

# STUDI FRAGMENTASI BATUAN PELEDAKAN MENGGUNAKAN METODE TOP AIR DECKING

## STUDY OF ROCK FRAGMENTATION BLASTING USING TOP AIR DECKING METHOD

Andromeda Nabella<sup>1</sup>, Supardi Razak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

Email: andromeda.nabella@uinjkt.ac.id

### ABSTRAK

Fragmentasi merupakan salah satu indikator keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan. Lokasi penelitian telah menggunakan metode *top air deck* sebagai upaya menghasilkan fragmentasi yang baik. Karena belum adanya ketentuan nilai *air deck length*, berakibat fragmentasi kurang baik. *Air Deck Length* (ADL) merupakan parameter penting dalam penerapan peledakan *air decking*, dimana ADL dipengaruhi oleh nilai *Air Deck Factor* (ADF). Nilai ADF ini berbeda-beda sesuai massa batuan sesuai pembobotan *Rock Mass Rating* (RMR). Pada lokasi penelitian penerapan nilai ADL beragam (0,86 – 2,48 meter) dan menghasilkan nilai ADF 0,32 – 0,63. Berdasarkan analisis fragmentasi aktual diperoleh distribusi fragmentasi ukuran fragmentasi rata-rata (P80) adalah 76,34 cm dan persentase lolos rata-rata pada ukuran 75 adalah 78,6% dan persentase rata-rata *boulder* 21,4%. Selanjutnya dilakukanlah perhitungan ADL dengan pembobotan RMR batuan di lokasi penelitian. Pembobotan RMR batuan *overburden* pada lokasi penelitian adalah 56 (*fair*). Nilai ADF yang diperoleh adalah 0,3 dan selanjutnya dilakukanlah simulasi peledakan dengan ADF 0,3. Analisis fragmentasi dari simulasi peledakan yang direkomendasikan adalah ukuran fragmentasi rata-rata (P80) yang sebelumnya 76,34 cm menjadi 55,25 sehingga ukuran berkurang sebesar 21,73 cm dan persentase lolos pada ukuran 75 cm yang sebelumnya 78,6% menjadi 93% sehingga persentase lolos bertambah 14,3%. Serta persentase *bouldernya* menurun dari 21,4% menjadi 7%.

**Kata kunci:** *air deck factor, air deck length, fragmentasi, peledakan, top air deck.*

**DOI:** 10.15408/jipl.v3i2.36213

### ABSTRACT

*Fragmentation is an indicator of the success of a blasting activity. Research location has used the top air deck method in an effort to produce good fragmentation. Because there is no regulation on the water deck length value, this results in poor fragmentation. Air deck length (ADL) is an important parameter in application of air decking blasting, where the ADL is influenced by the value of air deck factor (ADF). ADF value varies according to rock mass according to rock mass rating (RMR) weighting. At research location, ADL values varied (0.86 – 2.48 meters) and resulted in ADF values of 0.32 – 0.63. Based on actual fragmentation analysis, it was found that average fragmentation size distribution (P80) was 76.34 cm and the average pass percentage at size 75 was 78.6% and the average boulder percentage was 21.4%. Next, ADL calculation was carried out by weighting the RMR of rocks at research location. RMR for overburden rock at the research location is 56 (fair). ADF value obtained is 0.3 and then a blasting simulation is carried out with an ADF of 0.3. Fragmentation analysis from the recommended blasting simulation is average fragmentation size (P80) which was previously 76.34 cm to 55.25 so that the size is reduced by 21.73 cm and the percentage of passes at 75 cm size which was previously 78.6% becomes 93% so pass percentage increased by 14.3%. And boulder percentage decreased from 21.4% to 7%.*

**Keywords:** *air deck factor, air deck length, fragmentation, blasting, top air deck.*

## PENDAHULUAN

Lapisan tanah penutup pada lokasi penelitian memiliki kuat tekan batuan *Uniaxial Compressive Strength* (UCS) yang rendah dengan nilai 0,5 – 6 MPa. Menurut Look (2007) batuan dengan UCS di atas 20 MPa membutuhkan metode peledakan untuk memberainya. Peledakan yaitu proses pemberaian batuan menggunakan bahan peledak agar massa batuan mudah digali dan diangkut (Kramadita, 2004). Alasan Metode peledakan digunakan pada lokasi penelitian ini, bertujuan mempercepat dan meningkatkan kegiatan produksi pada aktivitas penggalian *overburden*.

Fragmentasi merupakan salah satu indikator keberhasilan dari peledakan adalah ukuran yang menunjukkan tiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi berpengaruh terhadap kinerja alat gali muat yaitu penggalian *overburden* yang dibongkar. Sehingga, perlu perancangan geometri peledakan yang optimal sehingga dapat menghasilkan ukuran fragmentasi yang baik (Frianto, R, et.al. 2014). Selain itu, ukuran fragmentasi hasil peledakan perlu disesuaikan dengan ukuran *bucket* alat gali dan waktu penggalian (*digging time*) dikarenakan fragmentasi hasil peledakan mempengaruhi waktu penggalian dan waktu penggalian mempengaruhi produktivitas alat (Safarudin, S, et.al. 2016).

