

Analisis Prediksi Jarak *Flyrock* Menggunakan Metode *Richard & Morre*, PT Taruna Nusa Tama

Alifiano Badar Syafa*, Dedi Yulhendra

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* alifianobadarsyafa2@gmail.com

Abstrak. Peledakan merupakan cara untuk mengambil mineral dan bijih pada kegiatan penambangan. Hanya 20-30% energi digunakan untuk memecahkan dan memindahkan batuan dan sisanya terbuang dalam bentuk dampak samping terhadap lingkungan salah satunya *flyrock*. *Flyrock* adalah salah satu dampak lingkungan yang didefinisikan sebagai batu yang terdorong keluar dari area ledakan. Untuk menghasilkan jarak *flyrock* yang aman, diperlukan perencanaan yang baik, salah satunya dengan melakukan analisis terhadap prediksi lemparan batuan hasil peledakan. Metode prediksi jarak *flyrock* yang dapat digunakan adalah Metode Richard & Morre. Pada topik ini menganalisis prediksi jarak lemparan batuan serta perbedaan nilai prediksi tersebut terhadap keadaan aktual. Setelah dilakukan analisis, didapatkan perbedaan rata-rata nilai prediksi dan aktualnya, *face burst* 69,58 m, *cratering* 115,54 m, *rifling* 103,5 m. Dengan persentase masing masing yaitu *face burst* 66,91%, *cratering* 118,05%, *rifling* 100%.

Kata kunci: peledakan, *flyrock*, prediksi jarak *flyrock*, metode *richard & morre*, geometri peledakan

Abstract. *Blasting is a way to extract minerals and ores in mining activities. Only 20-30% of the energy is used to break and move rocks and the rest is wasted in the form of side effects on the environment, one of which is flyrock. Flyrock is one of the environmental impacts defined as rocks that are pushed out of the explosion area. To produce a safe flyrock distance, good planning is needed, one of which is by analyzing the prediction of rock throws from blasting. The flyrock distance prediction method that can be used is the Richard & Morre method. In this topic, analyzing the predicted rock throw distance and the difference in the predicted value to the actual situation. After the analysis, the average difference in the predicted and actual values was obtained, face burst 69.58 m, cratering 115.54 m, rifling 103.5 m. With each percentage, face burst 66.91%, cratering 118.05%, rifling 100%.*

Keywords: *blasting, flyrock, flyrock distance prediction, richard & morre method, blasting geometry*

Tanggal Diterima: 05/11/2024; Tanggal Direvisi: 28/11/2024; Tanggal Disetujui: 02/12/2024; Tanggal Dipublikasi: 02/12/2024

1. Pendahuluan

Peledakan merupakan cara untuk mengambil mineral dan bijih pada kegiatan penambangan.^[1] Tujuan utama peledakan adalah memberai batuan dan membutuhkan bahan peledak dalam jumlah besar. Bahan peledak mengeluarkan energi dalam jumlah besar pada saat ledakan, dimana hanya 20-30% energi tersebut digunakan untuk memecahkan dan memindahkan batuan dan sisanya terbuang dan memberikan efek buruk atau dampak yang tidak diinginkan terhadap lingkungan.^[2]

PT Taruna Nusa Tama sebagai jasa kontraktor yang melakukan peledakan batugamping di IUP milik PT Diamond Alfa Propertindo (DAP) yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dengan bahan galian batugamping. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang terbuka dan menggunakan metode *quarry*. Pada kegiatan penambangan di PT DAP ini untuk membongkar ataupun memberai batuan itu tidak hanya menggunakan alat berat seperti biasanya dikarenakan batuan yang berada di lokasi tersebut memiliki tingkat kekerasan yang cukup tinggi, sehingga pihak perusahaan menggunakan peledakan untuk memberai batuan tersebut.

