

## Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius Aman Unit Alat Pada Peledakan *Overburden* PT Putra Perkasa Abadi *Site* PT Borneo Indobara Kalimantan Selatan

Hanung Anggoro<sup>1a</sup>, Oktarian Wisnu Lusantono<sup>1</sup>, Gunawan Nusanto<sup>1</sup>, Untung Sukamto<sup>1</sup>, Mardiah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta

<sup>2</sup>Universitas Bangka Belitung

<sup>a</sup>email: [112180080@student.upnyk.ac.id](mailto:112180080@student.upnyk.ac.id)

### ABSTRACT

*PT Putra Perkasa Abadi is one of the companies engaged in coal mining contractor services. One of the ongoing operational sites of this company is the PT Borneo Indobara site. The standard safe radius for blasting activities implemented by PT Putra Perkasa Abadi is 300 m for equipment and 500 m for humans. This safe radius standard is established in accordance with Minister of Energy and Mineral Resources Decree No. 1827 of 2018 concerning Guidelines for the Implementation of Good Mining Engineering Practices. PT Putra Perkasa Abadi intends to reduce the safe distance for equipment from 300 m to 150 m. However, the maximum flyrock distance measured in the field is 176 m, which is still >150 m. Therefore, if the current conditions warrant a reduction in the safe radius for equipment, an analysis of flyrock is needed to properly control it and reduce the safe radius for equipment. The study is conducted by measuring the actual maximum distance of flyrock throw in the field and calculating the theoretical maximum flyrock throw distance. The analysis of flyrock distance is done by using Richard and Moore's Theory (cratering), Ebrahim Ghasemi's nonlinear and linear theories. The accuracy of flyrock prediction methods is determined by comparing the Root Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAPE). It is found that the Richard & Moore Theory has the highest accuracy with the following results: RMSE = 9.82 m and MAPE = 14.3%. This theory is used to predict the flyrock throw distance in the blasting experiment. In the study of reducing the safe radius for equipment from 300 m to 150 m, a trial is conducted by establishing a correction factor of 1.02 and a safety factor of 1.67, with a maximum predicted flyrock distance of 90 m. Thus, the minimum stemming height obtained is 2.3 m. It is also found that the actual maximum flyrock throw distance is not greater than 150 m. Therefore, it is concluded that the safe radius for equipment in PT Putra Perkasa Abadi's blasting operations can be reduced from 300 m to 150 m.*

*Key word: flyrock, stemming, safety radius for equipment, cratering*

### ABSTRAK

PT Putra Perkasa Abadi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang jasa kontraktor pertambangan batubara. Salah satu *site* operasi yang sedang dikerjakan perusahaan ini ialah *site* PT Borneo Indobara. Standar radius aman kegiatan peledakan yang selama ini diterapkan pada PT Putra Perkasa Abadi adalah 300 m untuk alat dan 500 m untuk manusia. Standar radius aman ini ditetapkan sesuai Keputusan Menteri ESDM No. 1827 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik. PT Putra Perkasa Abadi akan melakukan reduksi jarak aman alat dari 300 m menjadi 150 m. Akan tetapi, jarak maksimum *flyrock* yang diukur di lapangan memiliki jarak 176 m atau masih >150 m. Oleh karena itu jika pada kondisi saat ini akan dilakukan penurunan radius aman alat, maka diperlukan analisis terhadap *flyrock* sehingga dapat mengontrol *flyrock* dengan benar dan dapat mengurangi radius aman alat. Penelitian dilakukan dengan mengukur jarak lemparan maksimum *flyrock* secara aktual di lapangan dan menghitung lemparan maksimum *flyrock* secara teoritis. Analisis jarak *flyrock* dengan melakukan perhitungan jarak lemparan *flyrock* maksimum menggunakan Teori Richard dan Moore (*cratering*), Teori Ebrahim Ghasemi nonlinier dan linier. Penentuan keakuratan metode prediksi *flyrock* ditunjukkan dengan perbandingan *Root Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAPE). Didapatkan bahwa Teori Richard & Moore memiliki keakuratan paling tinggi dengan hasil berturut-turut RMSE = 9,82 m dan MAPE = 14,3% dan dipakai untuk prediksi jarak lemparan *flyrock* pada percobaan peledakan. Kajian untuk pengurangan radius aman alat dari 300 m menjadi 150 m, dilakukan *trial* dengan menetapkan faktor koreksi 1,02 dan *safety factor* 1,67 dengan jarak *flyrock* prediksi maksimal yaitu 90 m. Maka didapatkan tinggi *stemming* minimum yaitu 2,3 m. Didapatkan serta jarak lemparan *flyrock* maksimum aktual tidak ada yang lebih dari 150 m, maka disimpulkan bahwa radius aman alat pada peledakan PT Putra Perkasa Abadi dapat dikurangi dari 300 m menjadi 150 m.