Aktivitas peledakan yang dilakukan menggunakan bahan peledak *Amonium Nitrat + Fuel Oil* (ANFO) dengan *Powder Factor* (PF) berkisar 0,12 – 0,18 kg/bcm. Dengan PF yang relatif kecil, fragmentasi yang dihasilkan belum optimal dan beragam. Salah satu upaya yang dilakukan guna memperbaiki fragmentasi dengan kondisi jumlah bahan peledak yang kecil yaitu dengan penambahan ruang kosong (udara) atau *air decking* di dalam lubang ledak. Media yang digunakan dalam penambahan *air decking* adalah *ball deck*. *Ball deck* berfungsi untuk menyangga material *stemming* sehingga terdapat ruang udara diantara isian bahan peledak dan *stemming*, sehingga metode ini disebut *top air deck* (TAD). Konsep *air decking* pertama kali dikenalkan oleh Pat McLaughlin pada tahun 1893 pada peledakan tambang terbuka (Chiappetta, 2004).

Metode *top air deck* (TAD) untuk penerapannya perlu ditentukan nilai *air deck factor* (ADF) dan *air deck length* (ADL) dan menganalisis hasil kualitas peledakan yang dihasilkan berupa fragmentasi dan *digging time*. Karena selain fragmentasi, *digging time* juga merupakan salah satu dari yang lain indikator kualitas hasil peledakan (Kurniawan et al., 2019). Panjang kolom *air deck* (ADL) merupakan parameter penting dalam penerapan peledakan *air decking*. Dimana, Panjang kolom *air deck* (ADL) dipengaruhi oleh nilai ADF. Penentuan nilai ADF ditentukan melalui *rock mass rating* (RMR).

Berdasarkan hasil penelitian Nasrullah, dkk (2020), diketahui bahwa dengan perubahan metode dari konvensional menjadi metode *air deck blasting* dapat memperkecil ukuran fragmentasi F80 dari 63,34 cm menjadi 33,8 cm. Selain itu juga, dalam penelitian ini menunjukkan waktu *digging time* metode *air deck blasting* yang lebih cepat dibandingkan *digging time* dengan metode konvensional. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, metode *air deck blasting* efektif untuk memperkecil ukuran fragmentasi dan mempercepat *digging time*.

Pada lokasi penelitian, aktivitas peledakan yang digunakan telah menggunakan metode *top air deck*. Namun, penentuan tinggi ADL yang diterapkan merupakan sisa dari tinggi isian bahan peledak dan tinggi *stemming*. Pada kondisi kedalaman lubang ledak yang berbeda, tinggi *stemming* yang digunakan selalu berkisar 2 – 2,5 m untuk setiap lubang, sehingga hasil yang diharapkan masih belum optimal, dikarenakan belum adanya ketentuan ADL yang diterapkan pada setiap lubang. Maka dari itu dilaksanakanlah penelitian ini untuk menentukan nilai ADF optimal agar penggunaan ADL dapat disesuaikan dengan kedalaman lubang, PF serta kondisi massa batuan.

## METODE

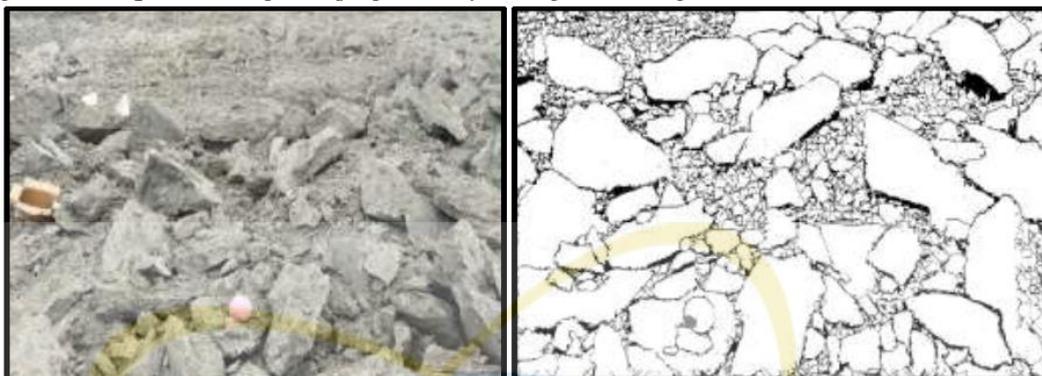
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Menurut (Sugiyono, 2010) Metode kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positifisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen

penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang ditetapkan.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengevaluasi distribusi hasil fragmentasi peledakan aktual yang telah diterapkan oleh lokasi penelitian. Selanjutnya, dilakukan analisis *rock mass rating* (RMR) guna menentukan nilai ADF sehingga tinggi ADL dapat ditentukan sesuai dengan kedalaman, PF serta kondisi batuan. Selanjutnya, dilakukan simulasi peledakan berdasarkan perhitungan tinggi ADF dan dianalisis hasil fragmentasi peledakan untuk dibandingkan dengan hasil analisis fragmentasi peledakan aktual. Adapun pengumpulan data-data yang digunakan untuk mengoptimalkan nilai ADF guna menentukan nilai ADL berupa fragmentasi hasil peledakan, geometri peledakan, dan *rock mass rating* (RMR) untuk menentukan kondisi batuan.

