdeck*.



Gambar 4. Geometri Peledakan Aktual



Gambar 5. Geometri Peledakan menggunakan Bottom Air Deck

Setelah adanya penambahan alternatif *bottom air deck* ini apakah fragmentasi yang dihasilkan setelah peledakan akan mencapai target ukuran yang optimal atau tidak. Sehingga perlu dilakukan evaluasi distribusi ukuran fragmentasi secara aktual dengan menggunakan *software demo Split Desktop 2.0*, berikut ini adalah tabel hasil evaluasi distribusi ukuran fragmentasi peledakan menggunakan *bottom air deck*:

Tabel 8. Evaluasi Fragmentasi *Split Desktop 2.0 Bottom Air Deck*

Tanggal	Lokasi	Jumlah Lubang	Top Size	(\bar{X}) (cm)	Tertahan (R) (%) ≥ 100 cm	Lolos (Y) (%) ≥ 100 cm
16/07/2018	PIT 2	30	69,49	40,89	0	100
17/07/2018	PIT 2	50	87,37	58,88	0	100
18/07/2018	PIT 2	55	94,43	69,14	0	100
Rata-Rata		45	83,76	56,30	0	100

Dari hasil diatas fragmentasi bahan hasil peledakan dengan menggunakan *bottom air deck* ini menghasilkan distribusi ukuran fragmentasi yang sudah optimal dan sudah mendekati sesuai dengan yang ditargetkan dan perlu dilakukan pengkajian seberapa besar faktor isian *bucket Shovel Komatsu PC 3000* terhadap ukuran rata-rata fragmentasi (\bar{X}) 56,30 cm pada kondisi aktual menggunakan *bottom air deck* tersebut.

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, ukuran fragmentasi aktual rata-ratanya (\bar{X})

56,30 cm, dengan ukuran fragmentasi tersebut alat gali *PC 3000* mampu melakukan pemuatan (*loading*) kedalam alat angkut (*hauling*) berupa *Belaz 75135* dapat memuat sebanyak 5 kali *bucket PC 3000*. Dalam hal ini terdapat peningkatan jumlah seberapa banyak *bucket PC 3000* dalam memuat material hasil peledakan kedalam satu alat angkut berupa *Belaz 75135*. Sehingga dapat pula ditentukan berapa persen kemampuan faktor pengisian *bucket PC 3000* dengan rata-rata ukuran fragmentasi (\bar{X}) 56,30 cm seperti tabel berikut ini:

Tabel 9. Data Faktor Pengisian (FP %) Geometri Menggunakan *Bottom Air Deck*

No	Tanggal	Top Size	(\bar{X}) (cm)	Jumlah Kali Isi Bucket	Kapasitas Bucket Nyata (V_b) m^3	Kapasitas Bucket Teoritis (V_d) m^3	Faktor Pengisian FP (%)
1	13/07/2018	69,49	40,89	5	12	15	80
2	14/07/2018	87,37	58,88	5	12	15	80
3	16/07/2018	94,43	69,14	5	12	15	80
Rata – rata		83,76	56,30	5	12	15	80

Faktor Isian *Bucket Shovel Komatsu PC 3000* Menggunakan *Bottom Air Deck*

- Kapasitas Bucket Nyata (V_b) =
$$\frac{\text{Berat Belaz Isi} - \text{Berat Belaz Kosong}}{\text{Jumlah Kali Isi Bucket}}$$

$$= \frac{230.100 - 100.100}{5 \text{ Kali}}$$

$$= \frac{130.000}{5 \text{ Kali}} = 26.000 \text{ kg} = 26 \text{ ton}$$

$$= \frac{26 \text{ ton}}{2,21 \text{ ton}/m^3} = 11,76 \text{ m}^3$$

$$= 12 \text{ m}^3$$
- Faktor Pengisian (FP) % =
$$\frac{V_b}{V_d} \times 100\%$$

