



Prediksi Jarak Lemparan *Flyrock* pada Aktivitas Peledakan *Overburden* Tambang Batubara di PIT 110 IUP PT. Kemilau Rindang Abadi

A. Rifai*, R. A. E. Wijaya, dan H. Pandita

Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Abstrak

Lokasi penelitian berada di Pit 110 IUP PT. Kemilau Rindang Abadi yang merupakan lokasi pertambangan batubara, dengan aktivitas peledakan sebagai metoda utama dalam memberai *overburden*. Namun, aktivitas peledakan berpotensi menyebabkan kerugian apabila *flyrock* mengenai alat atau manusia, sehingga perlu diperhitungkan prediksi lemparan *flyrock*. Tujuan penelitian untuk mengetahui nilai prediksi jarak lemparan *flyrock*, dan mengetahui korelasi parameter-parameter peledakan yang berpengaruh terhadap jarak lemparan *flyrock*. Metoda penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metoda kuantitatif dengan menghitung rumusan prediksi jarak lemparan *flyrock* yang dibandingkan dengan jarak aktual *flyrock* yang diukur menggunakan GPS handheld dan meteran. Berdasarkan perhitungan prediksi Richard dan Moore dihasilkan nilai deviasi yang sangat tinggi dengan hasil perhitungan metoda *face burst* memiliki penyimpangan sebesar 118,01 m (93%), *cratering* 90,60 m (69%), dan *rifling* 97,01 m (74%), kemudian perhitungan prediksi Ebrahim Ghasemi dengan perhitungan analisis dimensi dihasilkan nilai dengan tingkat keakuratan paling tinggi yaitu 77% dengan penyimpangan sebesar 28,7 m (23%) yang dijadikan rekomendasi perhitungan prediksi jarak *flyrock*. Berdasarkan hasil analisis regresi linier diketahui parameter yang dapat dikontrol dari tingkatan tertinggi hingga terendah yaitu kedalaman ($R^2=0,8024$), *burden* ($R^2=0,7433$), *water content* ($R=0,6734$), dan *powder factor* ($R=0,6292$), dan *spacing* ($R^2=0,0061$).

Kata kunci : Batubara; *flyrock*; *overburden*; peledakan.

Abstract

The research was conducted at Pit 110 IUP PT. Kemilau Rindang Abadi, which is a coal mining, with blasting as the main method of crushing *overburden*. However, blasting have the potential to cause damage if it hits equipment or people, so it is necessary to calculate *flyrock* predictions. The research purpose is to determine the predicted distance *flyrock* trajectory prediction, and to identify the correlation between blasting parameters and *flyrock* distance. The method used in this research is a quantitative method, involving the calculation of a predictive formula for *flyrock* trajectory distance, which is compared with the actual distance of *flyrock* measured using a handheld GPS and measuring tape. Based on the prediction calculations by Richard and Moore (2005), very high deviation values were obtained, with the *face burst* 118.01m(93%), *cratering* 90.60m(69%), and *rifling* 97.01m(74%). Then, the prediction calculations by Ebrahim Ghasemi (2012) using dimensional analysis yielded the highest accuracy level of 77% with a deviation of 28.7m(23%), which was recommended as the prediction calculation for *flyrock* distance. Based on the results of linear regression analysis, the parameters that can be controlled from the highest levels are depth ($R^2=0.8024$), *burden* ($R^2=0.7433$), *water content* ($R^2=0.6734$), *powder factor* ($R^2=0.6292$), and *spacing* ($R^2=0.0061$).

Keywords : coal; *flyrock*; *overburden*; blasting.