Flyrock adalah salah satu dampak lingkungan yang didefinisikan sebagai batu yang

terdorong keluar dari area ledakan karena kekuatan ledakan.^[1] Batuan terbang (*flyrock*) dari pecahan batuan tersebut melampaui batas yang diizinkan menyebabkan kerusakan fasilitas dan struktur. Selain itu, alasan utama terjadinya banyak kecelakaan peledakan yang fatal dan non-fatal pada pertambangan terbuka adalah banyaknya batuan terbang di luar zona ledakan yang dilindungi. Beberapa peledakan yang dilakukan pada kegiatan penambangan terjadi masalah seperti terkenanya pos/area istirahat bagi pekerja yang berjarak 320 meter dari posisi peledakan dan sebelumnya alat berat berupa *excavator* terkena lemparan batuan yang berjarak 450 meter dari posisi peledakan. Hal ini berbahaya karena posisi alat dan properti tersebut sudah sesuai dengan peraturan Kepmen ESDM Nomor 1827/K/30/MEM/2018. Oleh sebab itu dibutuhkannya analisis prediksi jarak lemparan batuan. Prediksi lemparan batuan hasil peledakan sangat diperlukan dikarenakan dapat mempengaruhi keselamatan kerja. Metode Richard & Morre^[3] adalah metode yang akan digunakan untuk memprediksi jarak lemparan batuan hasil peledakan.

2. Kajian Pustaka

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di tambang batugamping PT Diamond Alfa Propertindo (DAP) yang berada di Desa Watorumbe Bata, Kecamatan

Mawasangka Tengah, Kabupaten Buton Tengah, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara astronomis, PT. DAP terletak pada koordinat $122^{\circ}21'36.48''E$, $5^{\circ}22'34.78''S$ dan secara geografis terletak sekitar 246 km di sebelah selatan Kota Kendari. PT DAP dapat diakses dengan jalur laut dari bandara Haluoleo, Sulawesi Tenggara, dengan jarak tempuh 264 km selama kurang lebih 10 jam. Peta kesampaian daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah

2.2 Peledakan

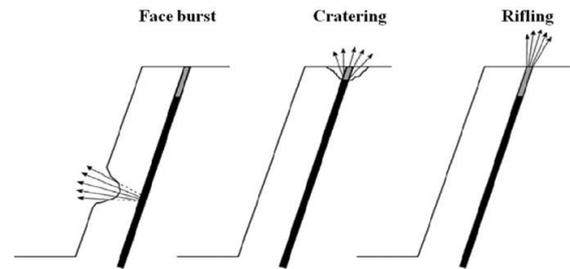
Peledakan merupakan suatu aktivitas pengisian bahan peledak ke dalam lubang ledak yang berguna untuk memberai batuan.^[4] Proses peledakan ini merupakan proses yang penting dalam setiap aktivitas penambangan yang memiliki risiko K3 tinggi.

Keberhasilan suatu kegiatan peledakan salah satunya terletak pada tersedianya bidang bebas yang mencukupi.^[5] Minimal dua bidang bebas yang harus ada. Peledakan dengan satu bidang bebas, disebut *crater blasting*, dapat menghasilkan kawah dengan lemparan batuan/fragmentasi ke atas serta tidak dapat dikontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka pada setiap kegiatan tambang terbuka sering dibuat minimal dua bidang bebas, yaitu dinding bidang bebas dan puncak jenjang (*top bench*).

2.3 Flyrock

Flyrock merupakan tersebarnya fragmen batuan yang tidak terkendali dari area ledakan yang disebabkan oleh energi ledak.^[2] Terdapat tiga faktor yang saling berhubungan yang dapat menyebabkan *flyrock* diantaranya, distribusi energi peledak, kekuatan mekanis massa batuan dan *charge confinement*.^[6] Setiap ketidaksesuaian antara faktor-faktor ini dapat menghasilkan *flyrock*. Ketika ini terjadi, sebagian besar energi peledak digunakan untuk melemparkan batuan daripada membuat batuan tersebut terberai.

