

Kajian Teknis *Flyrock* Dan Jarak Aman Minimum Peledakan Di Jobsite

PT Unggul Dinamika Utama Site PT Indexim Coalindo

Flyrock Technical Study and Minimum Safe Distance for Blasting at PT Unggul Dinamika Utama's Jobsite at PT Indexim Coalindo's Site

M Alfarie Indra¹, Franto¹, Guskarnali^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung

* Korespondensi E-mail: guskarnali@ubb.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji kondisi *flyrock* dan jarak aman peledakan di jobsite PT Unggul Dinamika Utama-PT Indexim Coalindo di Kutai Timur, Kalimantan Timur. Penelitian dilakukan di Pit Tempudo 6 dengan mengumpulkan data geometri peledakan dan titik *flyrock* aktual menggunakan GPS sebanyak 30. Metode penelitian yang digunakan dengan perhitungan aktual jarak lemparan *flyrock* menggunakan pythagoras serta perhitungan prediksi jarak lemparan *flyrock* menggunakan teori Richard and Moore dan Ebrahim Ghasemi yang selanjutnya dilakukan kajian teknis *flyrock* dan jarak aman minimum peledakan. Hasil pengolahan menunjukkan penggunaan geometri peledakan rata-rata dengan nilai burden 7,86m, spasi 8,96m, stemming 3,64m, kedalaman lubang ledak 7,05m, powder column 81,64kg dengan jarak aktual *flyrock* terjauh 90,3m. Pengaruh parameter geometri peledakan didapatkan nilai burden 0,01%, spasi 0,86%, Stemming 18,09%, kedalaman lubang ledak 6,38%, powder column 2,21%. Stemming memiliki pengaruh yang tinggi terhadap *flyrock* dengan persentase sebesar 18,09%. Faktor tambahan seperti persiapan lokasi yang kurang bersih, dan stemming yang kurang padat juga berkontribusi pada *flyrock*. Prediksi teoritis setelah data hasil perhitungan ditransformasi menunjukkan metode Richard and Moore faktor cratering memiliki hasil yang paling mendekati yaitu 24% dibandingkan dengan Ebrahim Ghasemi yaitu 29%. Berdasarkan kajian teknis, radius aman direkomendasikan menjadi 181m untuk alat berat sedangkan untuk manusia tetap di 500m.

Kata kunci: Peledakan, *Flyrock*, Jarak aman evakuasi

Abstract

This study examines the condition of flyrock and safe blasting distance at the jobsite of PT Unggul Dinamika Utama-PT Indexim Coalindo in East Kutai, East Kalimantan. The study was conducted at Pit Tempudo 6 by collecting blasting geometry data and actual flyrock points using GPS as many as 30. The research method used was the actual calculation of flyrock throwing distance using Pythagoras and the predicted calculation of flyrock throwing distance using the theory of Richard and Moore and Ebrahim Ghasemi which was then carried out a technical study of flyrock and minimum safe blasting distance. The processing results showed the use of an average blasting geometry with a burden value of 7.86m, spacing of 8.96m, stemming of 3.64m, blast hole depth of 7.05m, powder column of 81.64kg with the furthest actual flyrock distance of 90.3m. The influence of blasting geometry parameters obtained a burden value of 0.01%, spacing of 0.86%, Stemming of 18.09%, blast hole depth of 6.38%, powder column of 2.21%. Stemming has a high influence on flyrock, with a percentage of 18.09%. Additional factors such as inadequate site preparation and insufficiently dense stemming also contribute to flyrock. Theoretical predictions after the calculated data were transformed showed that the Richard and Moore cratering factor method had the closest results, at 24%, compared to Ebrahim Ghasemi's 29%. Based on technical studies, the recommended safe radius is 181 m for heavy equipment, while for humans it remains at 500 m.

Keywords: *Blasting, Flyrock, Safe evacuation distance*

1. Pendahuluan

PT Dahana merupakan perusahaan yang berbadan hukum yang tergabung dalam Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di bidang industri strategis yang menyediakan layanan bahan peledak terpadu untuk sektor migas,

pertambangan umum, kuari dan konstruksi serta pertahanan. PT Dahana menyediakan jasa peledakan lengkap dan menyeluruh untuk berbagai kondisi dan kebutuhan, baik untuk *bench blasting, trench blasting, tunnel blasting, cautious blasting*, ataupun *underwater blasting*.

PT Unggul Dinamika Utama merupakan perusahaan kontraktor pertambangan yang bergerak di bidang penambangan Batubara dengan sistem penambangan terbuka. Kegiatan pengupasan *overburden* Batubara di PT Unggul Dinamika Utama dilakukan menggunakan metode pengeboran dan peledakan oleh PT Dahana. Keberhasilan peledakan dipengaruhi oleh banyak faktor (Havis, 2016) seperti geometri peledakan, jenis bahan peledak dan kedalaman lubang ledak (Zhahra, dkk., 2022).

Pembongkaran lapisan *overburden* perlu mempertimbangkan metode pengeboran dan peledakan serta perencanaan geometri peledakan yang tepat (Marlina, dkk., 2020) dan dapat meminimalisir kondisi tidak aman dari hasil kegiatan peledakan (Meutuah, 2019). Dalam kegiatan pengeboran dan peledakan memiliki dampak negatif seperti *fumes*, *flyrock*, *air blast*, dan *ground vibration* (Putri, 2022).