Kata kunci: *flyrock, stemming, radius aman alat, cratering*

### I. PENDAHULUAN

PT Putra Perkasa Abadi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang jasa kontraktor pertambangan batubara dan nikel. Salah satu *site* operasi yang sedang dikerjakan perusahaan ini ialah *site* PT Borneo Indobara dengan komoditas tambang batubara

dimana Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) yang terletak di Kecamatan Angsana, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Kegiatan penambangan PT Putra Perkasa Abadi pada *Jobsite* PT Borneo Indobara menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*). Proses penambangan batubara terdiri dari pembongkaran, pemuatan, dan pengangkutan. Salah

satu kegiatan pembongkaran yang dilakukan adalah pengupasan lapisan batuan penutup (*overburden*). Kegiatan ini didahului dengan proses pemberaian menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Kegiatan peledakan dilakukan hampir setiap hari.

Salah satu efek terhadap lingkungan dari kegiatan peledakan yaitu adanya *flyrock*. *Flyrock* (batu terbang) adalah lemparan batuan ke segala arah secara tidak terduga dari kegiatan peledakan. *Flyrock* ini apabila tidak dikontrol dengan benar dapat mengakibatkan kerusakan untuk alat mekanis dan dapat mengakibatkan cedera bahkan kematian untuk manusia.

PT Putra Perkasa Abadi menetapkan standar radius aman pada peledakan untuk alat adalah 300 m dan standar radius aman untuk manusia adalah 500 m. Radius aman ini diterapkan didasarkan pada Keputusan Menteri ESDM No. 1827 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik.

Selama keberlangsungan operasi peledakan tercatat bahwa kecenderungan jarak *flyrock* jauh dibawah 300m dan tidak terdapat yang melebihinya, sehingga dapat dilakukan kajian untuk mereduksi jarak aman unit alat. Oleh karena itu perlu adanya analisis *flyrock* terhadap berbagai variasi geometri aktual yang digunakan pada kegiatan peledakan di PT Putra Perkasa Abadi yang bertujuan untuk mengurangi jarak aman unit alat.

Penelitian ini menggunakan dua jenis metode, yaitu metode empirik dan metode statistik. Pengambilan data berupa *geometri* peledakan, jarak jatuh *flyrock* dan sampel batuan untuk menguji sifat fisik dan kekuatan batuan dilakukan secara aktual.

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi jarak lemparan *flyrock*.
2. Menganalisis perhitungan prediksi *flyrock* berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi.
3. Merancang geometri usulan untuk mereduksi jarak aman unit alat menjadi 150 m.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap studi pustaka, yaitu mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan topik penelitian berupa buku literatur, laporan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai topik peledakan dan *flyrock* berupa laporan perusahaan, artikel-artikel dan jurnal- jurnal terbaru.

Observasi Lapangan Dimaksudkan untuk melakukan pengamatan secara langsung di lapangan terhadap kondisi kerja yang sedang berlangsung di lapangan dan masalah yang akan dibahas pada topik penelitian ini.