Menurut pengujian yang dilakukan oleh Adrian J. Moore dan Alan B. Richard, ada tiga faktor yang mempengaruhi terjadinya *Flyrock* akibat kegiatan peledakan, yaitu *Face Burst*, *Cratering*, dan *Rifling*.^[7]



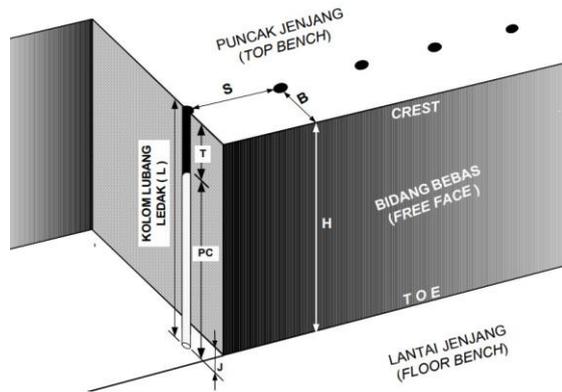
Gambar 2. Mekanisme *Flyrock*

2.4 Geometri Peledakan

Kondisi batuan yang dimulai dari satu titik ke titik berikutnya akan berbeda meskipun jenisnya mungkin serupa. Hal ini disebabkan oleh siklus permulaan batuan yang akan mempengaruhi kualitas fisik dan mekanik massa batuan. Selain itu, struktur geologi seperti retakan atau rekahan, sisipan dari lempung, daerah diskontinu, dan lain sebagainya juga harus diperhatikan. Kemampuan ledakan akan dipengaruhi oleh kondisi geologi tersebut. Tentu saja, pada batuan yang cenderung konservatif dan tidak terpengaruh oleh desain topografi seperti yang disebutkan di atas, jumlah bahan peledak yang dibutuhkan akan lebih besar untuk jumlah produksi tertentu dibandingkan pada batuan yang sudah retak. Berapa banyak bahan peledak yang disebut *specific charge* atau *Powder Factor (PF)*, khususnya berapa banyak bahan peledak yang digunakan untuk setiap kali peledakan (kg/m^3 atau kg/ton).

Dalam menghitung suatu geometri peledakan ada beberapa cara menurut para ahli antara lain: Anderson, Pearse, R. L. Ash, Langefors, Konya, Foldesi, Olofsson, Rustan. Berdasarkan kondisi batuan, diameter lubang, dan jenis handak, metode-metode tersebut memberikan batas konstan dalam menentukan geometri peledakan, terkhusus kepada ukuran *burden*. Geometri peledakan pada suatu lokasi tertentu yang bagus bisa didapatkan dengan memahami beberapa rumus yang telah dijabarkan oleh para ahli maupun dengan cara coba-coba (*try and error*). Berbagai rumus yang dijabarkan oleh para ahli itu ialah rumus empiris yang berdasarkan pendekatan suatu model.^[8]

Komponen-komponen yang digunakan dalam geometri peledakan antara lain *burden (B)*, spasi (*S*), tinggi jenjang (*H*), *subdrilling (J)*, kedalaman kolom lubang ledak (*L*), penyumbat/*stemming (T)*, isian utama (*PC*).



Gambar 3. Terminologi dalam Geometri Peledakan

2.5 Metode Richard & Morre

Flyrock dapat dihasilkan dari tiga mekanisme utama yang dijelaskan secara singkat berikut ini:

1. Ledakan muka (*face burst*) terjadi ketika bahan peledak berpotongan atau berdekatan dengan struktur geologi utama atau zona lemah.^[3] Gas bertekanan tinggi dari bahan peledak mengalir di sepanjang zona kelemahan (jalur dengan resistensi rendah) dan menghasilkan kebisingan, ledakan udara, dan batuan terbang. Dalam keadaan seperti ini, kondisi beban biasanya mengontrol jarak *flyrock* di depan permukaannya.

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

2. Kawah (*cratering*) terjadi ketika rasio tinggi batang terhadap diameter lubang ledakan terlalu kecil atau batuan leher lemah.^[3] Dalam situasi ini, *flyrock* dapat diproyeksikan ke segala arah dari kawah di kerah lubang.

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

3. *Rifling* terjadi ketika material *stemming* tidak efisien atau tidak ada.^[3] Gas ledakan dapat mengalir ke lubang ledakan di sepanjang jalur yang hambatannya paling kecil sehingga mengakibatkan ejeksi yang membendung dan kadang-kadang ejeksi batuan kerah sebagai batuan terbang yang berbahaya.