Flyrock merupakan salah satu efek dari peledakan yang harus diantisipasi karena hal ini dapat menyebabkan kecelakaan yang sangat tinggi (Novrianto, 2020). *Flyrock* merupakan istilah dari hasil peledakan berupa fragmentasi batuan yang terlempar akibat peledakan yang dapat melebihi radius aman dari evakuasi alat mekanis dan manusia (Suryadi, 2019). Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral Nomor 1827K/30/MEM/2018 yang telah ditetapkan untuk jarak aman peledakan bagi alat mekanis penambangan 300 meter dan bagi manusia 500 meter. Jarak aman minimum alat yaitu 2 kali lemparan *flyrock* maksimum aktual (Richard and Moore, 2005).

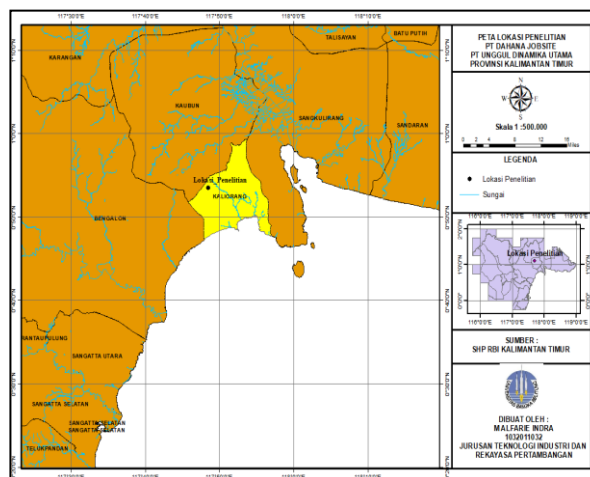
Namun perpindahan alat menuju jarak aman peledakan pada PT Unggul Dinamika Utama site PT Indexim Coalindo ini membutuhkan waktu yang cukup lama (Rande & Yulianti, 2021) terutama pada alat gali muat berukuran besar seperti PC 2600, PC 2000 dan mesin *drilling*. Hal ini menyebabkan adanya kehilangan produksi dan penambahan konsumsi bahan bakar (Sokisha, dkk., 2023).

Kajian teknis mengenai *flyrock* dan jarak aman minimum evakuasi alat pada kegiatan peledakan *overburden* batubara di PT Dahana jobsite PT Unggul Dinamika Utama Kabupaten Kutai Kalimantan Timur perlu dilakukan.

2. Metode

Kegiatan penelitian dilaksanakan selama 7 Minggu dari tanggal 10 Agustus sampai 30 September 2024. Lokasi Penelitian dilakukan di PT Dahana Jobsite PT Unggul Dinamika Utama – PT Indexim Coalindo Kecamatan Kaliorang, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Untuk mencapai lokasi penelitian diawali dari Pangkalpinang ke Jakarta menggunakan

pesawat dengan jarak kurang lebih 773 Km ditempuh selama 1 jam, dari Jakarta ke Balikpapan dengan jarak 1762 Km kurang lebih 2 jam 30 menit, kemudian dilanjutkan ke Lokasi Penelitian dengan jarak 388 Km kurang lebih selama 12 Jam.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Data primer yang digunakan meliputi titik koordinat lubang ledak terdekat *flyrock*, titik koordinat *flyrock* terjauh, video drone, kecepatan dan arah angin di lokasi penelitian. Sedangkan untuk data sekunder yang digunakan yaitu *blast design report* harian, *blast map* harian, *charging sheet* harian.

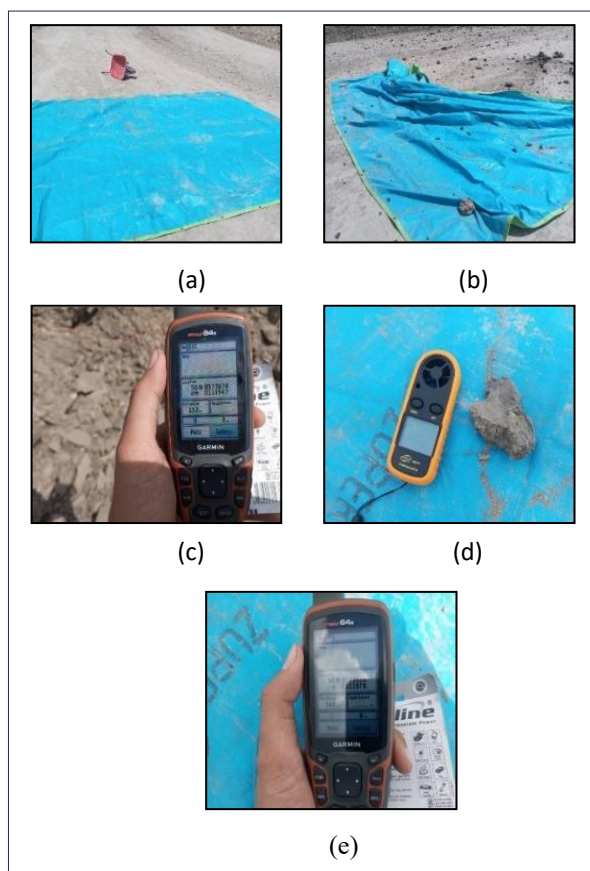
Tahapan pengolahan data pada penelitian ini yaitu dimulai dari pengambilan titik koordinat *flyrock* terjauh dan titik koordinat lubang ledak terdekat dengan *flyrock* terjauh yang ada di lokasi peledakan lalu dihitung menggunakan persamaan pythagoras untuk mengetahui jarak *flyrock* aktual di lapangan, melakukan perhitungan prediksi jarak lemparan *flyrock* berdasarkan teori Richard and Moore dan Ebrahim Ghasemi lalu melakukan perbandingan antara prediksi *flyrock* dan aktual menggunakan persamaan standar deviasi dan persentase error.