PENDAHULUAN

Lokasi penelitian berada di Pit 110 IUP PT. Kemilau Rindang Abadi, Kecamatan Tenggarrong Seberang, Kabupaten Kutai Kartangera,

Kalimantan Timur yang merupakan lokasi pertambangan batubara. Berdasarkan Peta Geologi yang dapat dilihat pada Gambar 1. Lokasi penelitian disusun oleh Formasi Pamaluan

*) Korespondensi : acrif081011@gmail.com

Diajukan : 6 Juli 2025

Diterima : 8 September 2025

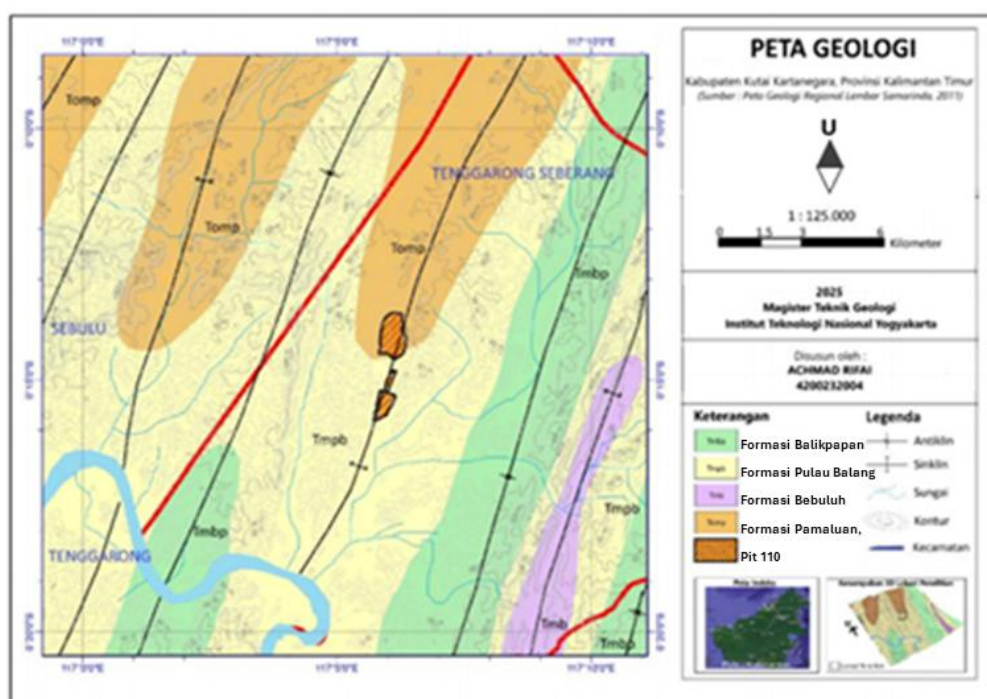
Diterbitkan : 15 Desember 2025

dan Formasi Pulau Balang (Supriatna, dkk., 2011). Berdasarkan data borlog diketahui persentase litologi penyusun pit 110 didominasi oleh batupasir 54,10%, batulempung 27,11%, batubara 6,24%, *mudstone* 5,15%, *siltstone* 4,42%, material lainnya 2,98% (Data Analisis Pendahuluan Geoteknik PT.KRA, 2024). Proses tektonik di lokasi penelitian menghasilkan struktur geologi yang membentuk sabuk lipatan dan patahan yang berarah sejajar dengan garis Pantai Kalimantan Timur, berupa Antiklinorium Samarinda (Allen dan Chambers, 1998).

Pertambangan merupakan aktivitas mulai dari tahap penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang secara garis besar meliputi penyelidikan awal, eksplorasi kondisi bawah permukaan, studi kelayakan terhadap sumber cadangan, konstruksi untuk menunjang aktivitas eksploitasi, eksploitasi, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, hingga kegiatan pasatambang seperti reklamasi (UU No.4 tahun 2009). Tujuan pertambangan yaitu memanfaatkan Sumber Daya Mineral atau Batubara, yang dapat digunakan kebutuhan dalam negeri seperti pembangkit listrik, bahan industri, bahan energi, perhiasan, dsb maupun untuk luar negeri sebagai bahan export. Batubara terbentuk dari vegetasi keras dan kuat yang mengalami proses penguraian secara biokimia, kimia dan fisika oleh bakteri anaerob yang

kemudian terkena suhu dan panah yang tinggi yang bersumber dari energi di dalam bumi pada periode waktu yang lama (Priyono, 1992 dalam Rifai dkk., 2024).