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2,6} \sin 2\theta$$

Keterangan:

- L = Jarak lemparan batuan (m)
 k = Konstanta material
 g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
 B = *Burden* (m)
 SH = *Stemming Height* (m)
 θ = Kemiringan Lubang ($^\circ$)
 m = Berat isian bahan peledak (kg/m)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini tergolong jenis penelitian kuantitatif dikarenakan penelitian ini mengarah ke penelitian terapan. Penelitian Terapan adalah model penelitian yang lebih diarahkan untuk menciptakan inovasi dan pengembangan Iptek. Penelitian ini berorientasi produk Iptek yang telah tervalidasi di lingkungan laboratorium/lapangan atau lingkungan yang relevan.

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder yang kemudian dikembangkan sesuai dengan penelitian yang akan diteliti. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung oleh pihak yang memerlukan data, sedangkan data sekunder ialah data yang tidak didapatkan langsung oleh pihak yang memerlukan data. Pada penelitian kali ini data primer yang akan diambil adalah geometri peledakan aktual, sedangkan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data *blasting plan* seperti parameter-parameter lainnya yang digunakan nantinya untuk memperhitungkan kegiatan peledakan.

3.2 Objek Penelitian

Pada saat melakukan observasi, terdapat lemparan batuan hasil peledakan dengan berbagai jarak mulai dari yang dekat hingga jauh. Penelitian ini memiliki objek yaitu jarak lemparan batuan hasil peledakan aktual yang telah dilaksanakan oleh perusahaan kontraktor peledakan. Lemparan batuan memiliki dampak terhadap keselamatan dan kegiatan penambangan selanjutnya.

3.3 Instrumen dan Sumber Data

Instrumen penelitian adalah peralatan pendukung penelitian yang digunakan penulis selama kegiatan penelitian berlangsung untuk membantu pengumpulan informasi dan data. Mengenai instrumen, instrumen penelitian yang digunakan antara lain *drone*, *GPS*, *Microsoft Excel*, dan meteran.

1. Data Primer

a. Geometri Peledakan Aktual

Geometri peledakan perlu digunakan nantinya untuk menghitung biaya peledakan aktual. Data yang dibutuhkan seperti *burden*, spasi, *stemming*, kolom isian, *subdrilling*, kedalaman lubang, tinggi jenjang, dan primer.

b. Foto Udara

c. Koordinat Lokasi

d. Jarak *Flyrock* Aktual

2. Data Sekunder

a. *Basemap ArcGIS*

b. *Blasting Plan*

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah teknik observasi dan pengambilan data langsung di lapangan. Lokasi penelitian ialah berada di PT Taruna Nusa Tama sebagai jasa kontraktor

yang melakukan peledakan batugamping di IUP milik PT. Diamond Alfa Propertindo.

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkaitan dengan metode pengumpulan data pustaka seperti jurnal, buku, dan laporan studi yang berhubungan dengan penelitian yang akan kita lakukan.

2. Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan merupakan pengamatan langsung terhadap kondisi umum di lokasi penelitian secara visual seperti pengamatan terhadap serangkaian kegiatan peledakan di area penambangan. Selain itu juga dilakukan pemahaman tentang langkah yang akan diambil untuk melakukan penelitian berdasarkan kondisi di lapangan dengan membaca literatur maupun bertanya pada praktisi yang ada di lapangan.

3. Pengambilan Data

Pada penelitian ini dilakukan beberapa cara dalam pengambilan data yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran terhadap objek penelitian. Pengumpulan data ini dilakukan dengan dua metode yaitu data primer dan data sekunder.

3.5 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dan analisis dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis dan pembahasan penelitian. Berikut analisis yang dilakukan:

1. Menganalisis geometri dan jarak *flyrock* aktual hasil peledakan.
2. Menganalisis prediksi jarak *flyrock* menggunakan metode Richard & Morre.
3. Menganalisis perbedaan jarak *flyrock* prediksi dan aktual.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Geometri Peledakan dan Jarak *Flyrock* Aktual

Geometri peledakan aktual adalah data masukan utama pada proses peledakan yang sangat berpengaruh nantinya kepada salah satu efek peledakan yaitu lemparan batuan.