Uji normalitas kolmogorov-smirnov dan Transformasi data hasil perhitungan jarak prediksi lemparan *flyrock*. Melakukan perhitungan koefisien korelasi dan koefisien determinasi parameter geometri peledakan terhadap *flyrock* dan melakukan uji T & uji F geometri peledakan terhadap jarak *flyrock* aktual untuk mengetahui parameter geometri peledakan apa yang paling mempengaruhi lemparan *flyrock* (Retnawati, 2017). Pembuatan diagram wind rose untuk mengetahui arah dan kecepatan arah angin di area *blasting* selama penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Data Lemparan *Flyrock*

Data *flyrock* yang diamati dalam penelitian ini merupakan data mengenai batuan hasil peledakan yang terlempar paling jauh (maksimum) dari titik peledakan. Pengamatan dilakukan secara visual melalui rekaman video udara menggunakan drone yang secara langsung memantau seluruh area *blasting* selama proses peledakan berlangsung. Untuk membantu identifikasi titik awal peledakan, digunakan terpal berukuran 3x4 meter sebanyak 2 hingga 3 lembar yang diletakkan secara berurutan mulai dari titik initiation point dengan jarak antar terpal sekitar 25 meter.



Gambar 2. Pengambilan data meliputi: (a) Terpal sebelum *blasting*, (b) Terpal setelah *blasting*, (c) Titik Koordinat lubang ledak, (d) *flyrock*, dan (e) Titik Koordinat *Flyrock*.

Pengambilan data aktual terhadap lemparan *flyrock* dilakukan menggunakan perangkat Global Positioning System (GPS). Metode ini melibatkan pencatatan dua titik koordinat, yaitu koordinat lubang ledak sebagai titik awal dan koordinat lokasi jatuhnya batuan *flyrock* terjauh yang berhasil diamati. Batuan yang dikategorikan sebagai *flyrock* dalam kajian ini memiliki ukuran minimum sebesar 5cm, sehingga hanya fragmen batuan dengan ukuran tersebut atau lebih besar

yang dimasukkan dalam pengukuran guna mengidentifikasi jarak maksimum lemparan *flyrock* guna mendukung evaluasi terhadap potensi risiko dan penetapan zona aman peledakan. Pada geometri peledakan yang diambil sebanyak 30 kali terdiri dari burden (B), spasi (S), Stemming (T), Kedalaman lubang ledak (H), rata-rata isian lubang ledak (PC), powder factor (PF), dan burden awal (Ba) (Tabel 1).

Hasil Pengukuran Lemparan *Flyrock* Aktual

Pengambilan data pengukuran *flyrock* aktual dilakukan sebanyak 30 kali menggunakan *Global Position System* (GPS) dengan mengambil koordinat lubang ledak terdekat dengan batuan *flyrock* yang terlempar jauh pada saat *blasting* kemudian koordinat tersebut diolah menggunakan aplikasi Microsoft excel dengan menggunakan Teorema pythagoras sehingga didapatkan nilai jarak lemparan *flyrock* aktual. Ukuran *flyrock* yang di ambil berukuran minimal 5 cm. Jarak lemparan *flyrock* aktual yang telah di olah menggunakan teorema *pythagoras* (Tabel 2). Jarak terjauh yang didapatkan pada saat pengambilan data dilokasi penelitian sebesar 90,3 meter.

Prediksi lemparan *flyrock* menggunakan 2 teori yaitu teori Richard and Moore dan Ebrahim Ghasemi (Tabel 3). Pada teori Richard and Moore hanya digunakan 2 faktor yaitu faktor *cratering* dan *faceburst* dikarenakan pada saat dilokasi penelitian hanya menggunakan lubang pengeboran vertikal 90°. Untuk teori Ebrahim Ghasemi menggunakan persamaan berikut:

$$F_d = 0,482706818 \times [B(P/Q)^{1/3}]^{-26,17507846} \times [S(P/Q)^{1/3}]^{-2,593082637} \times [T(P/Q)^{1/3}]^{1,65717815} \times [H(P/Q)^{1/3}]^{-13,60408418} \times [D(P/Q)^{1/3}]^{-0,354022221} \times (P/Q)^{-14,023030}$$

Keterangan:

F_d = *Flyrock* Aktual

B = *Burden*

S = *Spasi*

T = *Stemming*

H = Kedalaman Lubang Ledak

D = Diameter Lubang Ledak

P = *Powder Factor*

Q = Isian Rata-rata Bahan Peledak

Nilai konstanta yang digunakan pada faktor *cratering* untuk *claystone* yaitu 10,42, *claystone* bercampur *sandstone* yaitu 13,55, dan untuk *sandstone* 16,63. Untuk faktor *faceburst* tidak lengkap sebanyak 30 data dikarenakan tidak semua lokasi memiliki burden awal (Tabel 2).

