



## Pengaruh Geometri dan Penggunaan Bahan Peledak di Kuari Batu Andesit terhadap Jarak Flyrock

Jati Nugroho, Yuliadi, Yunus Ashari\*

*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.*

### ARTICLE INFO

#### Article history :

Received : 11/10/2024

Revised : 22/12/2024

Published : 31/12/2024



Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4

No. : 2

Halaman : 163 - 170

Terbitan : **Desember 2024**

Terakreditasi Sinta [Peringkat 5](#)

berdasarkan Ristekdikti

No. 177/E/KPT/2024

### ABSTRAK

CV. Panghegar berada dekat dengan infrastruktur kereta cepat jalur Jakarta-Bandung dengan jarak sekitar  $\pm 80$  m. Infrastruktur dari kereta cepat tersebut merupakan obyek vital nasional yang menyangkut hajat hidup orang banyak, kepentingan negara dan sumber pendapatan negara yang bersifat strategis. Oleh karena itu dari infrastruktur Kereta Cepat Jalur Jakarta-Bandung tersebut harus dijaga kondisinya dari adanya gangguan dari luar termasuk aktivitas penambangan yang berada dekat dengan jalur kereta tersebut. Untuk menjaga kondisi objek vital nasional Kereta Cepat Jakarta-Bandung, perlu dilakukan kajian akibat dampak negatif peledakan (flyrock). Sehingga dari penelitian ini ditujukan untuk mengetahui jarak lemparan terjauh, geometri yang berpengaruh terhadap lemparan flyrock dan prediksi lemparan flyrock dari peledakan yang dilakukan. Untuk mengetahui hasil tersebut digunakan pendekatan dengan analisis regresi dan korelasi serta menggunakan beberapa prediksi empiris. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap jarak lemparan flyrock yaitu powder factor dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,943 dan stemming dengan nilai koefisien korelasi sebesar -0,9. Prediksi empiris yang dapat digunakan pada CV Panghegar yaitu oleh Shakeri, 2022 dengan hasil standar deviasi 5,57 mendekati hasil lemparan aktual flyrock. Dengan demikian dampak negatif kegiatan peledakan (flyrock) tidak berpengaruh atau mengganggu infrastruktur jalur kereta cepat.

**Kata Kunci :** Powder factor, Stemming, KCIC

### ABSTRACT

CV Panghegar is located approximately  $\pm 80$  meters from the Jakarta-Bandung High-Speed Train Line, a vital national infrastructure critical to public welfare, state interests, and revenue. To ensure the safety of this infrastructure from potential impacts of nearby mining activities, particularly blasting, a study was conducted to assess the maximum flyrock throw distance, geometric factors influencing flyrock behavior, and predictive methods for flyrock throws. The study utilized regression and correlation analysis, revealing that powder factor (correlation coefficient 0.943) and stemming (correlation coefficient -0.9) are the most influential parameters affecting flyrock throw distance. Among various empirical models, the Shakeri (2022) method was identified as the most accurate for application in CV Panghegar, with a standard deviation of 5.57 closely matching observed flyrock data. The results confirm that the negative impacts of blasting activities, specifically flyrock, do not pose a threat to or interfere with the Jakarta-Bandung High-Speed Train Line infrastructure, thereby ensuring its safety and operational stability.

**Keywords:** Powder factor, Stemming, KCIC

Copyright© 2024 The Author(s)