Pertambangan batubara umumnya dilakukan metoda peledakan untuk mempercepat terbukanya Sumber Daya Batubara di bawah permukaan, peledakan merupakan aktivitas dalam memberai batuan menggunakan suatu bahan peledak, dengan memiliki daya rusak untuk melepaskan diri dari batuan induknya kedalam bentuk fragmentasi yang lebih kecil (Marmer, 2013). Metoda peledakan di *pit* 110 KRA digunakan karena dinilai lebih efisien dibandingkan metoda *ripping*, dengan waktu produksi menjadi lebih cepat dan fragmentasi yang dihasilkan lebih baik (Rifai, 2025). Energi peledakan dibagi menjadi dua yaitu energi utama (mekanik) berfungsi dalam pemberaian batuan dan energi sisa yang berdampak negative dengan hasil *ground vibration*, *airblast* dan *flyrock* (Azzahra, dkk., 2023). Pada kegiatannya, peledakan memiliki resiko yang sangat tinggi, salah satunya dihasilkannya lemparan *flyrock* (lentingan fragmentasi akibat energi peledakan), yang dapat menimbulkan kerugian apabila melewati batas radius aman peledakan berupa kerugian material ketika mengenai alat-alat produksi maupun alat-alat *support* produksi dan kerugian fisik, cedera, dan jiwa apabila mengenai



Gambar 1. Peta Geologi daerah Tenggarong Seberang dan sekitarnya, (Rifai, 2025)

manusia. Aktivitas peledakan bervariasi walaupun dengan jumlah bahan peledak yang sama, oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan dalam menentukan perkiraan arah dan jarak maksimum dari lemparan *flyrock* yang dihasilkan dari aktivitas peledakan (Sokisha, dkk., 2023). Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 1827 Tahun 2018, dalam Anggoro, dkk. (2023), standar radius aman peledakan untuk yaitu 300 m dan manusia 500 m, dan dengan kecenderungan jarak *flyrock* di bawah 300 m, maka dapat lakukan kajian teknis dalam mengurangi jarak aman unit. Beberapa pendekatan teori yang digunakan dalam pengurangan jarak aman unit produksi yaitu menggunakan teori Ebrahim Ghasemi (2012) dan metoda Richard and Moore (2005), yang berorientasi terhadap beberapa parameter yaitu *burden*, *spacing*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, isian bahan peledak (*powder factor*), dan diameter bahan peledak (Bhandari, 1997).

Peledakan di lokasi penelitian baru dimulai pada pertengahan tahun 2024, sehingga belum dilakukan kajian teknis untuk dihasilkan peledakan yang optimal. Salah satu yang dapat dilakukan dalam kajian tersebut yaitu dengan mengontrol dan memprediksi jarak *flyrock* yang bertujuan untuk mengurangi jarak lemparan *flyrock*, dimana akan berperan dalam peningkatan safety dan penurunan *cost travel* evakuasi unit produksi serta berdampak terhadap mengurangi potensi terjadinya wait blast akibat waktu evakuasi yang tinggi. Hal tersebut merupakan alasan dilakukannya penelitian ini. Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu Menganalisis nilai prediksi jarak *flyrock* dengan jarak aktual jarak *flyrock*. dan mengetahui korelasi parameter-parameter peledakan yang berpengaruh besar terhadap jarak lemparan *flyrock*.