Tabel 1. Geometri peledakan aktual dilokasi penelitian

No	Tanggal	Lokasi	B(m)	S(m)	T(m)	H(m)	PF(m)	PC(kg)	Ba(m)
1	10 Agu	Selatan	8	9	3,85	7,71	0,17	94	5,5
2	12 Agu	Selatan	8	9	3,85	7,64	0,15	86	-
3	13 Agu	Selatan	8	9	3,34	6,68	0,19	90	6,7
4	14 Agu	Tengah	7	9	3,86	7,73	0,15	83	-
5	14 Agu	Tengah	8	9	3,58	7,16	0,15	75	-
6	16 Agu	Tengah	8	9	3,3	6,6	0,13	63	4,5
7	16 Agu	Tengah	8	9	2,75	5,5	0,12	47	-
8	21 Agu	Tengah	8	9	3,28	5,7	0,13	59,7	-
9	24 Agu	Tengah	8	9	3,62	7,2	0,17	91,4	-
10	25 Agu	Selatan	8	9	4,03	8,85	0,18	111,9	-
11	26 Agu	Tengah	7	9	4	8,8	0,25	122,7	3,5
12	26 Agu	Tengah	8	9	2,97	4,57	0,11	36,8	-
13	27 Agu	Utara	8	9	3,49	6,6	0,15	77	3,6
14	2 Sep	Selatan	8	9	3,72	7,6	0,17	97	-
15	4 Sep	Timur	9	10	4,47	9,3	0,12	111,5	4,7
16	5 Sep	Timur	9	10	4,61	9,7	0,14	124,4	-
17	6 Sep	Tengah	8	9	3,42	6,4	0,15	74,2	7,2
18	7 Sep	Selatan	8	9	3,32	6	0,14	67,1	-
19	7 Sep	Selatan	8	9	3,32	6	0,14	67,1	-
20	8 Sep	Tengah	7	9	4,45	8,7	0,19	106,6	-
21	8 Sep	Tengah	8	9	3,37	6,2	0,14	66,2	-
22	9 Sep	Selatan	8	9	3,88	7,9	0,19	99,6	4,8
23	10 Sep	Selatan	7	8	4,22	7,9	0,14	85	2,2
24	10 Sep	Tengah	7	8	4,11	7,3	0,17	81,6	2
25	10 Sep	Selatan	7	9	3,26	5,6	0,18	60,9	3
26	11 Sep	Tengah	7	8	3,53	5,8	0,20	55,2	-
27	11 Sep	Tengah	8	9	3,13	5,18	0,17	51,6	-
28	12 Sep	Selatan	8	9	3,34	6,06	0,16	68,5	-
29	13 Sep	Timur	9	10	4,1	9,2	0,13	128,4	-
30	14 Sep	Tengah	8	9	3,31	6	0,14	66,9	2,12
Rata – rata			7,86	8,96	3,64	7,05	0,15	81,64	4,15

Tabel 2. Perbandingan Aktual *Flyrock* dan Prediksi *Flyrock*

No	Tanggal	Lokasi	Prediksi Jarak <i>Flyrock</i>			Jarak <i>Flyrock</i> Aktual (m)
			Richard and moore		Ebrahim Ghasemi (m)	
			<i>Face burst</i> (m)	<i>Cratering</i> (m)		
1	10 Agu	Selatan	17,5	23,8	15,19	56,4
2	12 Agu	Selatan	-	23,8	28,57	52,2
3	13 Agu	Selatan	10,48	34,44	9,64	18,4
4	14 Agu	Tengah	-	39,97	9,64	33,3
5	14 Agu	Tengah	-	28,75	8,98	49
6	16 Agu	Tengah	27,85	35,53	15,33	3
7	16 Agu	Tengah	-	57,08	6,83	9,2
8	21 Agu	Tengah	-	36,1	52,46	34,82
9	24 Agu	Selatan	-	27,93	23,48	55,8
10	25 Agu	Selatan	-	21,13	12,97	41,5
11	26 Agu	Tengah	56,69	21,55	22,5	8,9
12	26 Agu	Tengah	-	36,44	10,58	33
13	27 Agu	Utara	52,68	30,72	37,72	42,42
14	2 Sep	Selatan	-	26,02	27,1	19,3
15	4 Sep	Timur	26,34	41,11	76,68	61,3

16	5 Sep	Timur	-	37,94	24,32	40,8
17	6 Sep	Tengah	8,69	32,38	32,98	26
18	7 Sep	Selatan	-	34,98	48,51	13
19	7 Sep	Selatan	-	34,98	48,51	30,46
20	8 Sep	Tengah	-	27,62	150,9	26,17
21	8 Sep	Tengah	-	33,65	26,34	17,02
22	9 Sep	Selatan	24,94	23,32	24,87	45
23	10 Sep	Selatan	189,57	31,7	62,13	90,3
24	10 Sep	Tengah	84,64	33,96	22,42	37,5
25	10 Sep	Selatan	-	62,02	66,9	24
26	11 Sep	Tengah	-	50,43	37,91	53,4
27	11 Sep	Tengah	-	40,77	23,08	47,3
28	12 Sep	Selatan	-	34,44	57,17	39,6
29	13 Sep	Timur	-	51,08	24,37	28
30	14 Sep	Tengah	208,74	35,25	46,29	15