## A. Pendahuluan

Tujuan utama kegiatan peledakan di tambang terbuka adalah untuk menghancurkan batuan sesuai dengan fragmentasi yang diinginkan agar dapat dimuat dan diangkut (Dehghani, 2017). Pada dasarnya, pemberaian batuan dengan peledakan harus mempertimbangkan dampak negatifnya terhadap lingkungan hidup yang dapat mengganggu kenyamanan masyarakat di sekitar tambang, seperti *ground vibration*, *air blast*, dan *flyrock*. Aktivitas pertambangan adalah salah satu industri yang memiliki tingkat risiko yang tinggi. Salah satu risiko tersebut adalah keselamatan pekerja tambang dan lingkungan sekitar (Putri *et al.*, 2017). *Flyrock* adalah masalah lingkungan yang didefinisikan sebagai pelemparan atau perpindahan potongan batu di luar jarak normal dari area ledakan karena pemborosan energi ledakan, yang dapat menyebabkan kecelakaan di tambang (Shakeri, 2022). Ketika fragmen ini menempuh jarak di luar area aman ledakan, mereka dapat merusak fasilitas dan manusia dan meningkatkan pengambilan risiko di wilayah tersebut. Menurut studi sebelumnya, sebagian besar bahaya dan kerusakan yang dilaporkan di tambang disebabkan oleh lemparan batu yang tidak diizinkan (Zhou, 2020). Fragmen dapat dilemparkan melampaui batas tumpukan yang diinginkan, yang normal tetapi dianggap sebagai efek buruk dari peledakan dan disebut *flyrock*. Fragmen yang didorong jauh melampaui batas keamanan yang telah ditentukan dianggap sebagai pelanggaran keamanan dan disebut *flyrock liar* (Stojadinović, 2016).

CV. Panghegar berada dekat dengan infrastruktur kereta cepat jalur Jakarta-Bandung dengan jarak sekitar  $\pm 80$  m. Infrastruktur dari kereta cepat tersebut merupakan obyek vital nasional yang menyangkut hajat hidup orang banyak, kepentingan negara dan sumber pendapatan negara yang bersifat strategis (Krispian Fathan Hidayatullah *et al.*, 2022). Oleh karena itu dari infrastruktur Kereta Cepat Jalur Jakarta-Bandung tersebut harus dijaga kondisinya dari adanya gangguan dari luar termasuk aktivitas penambangan yang berada dekat dengan jalur kereta tersebut. Untuk menjaga kondisi objek vital nasional Kereta Cepat Jakarta-Bandung, perlu dilakukan kajian akibat dampak negatif peledakan (*flyrock*). Sehingga dari penelitian ini ditujukan untuk mengetahui jarak lemparan terjauh, geometri yang berpengaruh terhadap lemparan *flyrock* dan prediksi lemparan *flyrock* dari peledakan yang dilakukan (Muhammad Sundayana *et al.*, 2022).