### Pengambilan Data

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengamatan dan pengukuran di lapangan. Data primer yang didapatkan saat penelitian adalah:

Pengambilan data geometri aktual yaitu dengan pengukuran menggunakan meteran. Pengukuran geometri peledakan yang dimaksud yaitu *burden*, spasi, kedalaman lubang, *stemming*, diameter lubang, serta isian bahan ledak. Lemparan maksimum *flyrock* aktual. Pengambilan data jarak lemparan maksimum *flyrock* aktual sebanyak 31 dengan pengukuran yang dibantu dengan alat GPS, sehingga koordinat terjauh yang digunakan sebagai jarakmaksimum lemparan *flyrock*

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu dapat menyalin atau mengutip dari data yang sudah ada. Data sekunder yang didapatkan pada saat penelitian adalah:

- i. Peta topografi.  
Data peta topografi didapatkan dari Divisi Survey Departemen *Engineering* PT Putra Perkasa Abadi
- ii. Spesifikasi bahan peledak yang digunakan.  
Data spesifikasi bahan peledak didapatkan dari mitra subkontraktor peledakan yaitu PT Multi Nitrotama Kimia

### Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan metode empirik dan statistik, yaitu dengan pengamatan dan percobaan terhadap kondisi aktual di lapangan, sehingga akan didapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu:

- a. Hasil pengukuran geometri peledakan aktual dan pengukuran jarak lemparan maksimum *flyrock* dengan GPS.
- b. Perhitungan statistik berupa analisis korelasi pearson antara masing-masing parameter dengan jarak *flyrock*. Koefisien korelasi ini digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel yang datanya berbentuk data interval dan rasio. Tingkat hubungan berdasarkan nilai korelasi dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk koefisien determinasi didapatkan dari kuadrat dari koefisien korelasi. Koefisien korelasi dan determinasi disimbolkan R dan R<sup>2</sup> dirumuskan sebagai berikut.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

2

$$R^2 = \left( \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \right)^2$$

Keterangan:

R = Koefisien korelasi

n = Jumlah data

X = Parameter *flyrock*

Y = *flyrock*

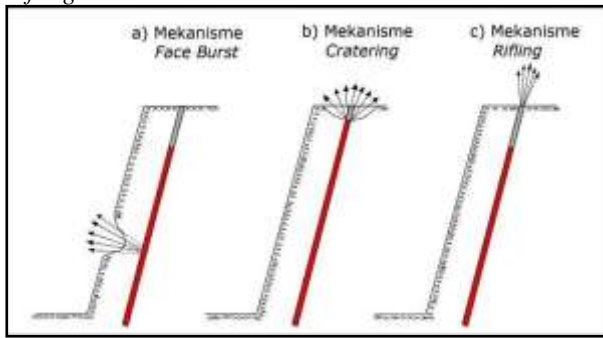
Nilai dari koefisien korelasi (R) terletak antara -1 dan +1 (-1 ≤ r ≤ +1).

- c. Perhitungan pemodelan (*train*) dan pengujian (*trial*) perkiraan lemparan maksimum *flyrock* menurut Alan B. Richard dan Adrian J. Moore, (2005) dan Ebrahim Ghasemi, (2012) yang telah diubah konstantanya.

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
(-0,8) - (-1,0)	Sangat Kuat
(-0,6) - (-0,799)	Kuat
(-0,4) - (-0,599)	Sedang
(-0,2) - (-0,399)	Rendah
(-0,01) - (-0,199)	Sangat Rendah
0	Tidak ada hubungan
0,01 - 0,199	Sangat Rendah
0,2 - 0,399	Rendah
0,4 - 0,599	Sedang
0,6 - 0,799	Kuat
0,8 - 1,0	Sangat Kuat

Gambar 1 Nilai Koefisien Korelasi (Walpole dkk., 2011)

Menurut pengujian yang dilakukan oleh menurut Alan B. Richard dan Adrian J. Moore, (2005), ada 3 faktor yang mempengaruhi terjadinya *Flyrock* akibat kegiatan peledakan, yaitu *Face Burst*, *Cratering* dan *Rifling*.