Uji Normalitas Prediksi Jarak *Flyrock*

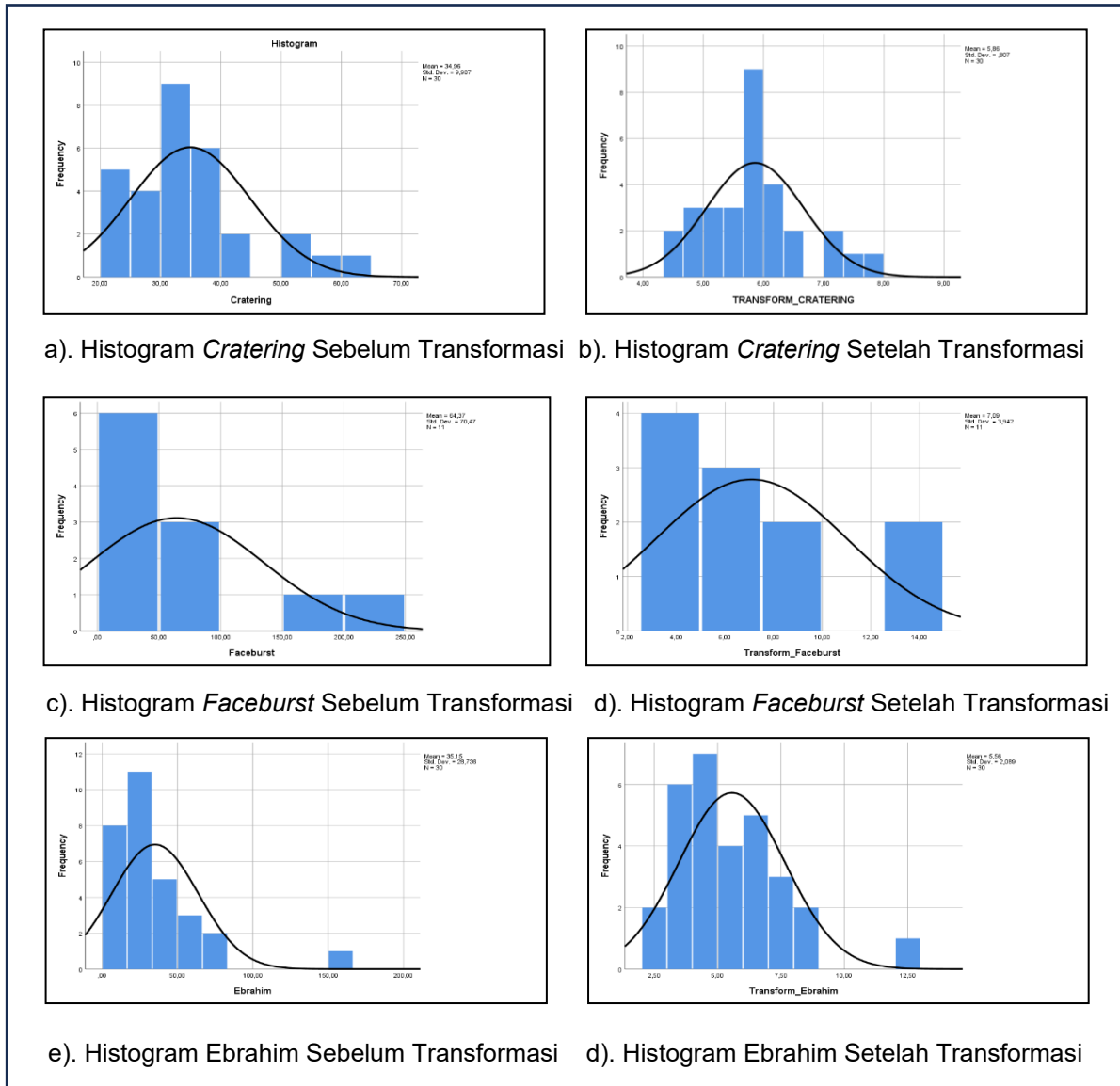
Hasil perhitungan menggunakan teori Richard and Moore serta teori Ebrahim Ghasemi ditunjukkan dari nilai standar deviasi dan persentase *error* yang tergolong cukup tinggi (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan adanya penyimpangan data dari distribusi yang ideal dan potensi ketidaksesuaian antara hasil perhitungan teori dengan kondisi aktual di lapangan. Tingginya nilai standar deviasi tersebut dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam estimasi jarak lemparan batuan (*flyrock*), sehingga diperlukan langkah analisis lebih lanjut untuk mengevaluasi karakteristik distribusi data yang diperoleh. Parameter untuk menganalisis distribusi data dengan melakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, yang dilengkapi dengan visualisasi data dalam bentuk grafik histogram guna mengidentifikasi pola penyebaran nilai-nilai data terhadap distribusi normal.