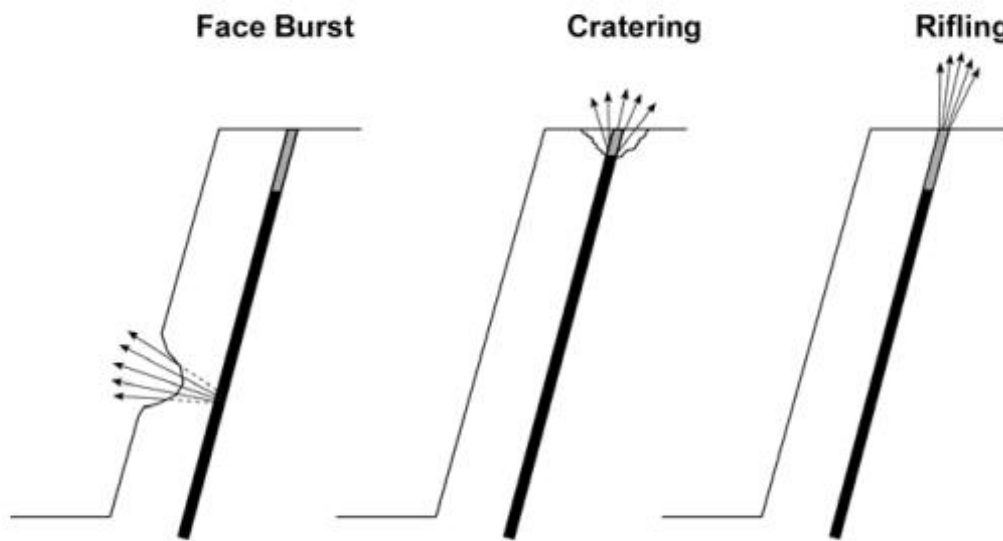
Dalam beberapa kondisi yang mempengaruhi *flyrock* yaitu diameter lubang ledak, kedalaman lubang ledak, *burden*, *spacing*, *stemming*, dan bahan ledak yang digunakan (Raina, 2023). Pola Lubang Ledak: ketidaksesuaian dalam desain pola peledakan, seperti sudut lubang bor yang salah, dapat menyebabkan penyimpangan pola peledakan yang signifikan dan dapat menyebabkan *flock*. Apabila lubang bor dibuat miring dapat mengakibatkan lemparan batuan dikarenakan energi yang dihasilkan langsung mengarah pada permukaan. Diameter lubang bor: diameter pengeboran dinyatakan sebagai konstanta tetap karena berdasarkan pada spesifikasi alat yang digunakan di lapangan (Ibrahim *et al.*, 2021). Lubang-lubang ledakan diameter yang lebih besar menghasilkan kecepatan detonasi lebih tinggi dari bahan peledak digunakan. Kecepatan detonasi yang lebih tinggi dapat memiliki kecenderungan untuk menghasilkan *flyrock*. Faktor geologi dan struktur batuan: kondisi geologi dan struktur merupakan faktor penting yang tidak terkontrol dalam peledakan yang dapat berpengaruh pada *flyrock* dan hasil fragmentasi (Siti Nurul Khotimah & Sri Widayati, 2022). Sifat, struktur, dan diskontinuitas geologi batuan dapat menyebabkan ketidaksesuaian energi akibat ledakan karena batuan bervariasi dari satu tempat ke tempat lain atau bahkan di area peledakan yang sama. Adanya kekar, bidang lemah, dan rongga akan meningkatkan kemungkinan terjadinya *flyrock* (Desy Mahda & Yuliadi, 2022).

Burden salah satu faktor utama yang menyebabkan batuan terbang adalah panjang *burden* yang tidak cukup. Panjang *burden* terlalu pendek terhadap jenjang atau bidang *free face* dapat menghasilkan energi yang terbuang sia-sia, sedangkan panjang *burden* terlalu jauh menyebabkan retakan pada batuan, menyebabkan fragmentasi *boulder*. Pemuatan lubang Ledak, untuk menghindari *flyrock*, gunakan berat muatan bahan peledak yang tepat. Penggunaan pemuatan lubang ledak yang berlebihan dapat menyebabkan *flyrock* dikarenakan bahan peledak masuk ke dalam celah, kekar, rongga, dan retakan (Hamdan *et al.*, 2023).

*Stemming material stemming* yang digunakan berguna untuk menahan dan mencegah gas bertekanan tinggi untuk keluar dari lubang ledak, sehingga material *stemming* yang digunakan harus bebas dan juga

dipadatkan dengan baik dan benar. Hasil *stemming* yang tidak benar dapat menyebabkan terjadinya *flyrock* (Sharma & Rai, 2015). Selain itu *stemming* ini apabila menggunakan material yang buruk maka dapat menimbulkan *flyrock* yang lebih jauh dan nilai dari *stemming* ini berpengaruh terhadap banyaknya bahan peledak yang digunakan (Salsabiela et al., 2021).

Setiap pecahan *flyrock* yang terlempar secara tak terduga dari lokasi peledakan, *flyrock* tersebut terjadi pada saat tinggi stemming terlalu pendek, burden yang terlalu kecil karena pecahnya ledakan sebelumnya atau yang terjadi, bidang lemah pada batuan yang mengurangi ketahanan terhadap peledakan, dan akhirnya adanya pecahan batu lepas di atas bench. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung jarak lemparan batuan. *Flyrock* sendiri dapat terjadi pada tiga kondisi yang berupa *face burst*, *cratering* dan *riffling*.