Hasil rancangan geometri peledakan pada PT. Taruna Nusa Tama ini memiliki nilai *burden* dan *spasinya* 3×3 meter. Pada kondisi aktualnya di lapangan, geometri yang dirancang tidak sesuai dengan rancangan. Setelah dilakukan pengukuran didapatkan rata-rata untuk *burden* dan *spasinya* bernilai $3,11 \times 3,08$ meter yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Geometri Peledakan

No.	Tanggal	B (m)	S (m)	T (m)	J (m)	PC (m)	L (m)	H (m)
1.	03/08/2023	2,8	3,3	1,5	0,5	4	5,5	6
2.	05/08/2023	2,7	2,5	1,5	0,5	4	5,5	6
3.	06/08/2023	2,9	3,2	1,5	0,5	4	5,5	6
4.	07/08/2023	3,2	3,0	1,5	0,5	4	5,5	6
5.	08/08/2023	3,3	2,6	1,5	0,5	4	5,5	6
6.	09/08/2023	2,9	2,8	1,5	0,5	4	5,5	6
7.	10/08/2023	3,4	3,5	1,5	0,5	4	5,5	6
8.	12/08/2023	3,1	2,7	1,5	0,5	4	5,5	6
9.	13/08/2023	2,8	3,1	1,5	0,5	4	5,5	6
10.	14/08/2023	3,1	3,6	1,5	0,5	4	5,5	6
11.	15/08/2023	3,4	3,4	1,5	0,5	4	5,5	6
12.	16/08/2023	3,3	3,1	1,5	0,5	4	5,5	6
13.	19/08/2023	2,7	3,1	1,5	0,5	4	5,5	6
14.	21/08/2023	3,4	2,9	1,5	0,5	4	5,5	6
15.	22/08/2023	3,2	3,0	1,5	0,5	4	5,5	6
16.	23/08/2023	3,0	2,7	1,5	0,5	4	5,5	6
17.	26/08/2023	3,5	3,3	1,5	0,5	4	5,5	6
18.	27/08/2023	3,1	3,7	1,5	0,5	4	5,5	6
19.	28/08/2023	3,3	2,7	1,5	0,5	4	5,5	6
20.	29/08/2023	3,1	3,5	1,5	0,5	4	5,5	6

Jarak lemparan aktual didapatkan dari pengukuran di lapangan menggunakan *GPS*. Data yang digunakan untuk jarak lemparan adalah jarak dari titik terluar geometri peledakan ke batuan yang jatuh terjauh dari titik tersebut dapat dilihat pada

Tabel 2 dan 3 serta zona peledakannya ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 2. Jarak Lemparan Batuan Aktual

No	Tanggal	Jarak Aktua l (m)	No	Tanggal	Jarak Aktua l (m)
1.	03/08/2023	98	11.	15/08/2023	82
2.	05/08/2023	162	12.	16/08/2023	92
3.	06/08/2023	102	13.	19/08/2023	114
4.	07/08/2023	95	14.	21/08/2023	96
5.	08/08/2023	107	15.	22/08/2023	89
6.	09/08/2023	134	16.	23/08/2023	127
7.	10/08/2023	85	17.	26/08/2023	92
8.	12/08/2023	111	18.	27/08/2023	83
9.	13/08/2023	109	19.	28/08/2023	116
10.	14/08/2023	89	20.	29/08/2023	87
Rata-rata (m)		103,5			

Tabel 3. Deskripsi Statistik

Parameter	Satuan	Min	Maks	Rata-rata
Burden	Meter	2,7	3,5	3,11
Spasi	Meter	2,5	3,7	3,08
Jarak Aktual	Meter	82	162,0	103,5



Gambar 4. Zona Peledakan

4.2 Prediksi Flyrock Richard & Morre

Prediksi jarak flyrock menggunakan metode Richard & Morre menggunakan burden, kemiringan lubang, isian perlubang stemming, dan percepatan gravitasi sebagai dasar perhitungan jarak maksimalnya. Berdasarkan geometri rencana didapatkan jarak maksimal sebagai berikut:

1. Face Burst

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

$$= \frac{13,5^2}{9,8} \left(\frac{\sqrt{15}}{3} \right)^{2,6}$$

$$= 36,13 \text{ meter}$$

2. Cratering

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

$$= \frac{13,5^2}{9,8} \left(\frac{\sqrt{15}}{1,5} \right)^{2,6}$$

$$= 129,04 \text{ meter}$$

3. Rifling

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2,6} \sin 2\theta$$

$$= \frac{13,5^2}{9,8} \left(\frac{\sqrt{15}}{1,5} \right)^{2,6} \sin 2(90)$$

$$= 0 \text{ meter}$$

Nilai rifling didapat 0 karena peldakan pada perusahaan ini dilakukan secara tegak, sehingga tidak ada didapatkan nilai rifling. Rifling merupakan salah satu dampak flyrock yang disebabkan oleh sudut/lubang ledak yang miring.