Gambar 2 Mekanisme Terjadinya *Flyrock* (Richard and Moore, 2005)

Kondisi *burden* biasanya akan mengontrol jarak lemparan *flyrock* kedepan muka jengang. *Face Burst* terjadi saat kondisi area peledakan memiliki jengang yang mana jarak *burden* pada baris depan peledakan terlalu dekat dengan *free face*.

*Cratering* terjadi saat tinggi *stemming* yang terlalu pendek serta terdapatnya bidang lemah pada lubang ledak. Bidang lemah tersebut biasanya merupakan material *broken* dari hasil peledakan sebelumnya. Berdasarkan kondisi tersebut maka *flyrock* dapat terlempar ke segala arah dari lubang ledak yang di inisiasi.

Sedangkan *Rifling* terjadi saat *stemming* sudah sesuai untuk mencegah *flyrock* secara *cratering* namun material *stemming* yang digunakan kurang baik, dan biasanyaakan terjadi disertai dengan *noise* (bunyi) ledakan yang tinggi.

Pada pengamatan lapangan hanya terdapat *flyrock cratering* saja.

$$L = \left( \frac{k^2 \sqrt{m}}{g SH} \right)^{2,6} ; \text{dimana } K = \frac{L \times g}{\sqrt{m}^{2,6}}$$

Keterangan:

- L = Lemparan maksimal (m)
- K = Konstanta
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- m = *Loading density* (kg/m)
- SH = Tinggi stemming (m)

Nilai konstanta K dapat disesuaikan dengan data parameter yang diperoleh. Hal ini dikarenakan nilai K

menyesuaikan kondisi *overburden* yang diberai dengan peledakan.

Metode prediksi *flyrock* pada Metode Ghasemi dkk., (2012b) ini menggabungkan analisis dimensi menurut Teori Buckingham ( $\pi$ ) dengan analisis regresi multivarian nonlinier dan linier. Hal tersebut mengakibatkan nilai konstanta yang digunakan dapat disesuaikan dengan data parameter di lapangan. Berikut rumus yang digunakan yang sudah disesuaikan konstantanya.

- Nonlinier

$$Fd = \frac{S^{25,937} D^{1,099} Q^{0,225}}{B^{23,978} T^{2,733} H^{2,5 \cdot 10^{-17}} P^{0,225}}$$

- Linier

$$Fd = \left( \frac{172,14 \cdot Q^3}{P^3} \right) - 56(B) - 70(S) - 79,84(T) - 63,3(H) + 2 \cdot 212(D)$$

Keterangan:

- B = *Burden* (m)
- S = *Spasi* (m)
- T = *Stemming* (m)
- H = *Kedalaman* (m)
- D = *Diameter* (m)
- P = *Powder factor* (kg/m<sup>3</sup>)
- Q = *Muatan Anfo* (kg)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Parameter-Parameter *Flyrock*

Hasil pengukuran *flyrock* aktual sebanyak 31 kali dilapangan didapatkan bahwa semuanya memiliki mekanisme *cratering*. Hasil pengukuran *flyrock* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Sebaran Lemparan *Flyrock*

No.	Skala Lemparan	Banyak <i>Flyrock</i>	Persentase (%)
1	≤ 50m	15	48,4%
2	51 ~ 100m	13	41,9%
3	101 ~ 150m	1	3,2%
4	≥ 151m	2	6,5%
Jumlah		31	100%

Dilakukan perhitungan korelasi pearson antara jarak lemparan *flyrock* dengan parameter-parameter yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Korelasi Pearson

	<i>Burden</i> (m)	<i>Spasi</i> (m)	<i>Kedalaman</i> (m)	<i>Stemming Minimum</i> (m)	<i>Muatan/Q</i> (kg)	<i>Powder Factor</i>
<i>Flyrock Distanc</i> (m)	0,018	0,018	-0,281	-0,870	0,195	0,669