**Gambar 1.** Mekanisme Terjadinya Fly Rock

Beberapa kumpulan dari model untuk penentuan jarak lemparan flyrock dengan dasar empiris dan semi empiris persamaan dapat dilihat pada Tabel 1. Tujuan dari beberapa model tersebut yang diperoleh dari berbagai macam faktor dan pertimbangan untuk dapat meningkatkan nilai prediksi dari jarak lemparan flyrock dari model-model sebelumnya.

**Tabel 1.** Model Prediksi Flyrock

No.	Penulis	Model	R <sup>2</sup>	RMSE
1.	(Ghasemi et al., 2012)	$FD = 6946,547 [B^{-0,796} S^{0,783} ST^{1,994} HD^{1,649} d^{1,766} \left(\frac{PF}{Q}\right)^{1,465}]$	0,83	6,1
2.	(Hasanipanah et al., 2017)	$FD = (-90,62HD) - (7,76S) - (4,31B) + (53,99ST) + (0,62PF) + (8,38Q_{max}) + 5,23$	0,77	27
3.	(Zhou et al., 2020)	$FD = 0,39d + 0,441 HD + 46,4 \frac{S}{B} - 0,271 ST + 0,21Q_{max} + 121,65PF - 31,76$	0,82	0,098
4.	(Jamei et al., 2021)	$FD = 1003,2 - 169,89S - 14,374B - 242,41 ST + 77,832PF + 37,201SB - 101,49 S.PF + 41,7391 ST^2$	0,98	14,9

No.	Penulis	Model	R <sup>2</sup>	RMSE
5.	(Shakeri et al., 2022)	$FD = 307,24 + \left( (-0,17B^3) - \left( \frac{9,45}{PF} \right) \right)$ $+ \left( (-0,44B^3) + (14,221ST) \right) - \left( \frac{366,86}{BH^2} \right)$ $+ \left( (273,57B \ln(B)) + (-195,3B^{1,5}) \right)$	0,89	7,3
6.	(Chen et al., 2023)	$FD = 7,271 + 167 PF - 8,875 ST + 0,247$ $Q_{max} + 10,959 B$	0,92	23,3

**Regresi dan Korelasi**

Analisis regresi adalah teknik statistika yang mencari hubungan fungsional linear antara variabel prediktor dan variabel respons. Namun, analisis korelasi adalah jenis analisis yang digunakan untuk mengukur seberapa kuat hubungan dua variabel. Kata “variabel” mengacu pada atribut dari subjek yang diteliti. Dalam analisis regresi, ada dua jenis variabel: variabel respons, atau variabel dependen (Y), dan variabel prediktor, atau variabel independen (X). Variabel respons (Y) disebut sebagai variabel yang dipengaruhi, dan variabel prediktor (X) disebut sebagai variabel yang mempengaruhi. Analisis regresi linier sederhana hanya melihat satu variabel prediktor, sedangkan analisis regresi linier berganda melihat dua atau lebih variabel prediktor. Analisis regresi adalah jenis analisis statistik yang menyelidiki bagaimana dua atau lebih variabel kuantitatif berinteraksi satu sama lain sehingga mungkin untuk meramalkan atau memprediksi salah satu variabel. Nilai korelasi Nilai-nilai koefisien ini bervariasi dari -1 sampai +1. Koefisien korelasi sebesar -1 menunjukkan korelasi negatif sempurna, sedangkan +1 menunjukkan korelasi positif sempurna.

**Tabel 2.** Korelasi dan Kekuatan Korelasi

Nilai Korelasi (r)	Tingkat Korelasi
0,00-0,199	Sangat Lemah
0,200-0,399	Lemah
0,400-0,599	Cukup
0,600-0,799	Kuat
0,800-1	Sangat Kuat

**B. Metode Penelitian**

Metodologi penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa tahapan yang di antaranya sebagai berikut:

Teknik Pengambilan Data yang terdiri dari data sekunder dan data primer. Data Sekunder didapat dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya baik dalam bentuk jurnal maupun buku sebagai penunjang dalam penelitian. Data Primer, didapat dari pengambilan data di lapangan atau belum di publikasikan meliputi geometri peledakan yaitu *burden*, *spacing*, *stemming*, diameter lubang dan kedalaman lubang ledak, koordinat lokasi peledakan, koordinat dari *flyrock*, data arah umum struktur geologi, dan pola peledakan.