METODOLOGI

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metoda kuantitatif. Menurut Richard and Moore (2005) dalam Azzahra, dkk. (2023), ada tiga faktor yang menghasilkan jarak lemparan *flyrock*, yaitu:

1. Cratering

Kondisi ketinggian material *stemming* yang terlalu pendek dan pengaruh material peledakan sebelumnya yang tertinggal dengan sifat lemah atau *broken* material sehingga menyebabkan

flyrock terlempar ke segala arah, dihitung menggunakan persamaan 1.

$$L_{max} = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{T} \right)^{2,6} \dots\dots\dots(1)$$

2. Face Burst

Terjadi ketika jarak *burden* (Jarak antara baris atau lubang ledak terhadap area bidang bebas atau *freeface*) terlampaui dekat, dihitung menggunakan persamaan 2.

$$L_{max} = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{B} \right)^{2,6} \dots\dots\dots(2)$$

3. Rifling

Kondisi ketinggian *stemming* sudah standar, namun material *stemming* kurang baik dengan efek suara (*noise*) ledakan tinggi atau juga diasumsikan karena kemiringan lubang ledak, dihitung menggunakan persamaan 3.

$$L_{max} = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{T} \right)^{2,6} \sin 2\theta \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- L_{max} = Lemparan maksimal *flyrock* (m)
- k = konstanta material (*OB coal* 13,5)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- B = *burden* awal (m)
- T = panjang *stemming* (m)
- θ = kemiringan lubang ledak ($^\circ$)
- m = berat isian bahan peledak (kg/m)

Pengujian Ghasemi (2012), dengan merumuskan persamaan analisis dimensi yang merstrukturisasi variable dimensi asli dari beberapa faktor peledakan untuk menghasilkan nilai prediksi jarak lemparan *flyrock* dan evaluasi sensitivitasnya menggunakan analisis regresi. Penentuan jarak lemparan *flyrock* dapat diketahui dari persamaan 4.

$$Fd = a \left[B^b . S^c . St^d . H^e . D^f \left(\frac{PF}{Q} \right)^x \right] \dots\dots\dots(4)$$

Menurut Zhahra dkk. (2022), prediksi Richard dan Moore (2005) memiliki kelemahan karena bersifat *site-dependent* atau hanya berlaku terbatas pada lokasi pengukuran dilakukan. Sehingga dilakukan persamaan analisis dimensi yang disesuaikan dengan lokasi penelitian (persamaan 5).

$$Fd = 128097,887919 \left[B^{-0,002065246} \cdot S^{0,70222892} \cdot St^{0,582247088} \cdot H^{-2,364270315} \cdot D^{2,386878773} \left(\frac{PF}{Q} \right)^{0,101673076} \right] \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Fd = *flyrock distance* (m)

B = *burden* (m)

S = *spasi* (m)

H = kedalaman lubang ledak (m)

St = *stemming* (m)

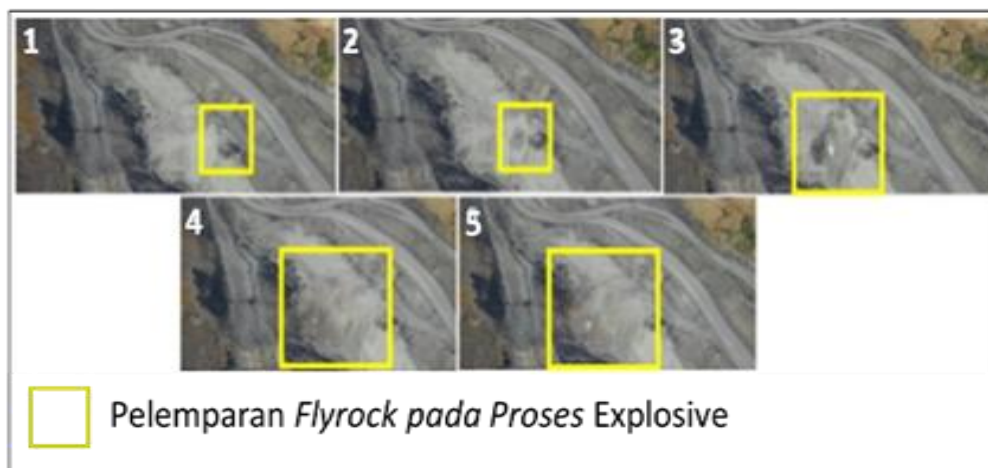
D = diameter lubang ledak (m)

P = *powder factor* (kg/m³)

Q = isian rata-rata per lubang ledak (kg)



Gambar 2. Dokumentasi validasi dan pengukuran flyrock dengan GPS Garmin (Rifai, 2025).