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan bahwa parameter-parameter yang memiliki hubungan terhadap jarak lemparan *flyrock* yaitu *stemming* dengan nilai -0,87 yang mana sifat hubungannya negatif dan *powder factor* dengan nilai 0,669 yang mana sifat hubungannya positif. Berdasarkan analisis korelasi pearson, untuk parameter *stemming* dapat dikatakan memiliki pengaruh paling tinggi terhadap jarak lemparan *flyrock*. Selain

berdasarkan nilai koralsi, hal tersebut juga dapat dibuktikan dengan perhitungan *Scaled Depth Of Burial* (SDOB). SDOB digunakan untuk melihat tingkat pengungkungan dari *stemming*. Satuan yang digunakan adalah  $ft/lb^3$  atau  $m/kg^3$ . Berikut adalah rumusnya.

$$SD = \frac{T + (0,5 \times 10 \times D)}{(10 \times D \times de)^{0,333}}$$

Keterangan

T = Panjang *stemming* (m)

D = diameter lubang (m)

de = *Loading density* (kg/m<sup>3</sup>)

Berikut adalah **Tabel 3** nilai SDOB dan *flyrock* yang dihasilkan berdasarkan pengamatan lapangan.

**Tabel 3** Nilai SDOB dengan *Flyrock* yang Dihasilkan

No.	SDOB (m/kg <sup>0,33</sup> )	<i>Flyrock Distance</i> (m)	No.	SDOB (m/kg <sup>0,33</sup> )	<i>Flyrock Distance</i> (m)
1	0,75	175,5	17	1,06	38,1
2	0,81	160,8	18	1,06	35,1
3	0,85	114,9	19	1,07	63,7
4	0,87	94,1	20	1,07	39,6
5	0,92	74,5	21	1,08	36,1
6	0,93	61,4	22	1,08	34,5
7	0,95	79,7	23	1,08	50,3
8	0,95	67,9	24	1,12	29,0
9	0,98	93,3	25	1,13	50,4
10	0,98	60,7	26	1,13	33,2
11	1,00	69,2	27	1,22	35,9
12	1,00	64,7	28	1,22	28,1
13	1,00	66,7	29	1,22	45,0
14	1,03	40,1	30	1,22	24,4
15	1,03	45,3	31	1,22	23,8
16	1,04	37,0			

**Tabel 3** dibagi menjadi dua warna yaitu kuning (no 1-4) dan hijau (no 5-31), kuning untuk menandakan kelas 2 dan hijau untuk menandakan kelas 3. SDOB dengan tingkat kelas 2 memiliki tingkat pengungkungan yang kurang sehingga sangat mudah untuk menyebabkan mekanisme *flyrock cratering* dan hal itu juga dibuktikan dari *flyrock* aktual hasil pengamatan 31 peledakan dimana jarak lemparan >100 m semuanya memiliki tingkat SDOB dengan kelas 2 dimana *flyrock* kurang terkontrol. Dari hal ini membuktikan jika faktor panjang kolom *stemming* memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap jarak lemparan *flyrock*.

### 3.2 Analisis Prediksi Lemparan *Flyrock*

Analisis prediksi lemparan *flyrock* menggunakan Teori Richard & Moore 2005 dan Teori Ebrahim Ghasemi 2012 yang sudah di ganti konstanta nya masing-masing. Untuk persamaan prediksi *flyrock* yang sudah d

bawah ini.

- Teori Richard & Moore (*Cratering*)

$$L = \frac{10,7^2}{g} \left( \frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2,6}$$

- Teori Ebrahim Ghasemi Nonlinier

$$Fd = \frac{S^{25,937} D^{1,099} Q^{0,225}}{B^{23,978} T^{2,733} H^{2,5 \times 10^{-17}} P^{0,225}}$$

- Teori Ebrahim Ghasemi Linier

$$Fd = \left( \frac{172,14 \cdot Q^{\frac{1}{3}}}{P^{\frac{1}{3}}} \right) - 56(B) - 70(S) - 79,84(T) - 63,3(H) + 2.212(D)$$

Hasil perhitungan masing-masing prediksi *flyrock* terhadap *flyrock* aktual dapat dilihat pada **Gambar 6**. Untuk menentukan prediksi yang paling akurat dilakukan perhitungan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) (Jamei dkk., 2021; Murlidhar dkk., 2021)