Teknik Perhitungan Data, data yang sudah didapat berupa data primer dan data sekunder kemudian diolah menjadi sebuah peta untuk menentukan jarak lemparan terjauh dari batuan. Nilai prediksi lemparan batuan dihitung menggunakan parameter geometri peledakan aktual yang diperoleh. Selanjutnya menghitung nilai standar deviasi pada perhitungan empiris dengan lemparan *flyrock* aktual. Teknik Analisis Data Data yang sudah diolah maka dianalisis dengan cara menggunakan yaitu melihat parameter yang berpengaruh terhadap arah dan jarak lemparan batuan dari hasil analisis regresi linear. Menganalisis hubungan geometri peledakan dengan jarak lemparan batuan dengan koefisien korelasi.

**C. Hasil dan Pembahasan**

Lokasi penelitian berada di IUP CV Panghegar yang berdekatan dengan infrastruktur jalur Kereta Cepat Jakarta-Bandung dengan data yang diambil sebanyak 31 data. Dengan lemparan flyrock terjauh yaitu 38,92 m pada lokasi 10. Untuk lemparan terpendeknya yaitu 11,59 m pada lokasi 20.

**Tabel 3.** Data Pengamatan Aktual

Parameter	Satuan	Min	Max	Mean	Std. Dev
<i>Burden (B)</i>	m	1,92	2,15	2,03	0,275
<i>Spacing (S)</i>	m	2,40	2,57	2,50	0,069
<i>Stemming (St)</i>	m	1,90	2,20	2,04	0,065
<i>Charge per Hole (Q)</i>	kg	8,38	9,47	8,98	0,052
<i>Powder Factor (PF)</i>	kg/m <sup>3</sup>	0,28	0,35	0,32	0,098
<i>Flyrock Distance (FD)</i>	m	11,59	38,92	24,83	0,314

**Tabel 4.** Tabel Hasil Uji Normalitas

Parameter	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Sig.	Statistik	df	Sig.
Burden (m)	0,184	31	0,09	0,950	31	0,154
Spacing (m)	0,150	31	0,073	0,938	31	0,072
Stemming (m)	0,176	31	0,055	0,911	31	0,053
Powder Factor (kg/m <sup>3</sup> )	0,110	31	0,200*	0,930	31	0,051
Penggunaan Bahan Peledak (Kg)	0,160	31	0,061	0,933	31	0,053
Flyrock Distance (m)	0,126	31	0,200*	0,973	31	0,606

**Hubungan Jarak Lemparan *Flyrock* dengan Geometri Peledakan**

Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap tiap parameter geometri peledakan yang berpengaruh terhadap jarak lemparan *flyrock* yaitu sebagai berikut:

**Tabel 5.** Hubungan Jarak Lemparan *Flyrock* dengan Geometri Peledakan

Geometri Peledakan	Koefisien Korelasi	Hubungan
Tinggi Jenjang (m)	-0,532	Cukup
Kedalaman Lubang (m)	0,158	Sangat Lemah
<i>Buden</i> (m)	-0,854	Sangat Kuat
<i>Spacing</i> (m)	-0,838	Sangat Kuat
<i>Stemming</i> (m)	-0,9	Sangat Kuat

Geometri Peledakan	Koefisien Korelasi	Hubungan
Penggunaan Bahan Ledak (kg)	0,801	Sangat Kuat
<i>Powder Factor</i> (kg/m <sup>3</sup> )	0,943	Sangat Kuat

### Standar Deviasi Pada Tiap Prediktor

Standar deviasi dapat digunakan untuk mengetahui ukuran dari penyebaran suatu data atau untuk mengetahui penyimpangan data dari prediksi jarak lemparan flyrock. Dari hasil standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 6 simpangan yang paling dekat yaitu dengan prediksi oleh Shakeri dengan nilai standar deviasi sebesar 5,57, maka dari itu untuk dapat mengoptimalkan jarak flyrock dengan simulasi dapat digunakan persamaan oleh Shakeri.