1. Fragmentasi hasil peledakan

Fragmentasi adalah suatu ukuran batuan yang dihasilkan dari hasil peledakan yang dilakukan (Konya, 1990). Penentuan distribusi fragmentasi dapat ditentukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan metode Kuzram secara perhitungan teoritis dan metode *photographic analysis* menggunakan *split desktop*. Pengambilan gambar fragmentasi hasil peledakan diperlukan untuk analisis menggunakan *split desktop*. Pengambilan gambar diambil menggunakan kamera *handphone* dengan kualitas kamera 48 *Megapixel*. Helm atau *ball deck* digunakan sebagai skala pembandingan. Metode *photographic analysis* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengolahan data menggunakan *split desktop*.

Distribusi fragmentasi batuan juga dapat dilakukan menggunakan perhitungan teoritis Kuz- Ram. Dan hasil dari perhitungan tersebut dapat dikaitkan hubungannya dengan perhitungan *Digging time* aktual di lapangan. Cunningham melakukan penyempurnaan pada persamaan Kuznetsov untuk dapat digunakan pada semua jenis bahan peledak menjadi:

$$X_{mean} = A \left( \frac{V_o}{Q} \right)^{0,8} \times Q^{\frac{1}{6}} \times \left( \frac{E}{115} \right)^{-0,63} \tag{1}$$

Keterangan

- $X_{mean}$  = Ukuran rata-rata fragmen batuan (cm)
- A = faktor batuan
- $V_o$  = Volume batuan per-lubang ledak (B×S×H) (bcm)
- Q = Berat bahan peledak dalam setiap lubang ledak (Kg)
- E = kekuatan berat relatif bahan peledak (untuk ANFO = 100).

Kurva Roslin – Rammler secara umum telah diketahui sebagai rujukan penggambaran tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan. Suatu titik pada kurva tersebut, yaitu ukuran *mesh* dengan 50% kelolosan diberikan oleh persamaan Kuznetsov (1973). Faktor-faktor yang diperlukan untuk menentukan kurva Rosin-Rammler adalah eksponen “n” dalam persamaan Rossin Ramler membuat suatu rumus sebagai berikut :

$$X_c = \frac{X}{(0.693)^{\frac{1}{n}}} \tag{2}$$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \tag{3}$$

Keterangan:

- R = Banyaknya batuan yang tertahan pada ayakan
- X = Ukuran ayakan (mm)
- Xc = karakteristik batuan (cm)
- e = ephsilon = 2.71
- n = Indeks keseragaman

Dengan pertimbangan faktor-faktor tersebut, maka dikembangkan dengan persamaan Kuznetsov yang saat ini menjadi rumusan atau Kuzram model :

$$n = \left[ 2,2 - \frac{14B}{De} \right] x \left[ \frac{1 + A}{2} \right]^{0,5} x \left[ 1 - \frac{W}{B} \right] x \left[ \frac{PC}{L} \right] \tag{4}$$

Keterangan:

- De = Diameter lubang ledak (mm)
- A = Rasio spasi terhadap *Burden*
- W = Standar deviasi lubang bor (m)
- PC = Panjang kolom isian (m)
- B = *Burden* (m)
- L = Kedalaman Lubang (m)

2. Geometri peledakan, data geometri aktual didapatkan dengan melakukan pengukuran menggunakan meteran. Spasi didapat dengan mengukur jarak antar lubang pada baris yang sama. *burden* didapat dengan mengukur jarak tegak lurus dari antara 2 lubang di baris yang sama. Kedalaman lubang, tinggi isian dan *Stemming* diukur dengan memasukan *roll meter* sepanjang 15 meter yang di ujung diberi pemberat. Diameter lubang diukur di bagian permukaan lubang.
3. Data *digging time* alat muat Komatsu PC-2000, diperoleh dengan menghitung waktu gali menggunakan *stopwatch* aplikasi di *handphone*. Waktu dimulai saat *bucket excavator* mulai menyentuh material hasil peledakan dan berhenti saat *bucket excavator* terangkat dari material
4. Metode dan penentuan panjang *air deck* (ADL), metode ini berupa ruang kosong berada diantara isian bahan peledak dan *stemming*. Penentuan panjang *air deck* diperoleh dari perhitungan nilai ADF yang berasal dari pembobotan massa batuan. ADL ditentukan dengan mengatur posisi *ball deck* dari permukaan lubang untuk menahan material *stemming*. Cara pemasangan *ball deck* yaitu mengikat menggunakan tali yang panjangnya sesuai tinggi *stemming* pada *ball deck* dan pada tongkat kayu (Hasruddin et al, 2022).

### **Air Decking Blasting**

*Air deck blasting* adalah rekayasa peledakan dengan mensubstitusikan kolom udara ke dalam kolom bahan peledak. Metode ini terbukti menurunkan nilai *powder factor* (Jhanwar, 2011) dan memperbaiki fragmentasi peledakan (Kabwe, 2016). *Air deck blasting* akan melepaskan energi secara bertahap sehingga penggunaan energi bahan peledak dalam memberai batuan lebih efektif (Lu, 2003). Tekanan hasil peledakan yang terjadi dengan *air deck* mampu mengurangi nilai gelombang kejut pada awal inisiasi, namun menghasilkan durasi yang lebih lama dalam kekuatan gelombang kejutnya untuk menghasilkan retakan-retakan mikro sehingga mean fragment size batuan dapat berkurang (Jhanwar J. C., 2000).