- *Root Mean Square Error* (RMSE)

$$RMSE = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (FDxi - FDyi)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|FDxi - FDyi|}{FDxi}$$

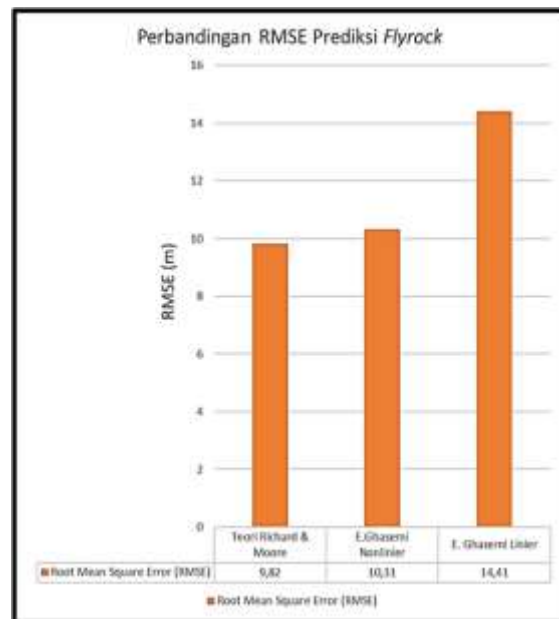
Keterangan :

FDyi = *Flyrock* prediksi Yi

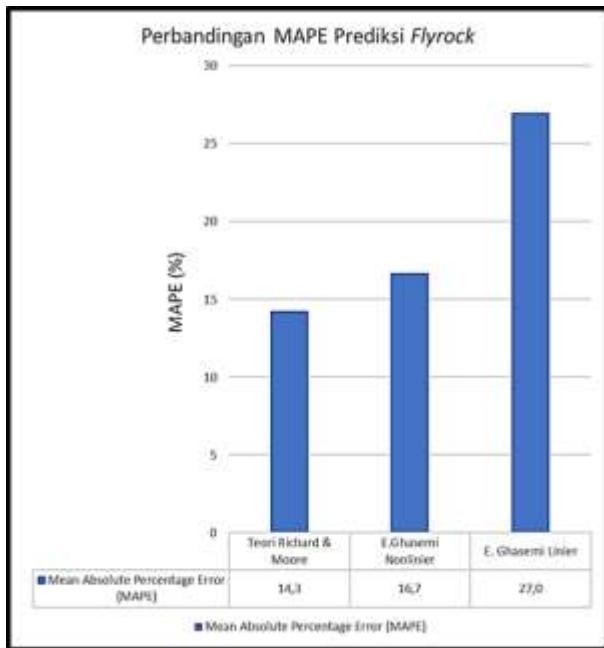
FDxi = *Flyrock* aktual Xi

n = besar sampel/banyak data

Hasil perhitungan RMSE dan MAPE dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4** Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa metode empirik Teori Richard and Moore memiliki keakuratan paling tinggi dengan RMSE = 9,82 m dan MAPE = 14,3%. Sehingga metode ini yang digunakan dalam prediksi untuk percobaan pengurangan jarak *flyrock*.



**Gambar 3** Perbandingan RMSE Metode Prediksi Lemparan *Flyrock*



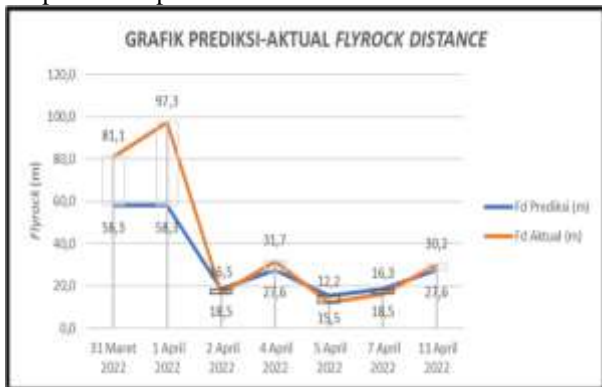
Gambar 4 Perbandingan MAPE Metode Prediksi Lemparan Flyrock