**Tabel 6.** Hasil Standar Deviasi Lemparan *Flyrock*

Prediktor	Standar Deviasi
(Ghasemi et al., 2012)	11,14
(Hasanipanah et al., 2017)	11,18
(Zhou et al., 2020)	72,89
(Jamei et al., 2021)	338,00
(Shakeri, 2022)	5,57
(Chen et al., 2023)	50,87

### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap jarak lemparan flyrock adalah powder factor dan stemming. Powder factor menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,943, yang mengindikasikan pengaruh positif signifikan terhadap jarak lemparan flyrock. Sementara itu, stemming memiliki nilai koefisien korelasi sebesar -0,9, yang menunjukkan hubungan negatif, sehingga peningkatan stemming cenderung mengurangi jarak lemparan flyrock. Prediksi empiris yang paling relevan untuk digunakan di CV Panghegar adalah metode yang dikembangkan oleh Shakeri pada tahun 2022. Metode ini menghasilkan standar deviasi sebesar 5,57, yang mendekati hasil pengukuran aktual jarak lemparan flyrock, sehingga metode ini dapat dijadikan sebagai acuan yang valid dalam perencanaan kegiatan peledakan. Berdasarkan pengamatan terhadap kondisi aktual, dapat disimpulkan pula bahwa dampak negatif dari kegiatan peledakan, khususnya flyrock, tidak memberikan pengaruh atau gangguan yang signifikan terhadap infrastruktur yang berada di sekitar lokasi penelitian, termasuk jalur kereta cepat. Temuan ini menunjukkan bahwa kegiatan peledakan telah dilakukan dengan pertimbangan yang memadai untuk meminimalkan risiko terhadap lingkungan sekitar.

### Daftar Pustaka

- [1] Chen, Y., Wang, M., Yin, H., & Zhang, T. (2023). Prediction Of Flyrock Distance Induced By Blasting Using Particle Swarm Optimization And Multiple Regression Analysis: An Engineering Perspective. *Acta Geophysica*, 66. <https://doi.org/10.1007/S11600-023-01247-6>
- [2] Dehghani, H. (2017). Prediction Of Blast-Induced Flyrock Using Differential Evolution Algorithm. *Engineering With Computers*, 33(1), 149–158. <https://doi.org/10.1007/S00366-016-0461-2>