Hasil dari grafik histogram menunjukkan bahwa distribusi data berdasarkan teori Richard and Moore maupun Ebrahim Ghasemi memiliki bentuk sebaran yang cenderung *moderate positive skewness* atau kemencengan positif sedang sebelum ditransformasi, yang berarti sebagian besar data terdistribusi pada sisi kiri grafik dengan ekor yang memanjang ke arah kanan (Gambar 3). Untuk mendukung analisis visual tersebut, dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov terhadap data dari masing-masing teori. Nilai parameter *cratering* sebesar $0,021 < 0,05$, demikian pula pada parameter *faceburst* yang menghasilkan nilai sebesar $0,024 < 0,05$. Sementara itu, untuk

data berdasarkan teori Ebrahim Ghasemi, uji normalitas menghasilkan nilai signifikansi sebesar $0,007 < 0,05$. Sebaran data menunjukkan penyebaran yang tidak normal sehingga perlu dilakukan transformasi data terhadap nilai-nilai hasil perhitungan dari teori Richard and Moore dan Ebrahim Ghasemi. Transformasi data ini bertujuan untuk menurunkan nilai standar deviasi, memperkecil persentase *error*, serta menormalkan distribusi nilai signifikansi agar memenuhi asumsi distribusi normal (Ghozali, 2018). Proses transformasi tersebut diharapkan dapat menghasilkan data yang lebih stabil, terdistribusi secara lebih simetris, dan secara statistik lebih valid untuk digunakan dalam analisis perbandingan antar teori.

Grafik histogram dari teori Richard and Moore dan Ebrahim Ghasemi yang digunakan lebih simetris dibandingkan sebelum di uji transformasi data (Gambar 3). Untuk nilai signifikansi setelah ditransformasi teori Richard and Moore faktor *cratering* yaitu $0,099 > 0,05$, untuk faktor *faceburst* $0,134 > 0,05$ dan untuk teori Ebrahim Ghasemi $0,131 > 0,05$. Dari uji normalitas tersebut dapat dilihat bahwa hasil uji transformasi data prediksi jarak *flyrock* dari kedua metode berdistribusi normal.

Nilai *error* dan deviasi dari teori Richard and Moore dan Ebrahim Ghasemi terbukti berkurang setelah dilakukan transformasi data (Tabel 3). Teori yang lebih akurat digunakan untuk memprediksi lemparan *flyrock* adalah Richard and Moore faktor *Cratering* dengan nilai *error* 24 % dan deviasi 2,07.



Gambar 3. Histogram sebelum dan sesudah transformasi

Tabel 3. Perbandingan Nilai *Error* dan *Deviasi* Sebelum Transformasi dan Sesudah Transformasi

No	Teori	<i>Error</i> Transformasi		<i>Deviasi</i> Transformasi	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	Richard and Moore (<i>Cratering</i>)	41%	24%	23,38	2,07
2	Richard and Moore (<i>Faceburst</i>)	61%	41%	74,91	4,47
3	Ebrahim Ghasemi	48%	29%	32,57	2,46

Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap *Flyrock*

Efek kegiatan peledakan yang diamati dalam penelitian ini berupa *flyrock*. Fragmentasi hasil peledakan yang terlempar jauh berupa bongkahan batu mulai yang berukuran kecil-besar. Batuan yang terlempar akibat peledakan bisa berpotensi merusak alat mekanis bahkan hingga kematian. Geometri peledakan memiliki nilai

korelasi dan pengaruh terhadap jarak lemparan *flyrock*. Nilai *Stemming* yang paling berpengaruh terhadap *flyrock* yaitu dengan nilai determinasi R^2 sebesar 0,1809. Sedangkan untuk *burden*, *spasi*, kedalaman lubang ledak, dan *powder colomn* tidak memiliki pengaruh yang signifikan (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap *Flyrock*

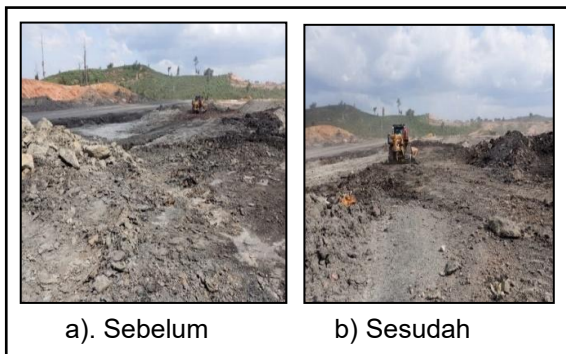
No	Variabel	Korelasi (r)	Regresi (R ²)	Determinasi (%)
1	<i>Burden</i>	-0,0102	0,0001	0,01%
2	<i>Spasi</i>	-0,0929	0,0086	0,86 %
3	<i>Stemming</i>	0,425	0,1809	18,09 %
4	Kedalaman Lubang	0,252	0,0638	6,38 %
5	<i>Powder column</i>	0,148	0,0221	2,21 %

Pengaruh Lain Terhadap *Flyrock*

Pada saat observasi dilapangan terhadap proses blasting dari awal sampai akhir terdapat pengaruh terhadap *flyrock* selain geometri peledakan yang diantaranya sebagai berikut:

a. *Persiapan Lokasi*

Persiapan lokasi peledakan perlu dilakukan dengan membersihkan terlebih dahulu karena material berukuran kecil dibawah 5cm mudah terlempar saat peledakan.