$$= \frac{12 \text{ m}^3}{15 \text{ m}^3} \times 100\%$$

$$= 80 \%$$

Dari faktor isian *bucket* yang telah didapatkan dari data tabel dan perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa kemampuan *bucket PC 3000* dalam menggali material hasil peledakan yang rata-rata berukuran 56,30 cm dengan kemampuan pengisian *bucket* sebesar 80% dan sudah mencapai rata-rata (*average*) atau sudah optimal (>75%). Dari hasil aktual untuk peledakan menggunakan alternatif *bottom air deck* tersebut target ukuran fragmentasi dan faktor isian *bucket PC 3000* sudah dapat dikatakan optimal dan tercapai dikarenakan adanya peningkatan faktor isian *bucket* pada *PC 3000*. Sehingga dengan adanya peledakan menggunakan *bottom air deck* ini dapat mengatasi masalah dari tidak tercapainya target ukuran fragmentasi hasil peledakan menjadi tercapainya target ukuran fragmentasi hasil peledakan yang berdampak juga pada tingkat pengoptimalan faktor isian *bucket Shovel Komatsu PC 3000*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Dari hasil pengamatan dan pengumpulan data pada operasi peledakan di PT XYZ maka diperoleh geometri peledakan secara aktual di Pit 2 rata-rata yaitu diameter lubang 0,200025 m, burden 6 m, spacing 6,5 m, kedalaman lubang 7 m, stemming 5,12 m dan panjang isian PC yaitu 1,88 m.
- Dari hasil analisa fragmentasi secara aktual di Pit 2 menggunakan *software demo Split-Desktop 2.0*, maka didapatkan distribusi ukuran fragmentasi rata-rata (\bar{X}) 82,27 cm, (R)

persen material yang tertahan pada ayakan ukuran 100 cm yaitu 12,25% dan (Y) persen material yang lolos pada ayakan ukuran 100 cm yaitu 87,75%.

3. Berdasarkan distribusi ukuran rata-rata (\bar{X}) 82,27 cm fragmentasi hasil peledakan secara aktual, dengan ukuran fragmentasi tersebut didapatkan faktor isian *bucket PC 3000* yaitu sebesar 71%. Sehingga dapat diasumsikan bahwa faktor isian *bucket PC 3000* belum optimal (<75%) dan masih dibawah rata-rata (*below average*).
4. Berdasarkan evaluasi fragmentasi hasil peledakan menggunakan *bottom air deck* dan sekaligus sebagai rekomendasi yang penulis berikan untuk mencapai hasil fragmentasi yang lebih baik dengan geometri peledakan menggunakan *bottom air deck* ini yaitu burden 6 m, spacing 6 m, stemming 4,1 m, kedalaman lubang 7 m, dan panjang kolom isian (PC) 1,9 m, maka didapatkan distribusi ukuran fragmentasi rata-rata (\bar{X}) 56,30 cm, (R) persen material yang tertahan pada ayakan ukuran 100 cm yaitu 0% dan (Y) persen material yang lolos pada ayakan ukuran 100 cm yaitu 100%. Dengan ukuran fragmentasi tersebut didapatkan faktor isian *bucket PC 3000* yaitu sebesar 80% dan dapat diasumsikan bahwa faktor isian *bucket PC 3000* sudah optimal (>75%).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ikwil, R.F., Murad. (2019). Perhitungan Sumberdaya Batubara dan Permodelan Pit 2 Pada PT. Andika Yoga Pratama (AYP), Kecamatan Pauh, Kabupaten Sarolangun, Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1), 297–306.
- [2] Purwandanu, A.E., Toha, M.T., Bochori. (2021). Parameter yang Mempengaruhi Produktivitas Pengeboran, Peledakan, dan Sistem Shovel-Dump Truck Pada Tambang Andesit. *Jurnal Pertambangan*, 4(2), 81-89.
- [3] Restywati, Purwoko, B., Syafrianto, M.K. (2021). Kajian Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi batuan Hasil Peledakan di PT Gilgal Batu Alam Lestari Kecamatan Sungai Kuyit Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat. *JeLAST*, 8(2), 1-8. <https://doi.org/10.26418/jelast.v8i2.49065>
- [4] Putera, W.T.W., Santoso, E., Annisa. (2024). Pengaruh Powder Factor Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Overburden Di PT Amanah Anugerah Adi Mulia. *Jurnal Himasapta*, 9(2), 83-88.
- [5] Fauzi, F. S. F., Yulhendra, D. (2021). 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. *Jurnal Bina Tambang*, 6(2), 30-42.
- [6] Hidayat, W., Rifandy, A. (2022). Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan Di Pit M PT. Berkat Anugerah Sejahtera Job Site PT. Multi Harapan Utama Kab. Kutai Kartanegara, Prov. Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 28(2), 14-26.
- [7] Assany, F., Kopa, R. (2021). Kajian Teknis dan Ekonomis Peledakan di Pit 1 PT. Pebana Adi Sarana Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 6(1), 218-228.
- [8] Siddiqui, F.I. Ali Shah, S.M., Behan, M.Y. 2009. Measurement of Size Distribution of Blasted Rock Using Digital Image Processing. Mehran University of Eng and Tech, Jamshoro: Pakistan.
- [9] Konya, C. J. and E. J. Walter, 1990. *Surface Blast Design*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- [10] Lilly, P.A., 1986. The Us Of The Blastability Index In The Design Of Blasts For Open Pit Mines. AusIMM/IEAust Large Open Pit Mining Conference. Newman.