- [3] Desy Mahda, & Yuliadi. (2022). Analisis Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Pada PT. XYZ Blok Paniisan. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 125–132. <https://doi.org/10.29313/Jrtp.V2i2.1317>
- [4] Ghasemi, E., Sari, M., & Ataei, M. (2012). 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.ijrmms.2012.03.011>
- [5] Hamdan, D. F., Yuliadi, & Zaenal. (2023). Optimasi Explosive Charge Per Delay Untuk Mengontrol Getaran Tanah Pada Peledakan Tambang Semen. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 63–70. <https://doi.org/10.29313/Jrtp.V3i1.2141>
- [6] Hasanipannah, M., Shirani, R., Danial, F., & Armaghani, J. (2017). Development Of A Precise Model For Prediction Of Blast-Induced Flyrock Using Regression Tree Technique. *Environmental Earth Sciences*. <https://doi.org/10.1007/S12665-016-6335-5>
- [7] Ibrahim, M. I., Yuliadi, & Wijaksana, I. K. (2021). Analisis Kestabilan Terowongan Akibat Getaran Peledakan Pada Konstruksi Development Terowongan #4 Kereta Cepat Indonesia China (KCIC) Di Desa Sukajaya Dan Desa Malangnengah, Kecamatan Sukatani, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(1), 71–81. <https://doi.org/10.29313/Jrtp.V1i1.230>
- [8] Jamei, M., Hasanipannah, M., Karbasi, M., Ahmadianfar, I., & Taherifar, S. (2021). Prediction Of Flyrock Induced By Mine Blasting Using A Novel Kernel-Based Extreme Learning Machine. *Journal Of Rock Mechanics And Geotechnical Engineering*, 13(6), 1438–1451. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.07.007>
- [9] Krispian Fathan Hidayatullah, Iswandaru, & Zaenal. (2022). Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Pada Tambang Emas Di PT X Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(2), 155–161. <https://doi.org/10.29313/Jrtp.V1i2.539>
- [10] Muhammad Sundayana, Yuliadi, & Indra Karna Wijaksana. (2022). Analisis Hubungan Kerapatan Kekar Dengan Tingkat Getaran Tanah Hasil Peledakan. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 133–140. <https://doi.org/10.29313/Jrtp.V2i2.1411>
- [11] Putri, H. A., Yuliadi, & Marmer, D. (2017). Analisis Arah Dan Jarak Lemparan Fly Rock Akibat Kegiatan Peledakan Di PT Dahana Jobsite PT Adaro Indonesia , Kabupaten Tabalong , Provinsi Kalimantan Selatan The Analysis Of The Flying Rock ' S Direction And Distance Due To Blasting Activities At. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 3(2), 610–619.
- [12] Raina, A. K. (2023). Flyrock In Surface Mining. In *Flyrock In Surface Mining*. <https://doi.org/10.1201/9781003327653>
- [13] Salsabiela, A., Yuliadi, & Moralista, E. (2021). Identifikasi Karakteristik Peluruhan Hasil Peledakan Andesit Berdasarkan Beberapa Prediktor Pada Tunnel #4 Kereta Cepat Indonesia China Di Kecamatan Sukatani, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(1), 62–70. <https://doi.org/10.29313/Jrtp.V1i1.144>
- [14] Shakeri, J. (2022). Developing New Models For Flyrock Distance Assessment In Open-Pit Mines. *Journal Of Mining And Environment*, 13(2), 377–391. <https://doi.org/10.22044/Jme.2022.11805.2170>
- [15] Shakeri, J., Khoshalan, H. A., Dehghani, H., Bascompta, M., & Onyelowe, K. (2022). Developing New Models For Flyrock Distance Assessment In Open-Pit Mines. *Journal Of Mining And Environment*, 13(2), 377–391. <https://doi.org/10.22044/Jme.2022.11805.2170>
- [16] Sharma, S. K., & Rai, P. (2015). Investigation Of Crushed Aggregate As Stemming Material In Bench Blasting: A Case Study. *Geotechnical And Geological Engineering*, 33(6), 1449–1463. <https://doi.org/10.1007/S10706-015-9911-7>
- [17] Siti Nurul Khotimah, & Sri Widayati. (2022). Rencana Teknis Dan Ekonomis Reklamasi Tambang Di PT. X Baleendah. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 65–74. <https://doi.org/10.29313/Jrtp.V2i1.1000>

- [18] Stojadinović, S. (2016). Prediction Of Flyrock Launch Velocity Using Artificial Neural Networks. *Neural Computing And Applications*, 27(2), 515–524. <https://doi.org/10.1007/S00521-015-1872-5>
- [19] Zhou, J. (2020). A Monte Carlo Simulation Approach For Effective Assessment Of Flyrock Based On Intelligent System Of Neural Network. *Engineering With Computers*, 36(2), 713–723. <https://doi.org/10.1007/S00366-019-00726-Z>
- [20] Zhou, J., Aghili, N., Ghaleini, E. N., Bui, D. T., Tahir, M. M., & Koopialipoor, M. (2020). A Monte Carlo Simulation Approach For Effective Assessment Of Flyrock Based On Intelligent System Of Neural Network. *Engineering With Computers*, 36(2), 713–723. <https://doi.org/10.1007/S00366-019-00726-Z>