Tabel 4. Prediksi Jarak Flyrock

Rifling (m)	Cratering (m)	Face Burst (m)	Jarak Aktual (m)
0,00	219,04	42,65	98
0,00	219,04	45,52	162
0,00	219,04	40,60	102
0,00	219,04	30,15	95
0,00	219,04	27,54	107
0,00	219,04	40,74	134
0,00	219,04	27,10	85
0,00	219,04	34,21	111
0,00	219,04	43,23	109
0,00	219,04	32,33	89
0,00	219,04	25,17	82
0,00	219,04	28,99	92
0,00	219,04	46,55	114
0,00	219,04	25,58	96
0,00	219,04	30,94	89
0,00	219,04	36,13	127
0,00	219,04	24,68	92
0,00	219,04	33,94	83
0,00	219,04	29,19	116
0,00	219,04	33,18	87

Tabel 5. Deskripsi Statistik Jarak Flyrock

Prediksi	Satuan	Min	Maks	Rata-rata
Rifling	Meter	0,00	0,00	0,00
Cratering	Meter	219,04	219,04	219,04
Face Burst	Meter	24,68	46,55	33,92
Jarak Aktual	Meter	82	162,0	103,5

4.3 Perbedaan Jarak Prediksi dan Aktual

Metode diatas dibandingkan dengan keadaan aktual memiliki perbedaan yang dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7. Diantara tiga perhitungan

atau prediksi *face burst* memiliki persentase perbedaan dengan keadaan aktual terkecil yaitu dengan nilai 69,58 meter atau berbeda sebesar 66,91%. Sedangkan dengan dua prediksi sisanya memiliki perbedaan yang jauh berbeda dengan keadaan aktual.

Tabel 6. Perbandingan Prediksi dan Aktual

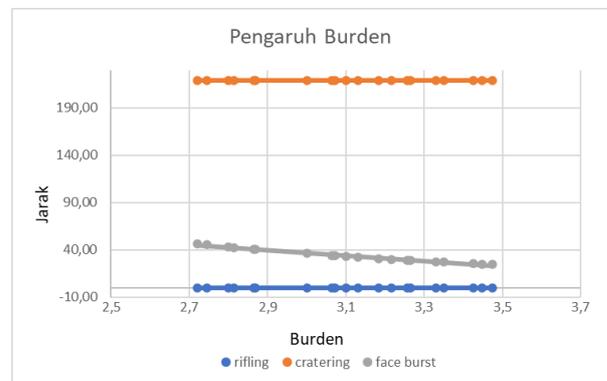
Prediksi	Nilai (m)	Jarak Aktual (m)	Perbedaan Jarak (m)	Persentase Perbedaan (%)
Face Burst	33,92	103,5	69,58	66,91
Cratering	219,04	103,5	115,54	118,05
Rifling	0	103,5	103,5	100