### 3.3 Kajian Pengurangan Radius Aman Alat

Pengurangan radius aman alat dari 300 m menjadi 150 m dengan perubahan parameter peledakan dan melakukan percobaan dari perubahan parameter pada peledakan aktual. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan diketahui bahwa parameter *stemming* yang paling berpengaruh terhadap perubahan jarak jatuh lemparan *flyrock*. Hal ini yang menjadi rujukan sebagai parameter yang akan digunakan sebagai usulan. Penentuan usulan *stemming* juga berdasarkan dari faktor koreksi dan *safety factor*. Untuk faktor koreksi yang digunakan adalah 1,02. Nilai itu didapatkan dari perbandingan antara nilai perpotongan *stemming* terkecil dengan *flyrock* terbesar yang dibandingkan dengan *flyrock* regresi pada *stemming* terkecil sehingga didapatkan perbandingan antara 175,5 m dibanding 172,3 m dan didapatkan 1,02. Sedangkan nilai *safety factor* yang digunakan yaitu 1,67. Nilai ini didapatkan dari perbandingan antara jarak aman manusia dengan jarak aman alat yaitu 500 m dengan 300 m. Untuk reduksi radius aman alat menjadi 150 m, maka berdasarkan *safety factor* 1,67 didapatkan untuk prediksi *flyrock* maksimum yaitu 90 m dan didapatkan *stemming* minimum yaitu 2,3 m (Lihat Gambar 6).

Setelah didapatkan usulan tinggi *stemming* minimum, maka selanjutnya dilakukan *trial* (percobaan peledakan). Percobaan peledakan dilakukan dengan prediksi lemparan *flyrock* maksimal 90 m. Sebelum melakukan percobaan di lapangan, terlebih dahulu melakukan analisis prediksi lemparan *flyrock* dengan prediksi yang paling akurat dari hasil analisis sebelumnya yaitu Teori Richard & Moore. Ketika dari rancangan geometri tidak menimbulkan prediksi *flyrock* >90 m, maka dapat dilakukan percobaan peledakan di lapangan. Peledakan percobaan juga dilakukan pengamatan terhadap jarak jatuh *flyrock* secara aktual. Untuk geometri peledakan yang digunakan ialah *burden* 7 m, jarak spasi 8 m, dan tinggi *stemming* minimum ialah 2,3 m. Hasil prediksi dan

percobaan peledakan terhadap *flyrock* prediksi dan aktual dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Flyrock Prediksi Terhadap Aktual

Diketahui bahwa hasil percobaan peledakan dimana pengamatan *flyrock* aktual sesuai target yaitu tidak ada yang lebih dari 150 m dan tidak jauh berbeda dengan *flyrock* hasil prediksi. Berikut Tabel 4 untuk perhitungan galat dan error dari prediksi dengan aktual.

Tabel 4 Absolut Galat dan Persen Error Percobaan Peledakan.

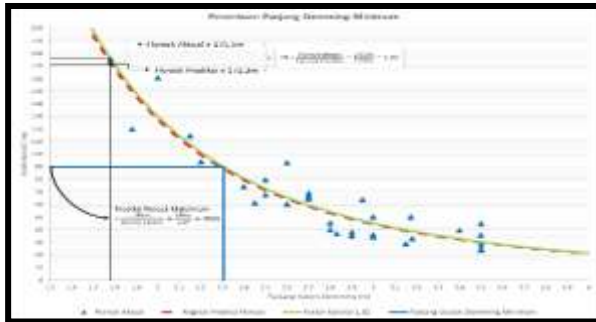
Tanggal Percobaan	Absolut Galat (m)	% Error
31 Maret 2022	22,8	28%
1 April 2022	39,0	40%
2 April 2022	2,0	12%
4 April 2022	4,1	13%
5 April 2022	3,3	27%
7 April 2022	2,2	13%
11 April 2022	2,6	9%
Rata-rata	10,8	20%