Menurut Nurislam et al. (2016) membuat *air deck* pada lubang ledak berguna untuk menciptakan kurungan energi dan mengurangi pengeluaran gas secara vertikal. Prinsip kerja metode *air deck*

*blasting* adalah melepaskan energi dan gelombang kejut hasil peledakan secara bertahap (Meilnikov,1971). Berdasarkan posisi, *air decking* dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu *bottom air deck*, *middle air deck*, dan *top air deck* (Nurislam et al., 2016 ). Geometri *air deck blasting* akan mempengaruhi nilai fragmentasi hasil peledakan dan konsumsi bahan peledak. Geometri *air deck blasting* dipengaruhi oleh nilai RMR massa batuan penyusun (Jhanwar, 2011). Geometri *air deck blasting* terdiri atas lokasi penempatan kolom udara, panjang kolom udara atau disebut *air deck length* (ADL). Panjang kolom air *deck* (ADL) merupakan parameter penting dalam penerapan peledakan *air decking*, dimana ADL dipengaruhi oleh nilai *air deck factor* (ADF). Nilai ADF ini berbeda-beda sesuai massa batuan di sekitar area peledakan dan erat hubungannya dengan nilai *rock mass rating* (RMR), dimana semakin besar nilai RMR batuan yang akan diledakkan maka nilai ADF untuk batuan tersebut semakin kecil, begitu juga sebaliknya. (Jhanwar, 2011). Nilai panjang kolom *air deck* (ADL) dapat ditentukan dengan Persamaan (4) yaitu hubungan antara ADF dengan *original charge column length* (OCC).

$$ADF = \frac{ADL}{OCC} \tag{5}$$

$$ADF = \frac{ADL}{PC + ADL} \tag{6}$$

Keterangan :

- ADF : *Air Deck Factor*
- ADL : *Air Deck Length*
- OCC : *Original charge column length*
- PC : *Powder Charger*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geometri Peledakan *Top Air Deck*

Geometri peledakan adalah jarak lubang tembak yang dibuat pada suatu area yang akan dilakukannya peledakan (Ash R.L, 1990). *Air deck* dapat meningkatkan panjang gelombang kejut yang menyebar ke massa batuan. Pada lubang lebak dengan *air deck*, akan terbentuk penggabungan gelombang kejut (*collision wave*) dalam lubang ledak akibat dari adanya ruang udara. Penggabungan gelombang dapat meningkatkan panjang gelombang tekan pada saat peledakan (Zhang, 2016).

### Geometri peledakan *Top Air Deck* Aktual

Observasi dilakukan pada peledakan aktual dengan metode *top air deck* sebanyak 17 kali pada bulan September hingga Oktober. Lokasi Penelitian di pit Kusan Girimulya Selatan. Nilai ADL beragam dan diperoleh dari kedalaman lubang ledak yang dikurangi dengan tinggi isian bahan peledak dan *stemming*. Kedalaman lubang ledak pun dalam satu lokasi peledakan sangat beragam, tetapi *stemming* yang digunakan berkisar 2 – 2,5 meter untuk semua kedalaman lubang ledak.

**Tabel 1.** Geometri peledakan observasi

No	Tanggal	Diamete r Hole (mm)	Burd en (m)	Spasi (m)	Avg Dept h (m)	PF	Tinggi Isian (m)	Total Hole	Avg Stemmin g (m)	Avg ADL (m)	ADF
1	11/09/2022	200	7	8	6,1	0,18	2,47	115	2,5	1,18	0,32
2	14/09/2022	200	6,5	7,5	6,6	0,12	1,54	106	2,5	2,59	0,63
3	15/09/2022	200	7	8	6,5	0,17	2,47	100	2,5	1,55	0,39
4	18/09/2022	200	7	8	4,8	0,18	1,91	240	2	0,86	0,31
5	19/09/2022	200	7	8	6,4	0,17	2,41	184	2,5	1,45	0,38
6	21/09/2022	200	7	8	5,3	0,13	1,53	212	2	1,75	0,53
7	22/09/2022	200	7	8	5,9	0,15	1,96	159	2,5	1,40	0,42
8	23/09/2022	200	7	8	5,7	0,14	1,76	94	2	1,89	0,52
9	24/09/2022	200	7	8	6,7	0,15	2,25	85	2	2,48	0,52
10	25/09/2022	200	7	8	6,4	0,16	2,27	144	2	2,09	0,48
11	26/09/2022	200	6,5	7,5	4,1	0,16	1,29	121	2	0,86	0,40
12	27/09/2022	200	7	8	6,7	0,17	2,53	119	2,5	1,65	0,40
13	29/09/2022	200	7	8	5,9	0,16	2,11	243	2,5	1,32	0,38
14	30/09/2022	200	7	8	4,8	0,15	1,60	215	2	1,18	0,43

15	01/10/2022	200	7	8	5,7	0,17	2,17	242	2,5	1,06	0,33
16	04/10/2022	200	7	8	5,0	0,13	1,45	74	2,5	1,07	0,42
17	07/10/2022	200	7	8	7,3	0,17	2,76	93	2,5	2,03	0,42

Penerapan nilai ADL yang digunakan berkisar 0,86 – 2,48 meter dan menghasilkan nilai ADF 0,32 – 0,63. dengan nilai ADF diatas yang terlalu tinggi sehingga tidak sesuai dengan prediksi dari J.C Jhanwar.