Tabel 7. Rincian Perbedaan Prediksi dan Aktual

	Rifling	Perbedaan Rifling (m)	Cratering (m)	Perbedaan Cratering (m)	Face Burst (m)	Perbedaan Face Burst (m)	Jarak Aktual (m)
	0,00	98,00	219,04	121,04	42,65	55,35	98
	0,00	162,00	219,04	57,04	45,52	116,48	162
	0,00	102,00	219,04	117,04	40,60	61,40	102
	0,00	95,00	219,04	124,04	30,15	64,85	95
	0,00	107,00	219,04	112,04	27,54	79,46	107
	0,00	134,00	219,04	85,04	40,74	93,26	134
	0,00	85,00	219,04	134,04	27,10	57,90	85
	0,00	111,00	219,04	108,04	34,21	76,79	111
	0,00	109,00	219,04	110,04	43,23	65,77	109
	0,00	89,00	219,04	130,04	32,33	56,67	89
	0,00	82,00	219,04	137,04	25,17	56,83	82
	0,00	92,00	219,04	127,04	28,99	63,01	92
	0,00	114,00	219,04	105,04	46,55	67,45	114
	0,00	96,00	219,04	123,04	25,58	70,42	96
	0,00	89,00	219,04	130,04	30,94	58,06	89
	0,00	127,00	219,04	92,04	36,13	90,87	127
	0,00	92,00	219,04	127,04	24,68	67,32	92
	0,00	83,00	219,04	136,04	33,94	49,06	83
	0,00	116,00	219,04	103,04	29,19	86,81	116
	0,00	87,00	219,04	132,04	33,18	53,82	87
Min	0	82	219,04	57,04	24,68	49,06	82
Maks	0	162	219,04	137,04	46,55	116,48	162
Rata-rata	0	103,5	219,04	115,54	33,921	69,579	103,5

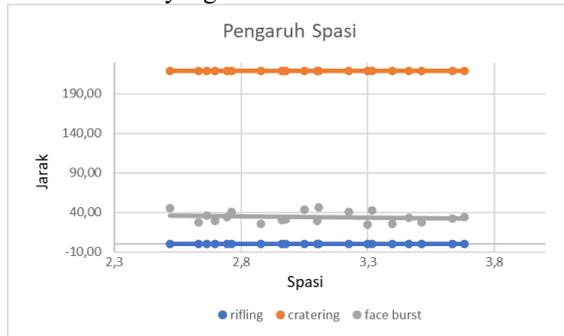
4.4 Hubungan Geometri dan Jarak Prediksi

Geometri peledakan tentunya memiliki hubungan terhadap jarak prediksi. Hal ini terjadi karena perhitungan jarak prediksi dilakukan dengan menggunakan parameter geometri peledakan. Dari beberapa parameter dari geometri peledakan yang memiliki pengaruh atau hubungan dengan jarak prediksi ini ada *burden*, *spasi*, dan *powder factor*.



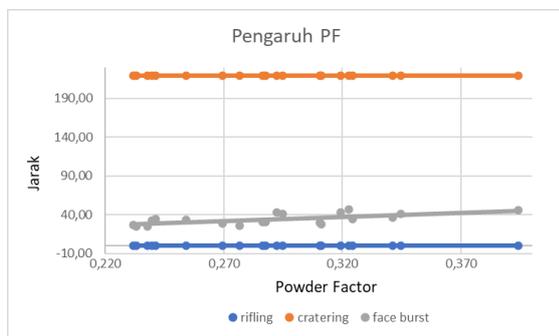
Gambar 5. Pengaruh Burden Terhadap Jarak Prediksi

Burden memiliki hubungan yang cukup tinggi terhadap jarak prediksi lebih tepatnya pada jarak *face burst*, dimana saat semakin tinggi nilai *burden* maka jarak *face burst* makin kecil. Nilai dari R^2 *burden* terhadap *face burst* sebesar 0,98 dan nilai r sebesar -0,993 dimana ini berarti hubungan *burden* dan *face burst* sangat kuat, sedangkan untuk prediksi jarak lainnya tidak memiliki hubungan karena memiliki nilai yang sama.



Gambar 6. Pengaruh Spasi Terhadap Jarak Prediksi

Spasi juga memiliki hubungan terhadap jarak prediksi lebih tepatnya pada jarak *face burst*. Nilai dari R^2 spasi terhadap *face burst* sebesar 0,032 dan nilai r sebesar -0,18 dimana ini berarti hubungan spasi dan *face burst* sangat rendah, sedangkan untuk prediksi jarak lainnya tidak memiliki hubungan karena memiliki nilai yang sama.



Gambar 7. Pengaruh Powder Factor Terhadap Jarak Prediksi

Sedangkan untuk *powder factor* memiliki hubungan terhadap jarak prediksi *face burst* yang tidak setinggi *burden* tetapi tidak lebih rendah dari spasi. Nilai dari R^2 *powder factor* terhadap *face burst* sebesar 0,446 dan nilai r sebesar 0,667 ini berarti hubungan antara *powder factor* dan *face burst* sedang, sedangkan untuk prediksi jarak lainnya tidak memiliki hubungan karena memiliki nilai yang sama.