Gambar 3. Dokumentasi monitoring *flyrock* dengan Drone DJI (Rifai, 2025).

Beberapa parameter utama yang dapat dikontrol dalam penentuan jarak *flyrock* yaitu geometri (*burden*, *spacing*, *depth*), *powder factor*, dan *water content*. Parameter tersebut dikorelasikan dengan jarak lemparan *flyrock* aktual untuk mengetahui parameter yang berpengaruh besar dalam mengontrol jarak lemparan *flyrock*, dengan nilai korelasi 50%-100% (Nababan dkk., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Validasi Pengukuran Data Jarak *Flyrock*

Dilakukan dokumentasi untuk memvalidasi pengukuran jarak *flyrock* menggunakan alat GPS Garmin untuk melakukan plot koordinat titik sampel *flyrock*, yang dapat dilihat pada (Gambar 2) dan dokumentasi proses pelemparan *flyrock* menggunakan alat Drone DJI pada (Gambar 3).

2. Perhitungan Prediksi Jarak *Flyrock*

Dilakukan pengamatan jarak prediksi *flyrock face burst* (FB), *crattering* (C), *rifling* (R), dan analisis dimensi (AD) mulai dari bulan Januari hingga

Maret 2005, yang dibandingkan dengan data aktual jarak *flyrock* yang disajikan pada tabel berikut (Tabel 1), (Tabel 2), dan (Tabel 3).

Tabel 1. Data Prediksi *Flyrock* Januari 2025

Id blast	Geometri (m)			PF (Kg/Bcm)	<i>Fly Rock</i> Aktual (m)	Prediksi Lemparan <i>Flyrock</i> (m)			
	B	S	H			FB	C	R	AD
3238	6	8	6.5	0.191	104	8	40	33	114.23
3245	5	10	6.5	0.164	165	18	26	21	141.27
3246	5	10	6.5	0.189	111	18	34	28	131.04
3248	6	8	6.5	0.160	103	8	28	23	114.47
3249	6	8	6.5	0.187	98	8	39	32	110.97
3251	6	8	6.5	0.177	106	8	34	28	120.93
3252	5	8	6.5	0.195	155	13	28	23	113.69
3254	5	7	6.5	0.194	178	13	22	19	111.75
3253	5	5	6.5	0.185	161	13	14	12	98.21
3250	5	10	6.5	0.205	109	18	41	34	132.94
3255	6	8	6.5	0.148	105	8	24	20	120.73
3257	6	8	6.5	0.140	157	8	22	18	121.72
3258	6	8	6.5	0.165	113	8	29	24	121.71
3259	5	8	6.4	0.195	167	13	30	25	111.88
3260	5	8	6.5	0.196	173	13	29	24	110.03
3262	6	8	6.5	0.154	103	8	26	21	128.67

Tabel 2. Data Prediksi *Flyrock* Februari 2025

Id blast	Geometri (m)			PF (Kg/Bcm)	<i>Fly Rock</i> Aktual (m)	Prediksi Lemparan <i>Flyrock</i> (m)			
	B	S	H			FB	C	R	AD
3271	6	8	6.5	0.193	72	8	42	35	105.22
3272	7	8	6.5	0.164	154	6	41	34	135.64
3277	7	8	6.5	0.165	82	6	41	34	106.57
3283	7	8	6.5	0.180	66	6	53	44	94.27
3287	7	8	6.4	0.137	80	6	29	24	116.69
3288	7	8	6.5	0.183	147	6	56	46	92.62
3291	7	8	6.4	0.161	100	6	41	34	105.46
3292	7	8	6.0	0.163	102	6	49	41	121.09
3296	4	10	5.7	0.188	162	24	37	31	180.14
3297	5	10	5.8	0.178	165	18	40	33	163.37
3302	5	8	5.4	0.196	178	13	46	38	166.33
3303	5	8	6.0	0.194	174	13	35	29	141.03
3311	5	10	6.5	0.205	87	18	41	34	129.95
3310	5	10	5.5	0.162	102	18	39	32	187.56
3313	5	8	6.5	0.196	158	13	29	24	110.03
3314	5	8	6.0	0.191	164	13	34	28	150.34
3313	5	8	5.0	0.194	169	13	56	46	190.50
3315	5	8	5.8	0.195	162	13	38	32	126.59
3316	5	10	5.8	0.196	92	18	50	41	148.93