**Geomteri peledakan Top Air Deck Rekomendasi**

Penentuan nilai ADL pada usulan didapatkan berdasarkan nilai *air deck factor* yang nilainya ditentukan dari nilai pembobotan RMR. Menurut (Bieniawski, 1989), Pembobotan RMR berdasarkan enam parameter antara lain: UCS, RQD, *Spacing of discontinuities*, *Condition of discontinuities*, *Groundwater conditions* dan *Orientation of discontinuities*. Adapun pembobotan RMR untuk menentukan prediksi nilai dari ADF yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.** Pembobotan nilai *rock mass rating*

Pembobotan	Section A	Section B	Section C	Section D
UCS (MPa)	1 – 5	1 – 5	1 – 5	1 – 5
<b>Bobot</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
RQD (%)	90 – 100	90 – 100	90 – 100	90 – 100
<b>Bobot</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
Spasi kekar	0,6 – 2m	0,2–0,6 m	0,6 – 2m	0,6 – 2m
<b>Bobot</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Kondisi Kekar</b>				
Kemenerusan kekar	1–3m	1–3m	1–3m	<1m
<b>Bobot</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
Bukaan kekar	1 – 5 m.m	< 0,1 mm	1 – 5 mm	1 – 5 mm
<b>Bobot</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Kekasaran</b>	Agak kasar	Agak kasar	Agak kasar	Halus
<b>Bobot</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Isian</b>	Lunak < 5mm	Lunak < 5mm	Lunak < 5mm	Lunak < 5mm
<b>Bobot</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Pelapukan</b>	Lapuk	Lapuk	Sangat lapuk	Lapuk
<b>Bobot</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Air Tanah</b>	Lembab	Basah	Basah	Basah
<b>Bobot</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>Total bobot RMR</b>	<b>59</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>56</b>
<b>RMR</b>			<b>56</b>	

Dari Tabel di atas diperoleh bobot RMR sebesar 56 termasuk kelas massa batuan III dengan kategori *Fair*. Menurut Gokhale (2006) dan Jhanwar (2013) memberikan rekomendasi geometri peledakan *air deck blasting* dengan meninjau kualitas massa batuan dan peningkatan ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan. Batuan keras direkomendasikan menerapkan peledakan *air deck blasting* dengan *air deck factor* pada rentang 0-20% sehingga memiliki nilai fragmentasi rata-rata (F50) sebesar 0-8%. Batuan lemah direkomendasikan menerapkan peledakan *air deck blasting* dengan *air deck factor* pada rentang 20-40% sehingga memiliki nilai fragmentasi rata-rata (F50) sebesar 7-10%.

Hasil dari pembobotan tersebut di dapat *range* prediksi nilai ADF yaitu 0,1 – 0,2 (Jhanwar,2013). Namun ADF yang disimulasikan adalah 0,3. Alasan tidak menggunakan Nilai ADF 0,1 - 0,2 dikarenakan Panjang *ball deck* yang tersedia maksimal hanya 4 meter, Sedangkan untuk nilai ADF 0,1 - 0,2 membutuhkan *stemming* 4,4 – 4,8 meter. Tujuan dari penentuan nilai ADF ini adalah dasar penentuan nilai ADL. Dimana nilai ADL akan di sesuaikan dengan kedalaman lubang dan PF yang digunakan. Hal

ini akan membuat penggunaan ADL akan tepat sasaran dikarenakan setiap kedalaman akan memiliki jumlah isian yang berbeda dan efek peledakan berbeda pula. Semakin besar nilai PF dan kedalaman lubang rata rata maka semakin besar juga nilai ADL yang digunakan. Dari rekomendasi yang dilakukan dibandingkan dengan aktual, tinggi *stemming* di perbesar dan nilai ADL di perkecil untuk disesuaikan dengan kedalaman lubang dan PF yang digunakan.

**Tabel 3.** Geometri peledakan rekomendasi

No	Tanggal	Diameter Hole (mm)	Burden (m)	Spasi (m)	Avg Dept h (m)	PF	Tinggi Isian (m)	Total Hole	ADF	Avg ADL (m)	Avg Stemming (m)
1	16/10/2022	200	7	8	8,0	0,1	2,86	33	0,3	1,23	3,9
2	17/10/2022	200	7	8	7,7	0,1	2,90	102	0,3	1,24	3,5
3	18/10/2022	200	7	8	7,8	0,1	2,79	109	0,3	1,20	3,8
4	23/10/2022	200	7	8	7,3	0,1	2,94	74	0,3	1,26	3,1

### Analisis Fragmentasi

#### Analisis Fragmentasi *Split Desktop*

Hasil dari *split desktop* berupa grafik persentase lolos material dan ukuran fragmen rata-rata yang dihasilkan dalam suatu peledakan (Fitri, Syiffa Lutfi, 2021). Berdasarkan analisis fragmentasi aktual yang dilakukan menggunakan *software split desktop 2.0* dengan *ball deck* (18,2 cm) dan *helm safety* (23 cm) sebagai objek pembanding. Diperolehlah, *cumulative size distribution* berdasarkan hubungan persen lolos dan ukuran partikel sebagai berikut:

**Tabel 4.** Distribusi ukuran fragmentasi aktual

No	Tanggal	PF (kg/bcm)	Avg Depth	P80 (mm)	Persentase (75 cm)	
					Lolos (%)	Tertahan (%)
1	11/09/2022	0,18	6,1	600,2	91,42	8,58
2	14/09/2022	0,12	6,6	628,3	87,21	12,79
3	15/09/2022	0,17	6,5	698,0	85,69	14,31
4	18/09/2022	0,18	4,8	552,6	92,17	7,83
5	19/09/2022	0,17	6,4	1362,2	46,21	53,79
6	21/09/2022	0,13	5,3	605,2	86,89	13,11
7	22/09/2022	0,15	5,9	495,1	90,32	9,68
8	23/09/2022	0,14	5,7	1092,5	59,89	40,11
9	24/09/2022	0,15	6,7	670,8	86,67	13,33
10	25/09/2022	0,16	6,4	1126,8	55,18	44,82
11	26/09/2022	0,16	4,1	521,4	90,80	9,20
12	27/09/2022	0,17	6,7	865,4	70,58	29,42
13	29/09/2022	0,16	5,9	807,4	76,07	23,93
14	30/09/2022	0,15	4,8	852,4	73,02	26,98
15	01/10/2022	0,17	5,7	791,3	77,12	22,88
16	04/10/2022	0,13	5,0	816,4	73,80	26,20
17	07/10/2022	0,17	7,3	492,6	92,66	7,34
<b>Average</b>				<b>763,44</b>	<b>78,6</b>	<b>21,4</b>

Dari hasil analisis menggunakan *software split desktop* untuk mengetahui fragmentasi batuan hasil peledakan dari peledakan aktual yang dilakukan sebanyak 17 kali peledakan di Pit KGS memiliki ukuran fragmentasi rata-rata (P80) adalah 76,34 cm dan persentase lolos rata-rata pada ukuran 75 cm adalah 78,6 % dan persentase rata-rata boulder adalah 21,4%. Sedangkan, persentase boulder yang diinginkan yaitu kecil dari 10 %.

Selanjutnya, hasil analisis menggunakan *split desktop* untuk peledakan dengan rekomendasi ADF 0,3 diperoleh untuk distribusi ukuran fragmentasi sebagai berikut :

**Tabel 5.** Distribusi ukuran fragmentasi simulasi (rekomendasi)

No	Tanggal	PF	Avg	P80 (mm)	Persentase (75 cm)	
			Depth		Lolos (%)	Tertahan (%)
1	16/10/2022	0,16	8,0	476,5	97,00	3,00
2	17/10/2022	0,16	7,7	484,41	94,86	5,14
3	18/10/2022	0,17	7,8	450,57	100,00	0,00
4	23/10/2022	0,18	7,3	653,06	85,07	14,93
Average				<b>516,135</b>	<b>94</b>	<b>6</b>

Ukuran fragmentasi rata-rata (P80) adalah 51,61 cm dan persentase lolos pada ukuran 75 cm adalah 94% dan persentase rata-rata boulder adalah 6%. Hal ini dapat dilihat pengaruh dari geometri lubang ledak yang kurang maksimal dengan nilai ADF > 0,4 dan ADL yang digunakan terlalu besar sehingga peledakan kurang maksimal dan fragmentasi hasil batuan masih terdapat *boulder* dengan 21,4%. Dengan adanya simulasi yang dilakukan terbukti bahwa ADF 0,3 dapat memaksimalkan fragmentasi yang didapat dengan fragmentasi rata rata (P80) yang sebelumnya 76,34 cm menjadi 51,61 cm sehingga ukuran berkurang sebesar 24,73 cm dan persentase lolos pada ukuran 75 cm yang sebelumnya 78,6% menjadi 94% sehingga persentase lolos bertambah 15%. Serta persentase *boulder* yang memperkecil dari 21,4% menjadi 6%.

### Analisis Fragmentasi Teoritis

Analisis fragmentasi teoritis ini diperoleh dari persamaan teori Kuz-Ram. Penentuan nilai faktor batuan dilakukan dengan menggunakan pembobotan *Blastability Index* (BI). Batuan *overburden* pada lokasi penelitian memiliki *spesific gravity* (SG) 2,612 dan kuat tekan batuan (*Uniaxial Compressive Strenght/UCS*) adalah 4,7 Mpa. Pembobotan *Blastability Index* (BI) untuk menentukan nilai Faktor batuan (A) dapat menggunakan perhitungan Lilly factor (A. Lilly 1986) dengan penjumlahan lima parameter berupa :

**Tabel 6.** Pembobotan *blastability index*

No	Parameter	Keterangan Hasil	Bobot
1	<i>Rock Mass Description</i> (RMD)	<i>Blocky</i>	20
2	<i>Joint Plane Spacing</i> (JPS)	<i>intermediete</i>	20
3	<i>Joint Plane Orientation</i> (JPO)	<i>Dip out of face</i>	20
4	<i>Specific Graity Influence</i> (SGI)	$SGI = 25 \times SG - 50$	15,3
5	<i>Hardness</i> (H)	$H = 1,36 \ln (UCS) - 0,84$	1,27

Berdasarkan Tabel parameter diatas, dapat dihitung nilai *blastability index* (BI) pada peledakan pit KGS dengan persamaan berikut :

$$BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \tag{7}$$

$$BI = 0,5 \times (20 + 20 + 20 + 15,3 + 1,27) \tag{8}$$

$$BI = 38,283 \tag{9}$$

Dari nilai BI yang didapat, Faktor batuan (A) dengan persamaan berikut :

$$A = BI \times 0,12 \tag{10}$$

$$A = 38,283 \times 0,12 \tag{11}$$

$$A = 4,59 \tag{12}$$

Berikut adalah perhitungan Kuz-Ram dari peledakan aktual :