Gambar 4. *Persiapan Lokasi Peledakan*

b. *Stemming* yang kurang padat

Pada saat melakukan penutupan lubang ledak (*Stemming*) perlu dipastikan harus betul betul padat agar *energy distribution* dari ANFO tidak menyembur keluar lubang yang dapat menyebabkan batuan yang digunakan untuk menutup lubang ledak terlempar jauh keluar.



Gambar 5. *Proses Stemming*

c. *Overcharge*

Overcharge atau kelebihan isian bahan peledak pada saat proses *charging*. *Control Stemming* pada saat pengisian bahan peledak yang tidak sesuai dengan *charging sheet* menyebabkan isian terlalu berlebih sehingga

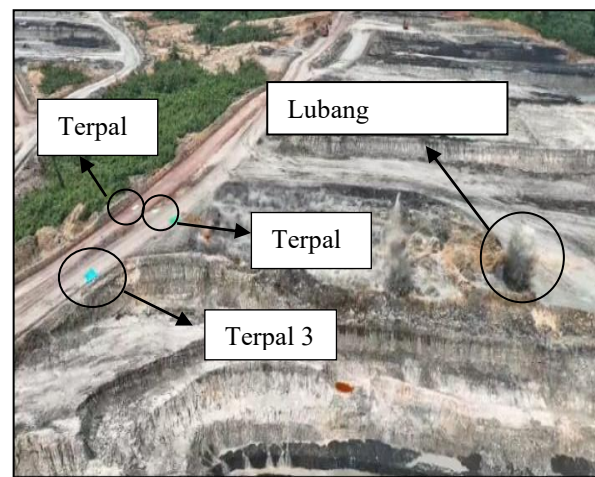
energy distribution yang dihasilkan dari anfo tak terkontrol dengan baik dan juga bisa mengurangi kolom *stemming*. Adanya *overcharge* ditandai dengan adanya kawah setelah di ledakan.



Gambar 6. *Lubang Overcharge*

Kajian Teknis Lemparan *Flyrock* dan Jarak Aman Minimum Peledakan

Dari hasil pengamatan sebanyak 30 kali dalam kegiatan peledakan, didapatkan jarak lemparan *flyrock* aktual terjauh sebesar 90,3meter dan jarak terpendek sebesar 3 meter. Pada kondisi aktual di lapangan, banyak terdapat anomali-anomali lain yang menyebabkan *flyrock* salah satu nya yakni *Overcharge*. *Overcharge* adalah kondisi dimana isian bahan peledak terlalu berlebih sehingga dapat mengurangi isian *stemming* dan menyebabkan *flyrock*.



Gambar 7. *Kondisi Lemparan Flyrock Aktual*

Perhitungan koefisien determinasi parameter geometri peledakan terhadap jarak lemparan *flyrock* didapatkan nilai *burden* sebesar 0,01%, spasi 0,86%, *Stemming* 18,09%, kedalaman lubang ledak 6,38%, dan *powder column* 2,21%. Jarak lemparan *flyrock* dilapangan dapat diminimalkan dengan cara membersihkan area *blasting* sebelum dilaksanakan pengeboran, memperhatikan kepadatan material *stemming*, dan perlu memperhatikan isian bahan peledak yang digunakan karena isian dari bahan peledak sangat berpengaruh terhadap panjang kolom *stemming*.

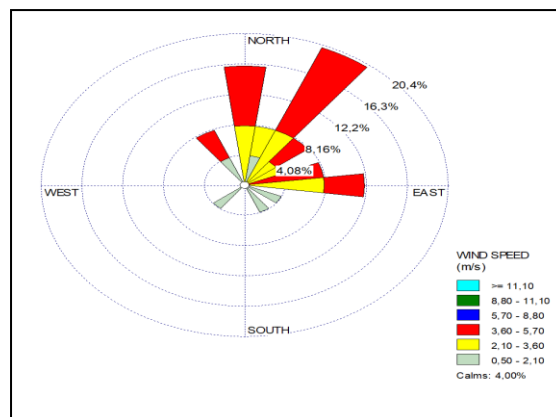
Penanganan lubang ledak yang kurang baik seperti tidak adanya informasi terkait kedalaman lubang ledak dan kondisi lubang mengakibatkan pengisian bahan peledak hanya berdasarkan perkiraan. Sedangkan pada kondisi lubang basah, penggunaan *liner* sering mengakibatkan pengisian bahan peledak yang berlebih sehingga kolom *stemming* menjadi lebih dangkal. Pada kondisi lubang basah yang sering dibiarkan dalam keadaan *stemming* kurang padat sehingga pengungkungan menjadi tidak sempurna dan berpotensi *flyrock*.



Gambar 8. Pengambilan Kecepatan dan Arah Angin.