Tabel 3. Data Prediksi *Flyrock* Maret 2025

Id blast	Geometri (m)			PF (Kg/Bcm)	<i>Fly Rock</i> Aktual (m)	Prediksi Lemparan <i>Flyrock</i> (m)			
	B	S	H			FB	C	R	AD
3329	7	8	6.5	0.146	181	6	31	26	111.67
3330	7	8	5.9	0.168	162	6	56	46	136.02
3328	7	8	5.5	0.152	176	6	52	43	159.76
3331	7	8	6.3	0.157	101	6	40	33	111.42
3332	7	8	6.5	0.161	193	6	39	32	110.62
3333	7	8	6.5	0.156	94	6	36	30	109.53
3334	7	8	6.5	0.128	90	6	25	20	113.78
3335	7	8	6.5	0.162	105	6	40	33	107.22
3336	6	8	6.2	0.190	101	8	45	37	114.42
3338	7	8	6.0	0.137	103	6	34	28	133.92
3340	7	8	6.1	0.151	94	6	39	32	122.18
3341	7	8	6.3	0.142	101	6	32	26	114.18
3342	7	8	6.5	0.132	86	6	26	21	109.50
3344	7	8	6.3	0.132	99	6	28	23	113.76
3347	7	8	6.3	0.147	165	6	34	29	115.47
3348	7	8	6.4	0.164	178	6	42	35	100.14
3350	7	8	6.5	0.166	101	6	42	35	97.86
3353	7	9	5.9	0.149	162	6	56	46	129.17
3355	7	8	6.8	0.164	106	6	36	30	92.15
3357	7	9	6.5	0.129	213	6	31	25	127.05
3368	7	8	5.4	0.203	181	6	132	109	120.55
3370	7	8	6.2	0.142	97	6	33	28	113.60
3371	7	8	6.3	0.115	189	6	23	19	108.88
3372	7	8	6.2	0.178	101	6	58	48	111.63
3373	7	8	5.6	0.136	188	6	40	33	115.37
3374	7	8	6.5	0.161	186	6	39	32	127.11
3375	7	8	6.0	0.164	174	6	50	42	119.38
3377	7	8	6.4	0.152	158	6	35	29	137.28
3378	7	8	6.5	0.153	93	6	35	29	111.45
3379	6	8	6.5	0.141	167	8	22	18	143.13
3380	7	8	6.5	0.114	102	6	20	17	107.11
3381	7	8	6.5	0.132	101	6	26	21	121.71
3382	7	8	6.5	0.121	107	6	22	19	110.22
3383	7	8	6.5	0.137	103	6	28	23	113.82
3384	6	8	5.0	0.159	194	8	54	44	125.23
3385	7	8	5.0	0.116	231	6	42	35	120.53

3. Analisis Jarak Prediksi *Flyrock* dan Aktual

Berdasarkan analisis hasil prediksi jarak lemparan *flyrock* dengan jarak aktual *flyrock* periode bulan Januari hingga Maret 2025 diatas, diketahui pada Prediksi Richard and

Moore (2005) memiliki nilai deviasi yang sangat tinggi dengan hasil perhitungan metoda *face burst* memiliki penyimpangan sebesar 118,01 m dengan kesalahan prediksi 93%,

Tabel 4. Deviasi Prediksi Lemparan *Flyrock*

Teori	Metoda	Penyimpangan (m)	Persentase Kesalahan (%)
Richard and Moore	<i>Face Burst</i>	118,01	93%
	<i>Cratering</i>	90,60	69%
	<i>Rifling</i>	97,01	74%
Ebrahim Ghasemi	Analisis Dimensi	28,7	23%