Beberapa *flyrock* aktual memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan prediksi sebelumnya. Percobaan pada tanggal 31 Maret dan 1 April memiliki jarak aktual yang relatif jauh dari prediksi yaitu hingga perbedaan 22,8 m dan 39 m. Hal ini terjadi dikarenakan percobaan pada tanggal 31 Maret dan 1 April pada elevasi atas *highwall* dan arah jatuh lemparan *flyrock* ke arah pit di elevasi bawahnya. Sehingga jarak datar yang terukur menjadi relatif lebih jauh apabila dibandingkan jika elevasi jatuhnya sama. Perbandingan *flyrock* maksimum pada percobaan peledakan yaitu pada tanggal 1 April sebesar 97,3 m dengan perhitungan prediksinya yaitu 58,3 m didapatkan nilai perbandingannya sebesar 1,67. Hal tersebut juga membuktikan *safety factor* yang digunakan yaitu 1,67.

Hasil percobaan selama tujuh kali ini dapat memvalidasi usulan dari rancangan geometri peledakan yaitu dengan menggunakan tinggi *stemming* minimum 2,3m; *burden* 7 m; spasi 8 m dan kedalaman 4 m-8 m untuk mendapatkan jarak *flyrock* maksimum <150 m dengan prediksi *flyrock* sebelum dilakukan operasi peledakan yaitu sebesar <90 m.



**Gambar 6** Grafik Prediksi Aktual Flyrock



**Gambar 7** Penentuan Panjang Stemming

Bhandari, S. (1997). *Engineering Rock Blasting Operation* (Hardbound). A.A. Balkema.

Bustami, Abdullah, D., & Fadlisyah. (2014). *Statistika Terapannya Pada Bidang Informatika* (1 ed.). Graha Ilmu.

Chiappetta, R. F., Treleven, T., Nixon, E., & Smith,

J. D. (1998). History and expansion of the Panama Canal\*. *FRAGBLAST-International Journal of Blasting and Fragmentation*, 2, 313–340.

Ghasemi, E., Sari, M., & Ataei, M. (2012a). Development of an Empirical Model for Predicting The Effects of Controllable Blasting Parameters on Flyrock Distance in Surface Mines. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 52, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmmms.2012.03.011>

Ghasemi, E., Sari, M., & Ataei, M. (2012b). Development of an Empirical Model for Predicting the Effects of Controllable Blasting Parameters on Flyrock Distance in Surface Mines. *International Journal of Rock Mechanics*.

## V. KESIMPULAN

1. Faktor-faktor yang memengaruhi jarak lemparan *flyrock* yang dapat dikontrol yaitu *burden*, spasi, kedalaman aktual, *stemming*, diameter lubang, jumlah muatan bahan peledak (ANFO) dan *powder factor*. Faktor yang paling memengaruhi terhadap jarak lemparan *flyrock* adalah *stemming*.
2. Metode empirik Teori Richard & Moore memiliki keakuratan paling tinggi dengan RMSE = 9,82 m dan MAPE = 14,3%. Metode ini yang digunakan dalam prediksi untuk percobaan pengurangan jarak *flyrock*.
3. Berdasarkan parameter yang paling berpengaruh yaitu *stemming* (*T*) yang dijadikan parameter usulan dengan faktor koreksi 1,02 dan *safety factor* 1,67 untuk mengurangi jarak *flyrock* menjadi  $\leq 150$  m, didapat *stemming* minimum 2,3 m. Percobaan peledakan sebanyak 7 kali menggunakan *stemming*  $\geq 2,3$  m; *burden* dan spasi 7 m dan 8 m; diameter lubang 0,2 m serta kedalaman lubang 4 m~8 m dapat mereduksi jarak aman unit alat dari 300 m menjadi 150 m..

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, H. (2015). *Analisis Flyrock Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Dari 300 Meter Ke 200 Meter Pada Peledakan Overburden Di PIT Bendili, PT Kaltim Prima Coal, Sangatta, Kalimantan Timur*. Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Yogyakarta.
- Abdurrachman, H., Saptono, S., & Wiyono, B. (2015, Oktober 15). Analisis Flyrock Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Peledakan Overburden Penambangan Batubara. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-8*.