4. Kesimpulan

Metode teorema pythagoras didapatkan jarak *flyrock* aktual terjauh sebesar 90,3meter dengan pengaruh geometri peledakan terhadap *flyrock* menggunakan koefisien determinasi diperoleh *burden* 0,01%, spasi 0,86%, *stemming* 18,09%, kedalaman lubang ledak 6,38%, dan *powder column* 2,21%. Pertimbangan lainnya yang mempengaruhi adanya *flyrock* yaitu perlu memperhatikan tinggi *stemming* yang kurang dari 3,64 meter. Jarak aman minimum alat pada saat evakuasi peledakan yang didasari dengan kajian teknis didapati 180,6meter atau 181meter.



Gambar 9. Diagram *Wind Rose* Saat Penelitian

Rata-rata kecepatan angin yang didapat di *pit* tempudo 6 sebesar 3,6m/s yang termasuk kecepatan angin sedikit tenang. Rata-rata arah angin di *Pit* Tempudo 6 pada saat melaksanakan *blasting* mengarah ke Timur Laut sebanyak 20,4 %.

Radius jarak lemparan *flyrock* maksimum 90,3 dengan jarak aman evakuasi peledakan untuk alat yaitu 180,6 atau dibulatkan menjadi 181meter dari lokasi peledakan untuk radius aman manusia tetap di 500meter. Jarak aman minimum evakuasi kegiatan peledakan selanjutnya dapat diketahui dengan memperhatikan rata rata nilai *Stemming* yaitu 3,6 meter, kebersihan lokasi peledakan dari batuan yang berukuran 5 cm, dan *powder column* pada saat akan melaksanakan peledakan dan dihitung menggunakan rumus Richard and Moore faktor *cratering* untuk mengetahui prediksi jarak lemparan *flyrock* maksimum yang akan terjadi pada kegiatan peledakan, sehingga dapat ditentukan radius aman jarak minimum evakuasi operasi peledakan yang direkomendasikan.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung yang telah mewadahi penelitian ini. PT Dahana, PT Unggul Dinamika Utama dan PT Indexim Coalindo yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian pada kegiatan peledakan. Kedua Orang Tua yang senantiasa memberikan doa, semangat, dan selalu mendukung sehingga penelitian ini selesai.

Daftar Pustaka

Al Zhahra, Bagus Wiyono dan Anton Sudyanto (2022). Prediksi Jarak Lemparan *Flyrock* dengan Metode Analisis Dimensi Serta Richard and Moore Akibat Kegiatan Peledakan Pada

- Tambang Biji Emas. Jurnal Perhapi Vol 4. No. 2 (2022).
- Ghozali, Imam. (2018). Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 25. Semarang: Badan Penerbit Univeristas Diponegoro.
- Harsiga, E., and E. P. S. B. T. Tono. (2024) "Technical study of blasting geometry to reduce the level of fragmentation at the Air Laya mine site PT. Bukit Asam, Tbk." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 1419. No. 1. IOP Publishing.
- Havis, A. (2016). Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius aman Alat Pada Peledakan *Overburden* penambangan Batubara. Proceeding. Seminar Nasional Kebumian ke-8 Academia-Industry Linkage 15-16 Oktober 2015 Graha Sabha Pramana.
- Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Meutuah, P. A. (2019). Kajian Teknik Jarak Aman Minimum Evakuasi Operasi Peledakan Dengan Metode Analisis Dimensi di PT. Dahana Jobsite PT. Karunia Wahananusa Bengalon, Kalimantan Timur. Skripsi. Universitas Syiah Kuala
- Novrianto (2020). Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap *Flyrock* Hasil Peledakan Di PT. Bintang Sumatra Pacific Kec. Pangkalan, Kab. Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. Tugas Akhir. Padang: Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.
- Putri, N.G. (2022). Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Jarak Aman Minimum Alat Pada Operasi Peledakan *Overburden* PT. Antareja Mahada Makmur site PT. Multi Harapan Utama Kalimantan Timur. Skripsi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Retnawati, H. (2017). Pengantar Analisis Regresi dan Korelasi. Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Riam Marlina, Rizto Salia dan Novrianto (2020). Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap *Flyrock* Hasil Peledakan di PT. Bintang Sumatra Pacific Kec. Pangkalan Kab. Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Sains Dan Teknologi Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri. E-ISSN: 2615-2827 P-ISSN: 1412-5455.
- Richard and Moore (2005). Golden Pike Cut Back *Flyrock* Control and Calibration of a Predictive Model. Terrock Consulting Engineers Eltham Vic.
- Shilvyanora Aprilia Rande dan Ardila Yulianti (2021). Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Peledakan Batuan Andesit Di Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Jurnal Promine. Vol. 9 (1) Halaman 23-28. Teknik Pertambangan: Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
- Sokisha, Lucia, Revia, Tommy dan Albertus (2023). Analisis Jarak lemparan *Flyrock* Untuk Meminimalisir Radius Aman Alat pada Panel L0-K1, PT. Harmoni Panca Utama Jobsite Dta, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Journal Of Comprehensive Science (JCS). Vol. 2. No. 10.
- Suryadi (2019). Analisis Geometri Peledakan Untuk Meminimalisir Jarak Lemparan Batuan (*Flyrock*) pada Peledakan Tambang Terbuka PT. Ansar Terang Crushindo II Pangkalan Sumatera Barat Dengan Visualisasi menggunakan Drone DJI Phantom 4. Jurnal Bina Tambang. Vol. 4, No. 3. ISSN: 2302-3333.