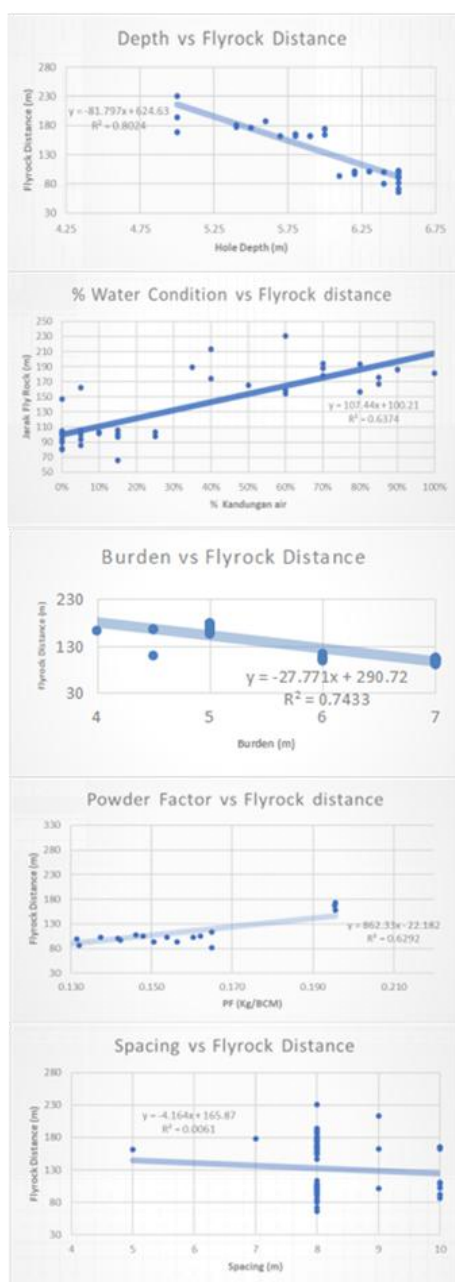
Tabel 5. Korelasi antara Parameter-Parameter Pengontrol *Flyrock* dengan Jarak *Flyrock*

Parameter	R2	Interprestasi Koefisien Korelasi
Kedalaman	0.8024	Hubungan Sangat Kuat
Burden	0.7433	Hubungan Kuat
<i>Powder factor</i>	0.6292	Hubungan Kuat
<i>Water Condition</i>	0.6734	Hubungan Kuat
<i>Spacing</i>	0.0061	Hubungan Lemah

cratering 90,60 m dengan kesalahan prediksi 69%, *rifling* 97,01 m dengan kesalahan prediksi 74%, kemudian Prediksi Ebrahim Ghasemi (2012) dengan perhitungan analisis dimensi memiliki penyimpangan sebesar 28,7 m dengan kesalahan prediksi 23%, dapat dilihat pada Tabel 4.

4. Parameter Pengontrol Jarak *Flyrock*

Dilakukan perhitungan analisis regresi linear untuk mengetahui korelasi faktor pengontrol jarak *flyrock* yang disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 5) yang disajikan pada Tabel 5.



Gambar 5. Grafik Analisis Regresi Linear Parameter *Flyrock* dengan Jarak *Flyrock*

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian terhadap aktivitas peledakan pada periode Januari hingga Maret 2025, didapatkan nilai perhitungan akurasi prediksi jarak maksimum lemparan *flyrock* pada metoda *face burst* sebesar 7%, *cratering* sebesar 31%, *rifling* sebesar 26%, dan analisis dimensi sebesar 77%. Rekomendasi perhitungan prediksi *flyrock* yang dapat digunakan pada lokasi penelitian yaitu analisis dimensi oleh Ghasemi (2012) dengan nilai prediksi lemparan *flyrock* yang paling mendekati aktual, yang dipilih sebagai dasar penentuan jarak evakuasi unit produksi pada aktivitas peledakan, dengan koreksi yang paling kecil dengan nilai penyimpangan 28,7 m dan persentase kesalahan 23%.