**Tabel 7.** Fragmentasi dengan perhitungan kuz-ram pada peledakan aktual

Tanggal	PF (kg/bcm)	Avg Depth (m)	A	X mean (cm)	N	Xc (cm)	(X/Xc)^ n	R (%)
11/09/2022	0,18	6,1	4,594	40,80	1,76	50,27	2,02	0,13
14/09/2022	0,12	6,6	4,594	47,85	1,78	58,82	1,54	0,21
15/09/2022	0,17	6,5	4,594	39,73	1,75	48,99	2,11	0,12
18/09/2022	0,18	4,8	4,594	36,44	1,76	44,89	2,47	0,08
19/09/2022	0,17	6,4	4,594	39,57	1,76	48,76	2,13	0,12
21/09/2022	0,13	5,3	4,594	44,97	1,75	55,48	1,69	0,18
22/09/2022	0,15	5,9	4,594	42,05	1,75	51,86	1,91	0,15

23/09/2022	0,14	5,7	4,594	43,55	1,75	53,72	1,79	0,17
24/09/2022	0,15	6,7	4,594	44,83	1,75	55,28	1,71	0,18
25/09/2022	0,16	6,4	4,594	42,63	1,75	52,56	1,86	0,15
26/09/2022	0,16	4,1	4,594	40,41	1,79	49,63	2,09	0,12
27/09/2022	0,17	6,7	4,594	41,37	1,76	50,98	1,97	0,14
29/09/2022	0,16	5,9	4,594	43,90	1,75	54,12	1,77	0,17
30/09/2022	0,15	4,8	4,594	44,23	1,75	54,55	1,74	0,17
01/10/2022	0,17	5,7	4,594	41,89	1,76	51,62	1,93	0,15
04/10/2022	0,13	5,0	4,594	46,75	1,75	57,68	1,58	0,21
07/10/2022	0,17	7,3	4,594	41,98	1,76	51,74	1,92	0,15
<b>Average</b>			<b>4,594</b>	<b>42,53</b>	<b>1,76</b>	<b>51,41</b>	<b>1,93</b>	<b>0,15</b>

**Tabel 8.** Fragmentasi dengan perhitungan *kuz-ram* pada peledakan rekomendasi

Tanggal	PF (kg/Bcm)	Avg Depth (m)	A	X mean (cm)	N	Xc (cm)	(X/Xc) <sup>n</sup>	R (%)
16/10/2022	0,16	8,0	4,594	44,32	1,75	54,64	1,74	0,18
17/10/2022	0,16	7,7	4,594	43,98	1,75	54,20	1,77	0,17
18/10/2022	0,17	7,8	4,594	44,14	1,75	54,41	1,76	0,17
23/10/2022	0,18	7,3	4,594	40,53	1,76	49,94	2,04	0,13
<b>Average</b>			<b>4,594</b>	<b>43,24</b>	<b>1,75</b>	<b>53,3</b>	<b>1,83</b>	<b>0,16</b>

Dari perhitungan Kuz-Ram pada peledakan aktual nilai fragmentasi rata rata yang didapat adalah 42,39 cm dengan indeks keseragaman 1,75 dan karakteristik batuan berukuran 52,24 cm, serta rata rata fragmentasi yang tertahan pada ayakan ukuran 75 adalah 15%. Nilai *powder factor* merupakan hal yang paling mempengaruhi ukuran fragmentasi. Perhitungan Kuz-Ram hanya memperhitungkan penggunaan bahan peledak berdasarkan geometri dan PF tanpa memperhitungkan *stemming* dan ADL yang digunakan.

### Digging Time

Data *digging time* dimulai pada saat *bucket* menyentuh material dan berhenti pada saat terangkat dari material galian berupa hasil peledakan. dari peledakan aktual data *digging* yang diambil sebanyak 17 kali peledakan dimana nilai *digging time* mulai dari 11,18 detik – 13,64 detik dengan rata rata 11,87 detik. Sedangkan pada peledakan rekomendasi nilai *digging time* mulai dari 10,15 detik – 12,06 detik dengan rata rata 10,64 detik. Hal ini menunjukkan dengan adanya usulan rancangan terhadap geometri lubang berupa nilai ADF, ADL dan *stemming* memberikan pengaruh terhadap *digging time*.

**Tabel 9.** Data *digging time* peledakan aktual dan rekomendasi

Tanggal	Digging Time (detik) Aktual	Tanggal	Digging Time (detik) Rekomendasi
11/09/2022	11,66	16/10/2022	10,15
14/09/2022	11,88	17/10/2022	10,24
15/09/2022	11,18	18/10/2022	10,12
18/09/2022	10,92	23/10/2022	12,06
19/09/2022	13,64		
21/09/2022	11,54		
22/09/2022	11,28		
23/09/2022	12,68		
24/09/2022	11,84		
25/09/2022	12,92		
26/09/2022	11,26		
27/09/2022	12,38		
29/09/2022	12,14		
30/09/2022	12,18		
01/10/2022	11,6		
04/10/2022	12,22		
07/10/2022	11,4		
<b>Average</b>	<b>11,87</b>	<b>Average</b>	<b>10,64</b>

## PENUTUP

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisis ini memperlihatkan bahwa Peledakan Aktual pada lokasi penelitian dengan metode *Top Air Deck* dengan ADF beragam (0,32-0,63) dan ADL beragam (0,86-2,48) menghasilkan ukuran fragmentasi rata-rata (P80): 76,34 cm, presentase lolos ukuran 75 cm: 78,6% dan presentase *boulder*: 21,4% dan *digging time*: 11,87 detik. Perhitungan ADF dan ADL dilakukan berdasarkan pembobotan massa batuan berdasarkan RMR pada lokasi batuan dengan bobot 56 yang dikategorikan batuan *fair*. Peledakan Rekomendasi pada lokasi penelitian dengan dengan metode *Top Air Deck* dengan ADF 0,3 menghasilkan ukuran fragmentasi rata-rata (P80): 51,61 cm, presentase lolos ukuran 75 cm: 94% dan presentase *boulder*: 6% dan *digging time*: 10,64 detik. Dengan ADF 0,3 dapat mengoptimalkan fragmentasi peledakan dan *digging time*. Hal ini terbukti dari ukuran fragmentasi rata-rata dari ukuran 76,34 cm menjadi 51,61 cm, presentase lolos ukuran 75 cm bertambah dari 78,6% menjadi 94%, presentase *boulder* berkurang dari 21,4% menjadi 6% serta *digging time* menjadi lebih cepat dari 11,87 detik menjadi 10,64 detik.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam bentuk finansial, fasilitas ataupun legalitas sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R.L., (1990), *Design of Blasting Round, "Surface Mining"*, B.A.Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, , pp. 565 - 584.
- Bieniewski, (1989) , *Engineering Rock Mass Classification*, John Wiley & Sons, New York
- C.J. Konya and E.J. Walter. (1990). *Surface Blast Design*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA.
- Chiappetta, F. R. (2004). New Blasting Technique to Eliminate Subgrade Drilling, Improve Fragmentation, Reduce Explosive Consumption and Lower Ground Vibrations, *Journal of explosives engineering*, 21(1), 10-12.
- Fitri, Syiffa Lutfi. (2021). *Evaluasi Kegiatan Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Batuan < 50 cm (Studi Kasus: PT Lotus SG Lestari) (Bachelor's Thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta)*.
- Frianto, R., Nurhakim, Riswan (2014). Kajian Teknik Geometri Peledakan Pada Keberhasilan Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan. *Jurnal Fisika FLUX (11)* No 1, 56-67.
- Hasruddin, M., Yuliadi, Y., & Ashari, Y. (2022). *Aplikasi Air Decking Menggunakan Ball deck Guna Mengefisiensi Bahan Peledak Pada Kegiatan Peledakan Overburden di PT Hanwha Mining Service. KURVATEK*, 7 91), 79-88.
- Hustrulid,W.(1999). *Blasting Principles for Open Pit Mining Vol 1*. Rotterdam/ Brookfield.
- Jhanwar, J.C dan Jethwa, J.L. (2000). *The Use of Air Decks in Production Blasting in an Open Pit Coal Mine*. Blasting in Mines – New Trends – Ghose & Joshi (Eds).
- Jhanwar, J.C. (2011). Theory and Practice of Air-Deck Blasting in Mines and Surface Excavations: A Review. *Geotech Geol Eng*,29:651–663.
- Jhanwar, J.C. (2013). *Investigation Into The Influence of Air Decking on BlastPerformance in Opencast Mines in India: A Study*. 11.
- Kabwe, E., (2016), Improving Collar Zone Fragmentation by Top Air-Deck Blasting Technique, *Geotech Geol Eng* DOI 10.1007/s 10706-016-0094-7.
- Kramadita, S., (2004). *Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambanagn Bahan Galian: DESM Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara*.
- Kurniawan, A., Nagara, B.D., & Amri, N.A. (2019). Rancangan Geometri Lubang Ledak Top Air Deck. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 5 (1), 47.
- Look, B., (2007), Handbook of geotechnical investigation and design tables, Handbook of geotechnical investigation and design tables
- Lu, W. & Hustrulid W., (2003), *A Further Study on the Mechanism of Airdecking*, *Fragblast*, 2003, Vol. 7, No. 4, pp. 231–255.
- Mel'nikov, N.V., and Marchenko, L.N., (1971), *Effective Methods of Application of Explosion Energy in Mining and Construction*, 12th U.S Symposium Dynamic Rock Mechanics, chap. 18, pp35-378, New York, AIME.

- Nasrullah, Muhammad Ikhsan. (2020). Analisis Penggunaan Metode Top Air Deck Blasting Pada Kegiatan Percepatan Pengupasan Waste Material Tambang Emas Pit X PT Kasongan Bumi Kencana. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, Jakarta: 17-27 November 2020. Hal. 457-468.
- Nurislam, M.N., Yuliadi., Marmer, D. (2016). Kajian Aplikasi Air Decking Menggunakan Rock Lock Terhadap Geometri Peledakan Guna Mengefisienssi Penggunaan Bahan Peledakan di PT. Trubaindo Coal Mining Timur. *Prosiding Teknik Pertambangan(2)* No 2, Universitas Islam Bandung.
- Safarudin, S., Purwanto, P., & Djamaluddin, D. (2016). Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Peledakan Terhadap Fragmentasi dan Digging Time Material Blasting. *Jurnal Penelitian Engineering*. 20 (2), 54-62.
- Zhang, X.Z. (2016). *Rock Fracture And Blasting Theory*. Butterworth-Heinemann Elsevier.UK.