Analisis regresi linear dilakukan untuk mengetahui parameter yang dapat dikontrol dari tingkatan tertinggi hingga terendah yaitu antara kedalaman dengan jarak lemparan *flyrock* memiliki hubungan sangat kuat ($R^2=0,8024$), parameter *burden*, *powder factor*, dan *water content* memiliki hubungan kuat ($R^2=0,7433;0,6292;0,6734$), dan parameter

spacing memiliki hubungan yang lemah ($R^2=0,0061$), sehingga faktor prioritas utama yang perlu dikontrol dari tinggi ke rendah, yaitu kedalaman lubang ledak, *burden*, *water condition*, dan *powder factor*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G.P. dan Chamber, J.L.C., (1998), *Sedimentation in The Modern and Miocene Mahakam Delta*. Jakarta: Indonesian Petroleum Association.
- Anggoro, H., Lusantono, O.W., Nusanto, G., Mardiah, Sukanto, U., (2023), Analisis Flyrock Untuk Mengurangi Radius Aman Alat pada Peledakan Overburden PT Putra Perkasa Abadi Site PT Borneo Indobara Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 9(1). DOI: 10.31315/jtp.v9i1.10525.
- Azzahra, S., Samanlangi, A.I., Ma'rief, A.A.F., (2023). Kajian Teknis Geometri Peledakan terhadap Flyrock Hasil Peledakan di PT. Petrosea Kbl Site CCM Kalimantan Utara, *Journal of Environment Behavior and Engineering*, 1(2). DOI: <https://doi.org/10.56326/jebe.v1i2.5355>.
- Bhandari, S., 1997, *Engineering Rock Blasting Operations*. Rotterdam: A.A. Balkema. hal: 185–207.
- Marmer, D., (2013). *Dampak Peledakan. Diklat Pengelolaan Peledakan pada Penambangan Bahan Galian (Juru Ledak Kelas I)*. Pusdiklat Mineral dan Batubara. Bandung.
- Nababan, S.V.A., Santoso, E., Kartini, 2022, Analisis Prediksi Jarak Lemparan Flyrock

- pada Kegiatan Peledakan di PT Darma Henwa. *Jurnal Himasapta*, 7(2), hal. 79-82, DOI: <https://doi.org/10.20527/jhs.v7i2.6436>.
- Rifai, A., (2025), *Kontrol Flyrock untuk Mengurangi Jarak Evakuasi Unit Produksi pada Peledakan Tambang Batubara PT. Pamapersada Nusantara Jobsite Baya di Pit 110 KRA*, Kalimantan Timur, Yogyakarta, Tesis. Teknik Geologi ITNY.
- Rifai, A., Suparta, W., Winarti., (2024), *Analisis Getaran Peledakan Tambang Batubara di PT. X, Tenggarong Seberang Terhadap Pemukiman*, *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 4(2), hal. 93-102. DOI: <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i2.4371>
- Sokisha, S., Respati, L.L., Oktaviani, R., Trides, T., Pontus, A.J., (2023), Analisis Jarak Lemparan Flyrock untuk meminimalisir Radius Aman Alat pada Panel L0-K1, PT. Harmoni Panca Utama Jobsite DTA, Kabupaten Kitai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Journal of Comprehensive Science*, 2(10). DOI: <https://doi.org/10.59188/jcs.v2i10.527>
- Supriatna S., Sukardi R., Rustandi E., (1995), *Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan Timur*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Kementerian ESDM, (2009). *Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara*. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Zhahra, D. A., Wiyono, B., Sudiyanto, A., (2022), *Prediksi Jarak Lemparan Flyrock dengan Metoda Analisis Dimensi serta Richard dan Moore Akibat Kegiatan Peledakan pada Tambang Bijih Emas, Jakarta Selatan*. *Indonesian Mining Professionals Journal*, 4(2), hal.145-152.