Pada parameter geometri peledakan lainnya tidak memiliki hubungan dengan prediksi jarak dengan Metode *Richard & Morre* baik *rifling*, *cratering*, maupun *face burst*, karena nilai dari parameter lain memiliki nilai yang sama pada setiap peledakannya.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Geometri yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan peledakan oleh PT Taruna Nusa Tama memiliki perbedaan pada perencanaan dan aktual. Pada perencanaan, menggunakan *burden* 3 m, *spacing* 3 m. Sedangkan pada kegiatan aktualnya rata-rata menggunakan *burden* 3,11 m dengan *burden* tertinggi dan terendahnya 3,5 dan 2,7 m sedangkan *spacing* 3,08 m dengan *spacing* tertinggi dan terendah 3,7 dan 2,5 m. Sedangkan untuk geometri yang lain sama yaitu, *stemming* 1,5 m, *subdrilling* 0,5 m, *powder colomn* 4 m, tinggi jenjang 5,5 m, dan kedalaman lubang 6 m.
2. Jarak lemparan batuan aktual pada periode penelitian memiliki jarak rata-rata 103,5 m, dengan jarak terjauh pada peledakan kedua dengan nilai 162 m sedangkan jarak lemparan terpendek pada peledakan ke-11 dengan jarak 82 m.
3. Prediksi jarak lemparan batuan dengan Metode *Richard & Morre* terbagi tiga dengan nilai rata-rata: *face burst* 33,92 m, *cratering* 219,04 m, dan *rifling* 0 m.
4. *Rifling* memiliki nilai 0 dikarenakan kegiatan peledakan pada perusahaan seluruhnya menggunakan lubang yang tegak atau tidak memiliki kemiringan.
5. Perbedaan rata-rata prediksi dan aktual, *face burst* 69,58 m, *cratering* 115,54 m, *rifling* 103,5 m. Dengan persentase masing masing: *face burst* 66,91%, *cratering* 118,05%, *rifling* 100%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Diperlukan pengawasan lebih dalam kegiatan *blasting* untuk mengurangi kerugian yang membahayakan agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan.
2. Diperlukan perencanaan peledakan yang baik untuk mengurangi efek peledakan seperti *flyrock*.

Referensi

- [1] 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.ijrmmms.2012.03.011>.
- [2] Jahed Armaghani, D., Tonnizam Mohamad, E., Hajihassani, M., Alavi Nezhad Khalil Abad, S. V., Marto, A., & Moghaddam, M. R. (2016).

- Evaluation and prediction of flyrock resulting from blasting operations using empirical and computational methods.* Engineering with Computers, 32, 109-121.
- [3] Moore, A. J., & Richards, A. B. (2005). *Kalgoorlie Consolidated Gold Mines Golden Pike Cut-Back Flyrock Control and Calibration of a Predictive Model.*
- [4] Hidayatullah, R. (2019). *Teknik Peledakan.* POLIBAN PRESS.
https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=e2PMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=bahan+ajar+teknik+peledakan&ots=Li-8w_rID&sig=AkjtaPMArI5Z2HquZmgUZ3XTRtQ
- [5] Awella, W. (n.d.). Modul 5 Teknik Peledakan. Retrieved December 7, 2023, from https://www.academia.edu/35415412/MODUL_5_Teknik_Peledakan
- [6] Bajpayee, T. S., Rehak, T. R., Mowrey, G. L., & Ingram, D. K. (2004). *Blasting injuries in surface mining with emphasis on flyrock and blast area security.* Journal of Safety Research, 35(1), 47-57.
- [7] Syeban, N., & Syafrianto, M. K. (2019). *Kajian Batu Terbang (Fly Rock) Untuk Mengurangi Radius Aman Pada Peledakan Penambangan Granodiorit PT Total Optima Prakarsa Peniraman Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat.* JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 6(3).
- [8] Ash, R. L. (1973). *The Influence of Geological Discontinuities on Rock Blasting.* University of Minnesota.
<https://search.proquest.com/openview/36af893937ea81928650f586b32b0e63/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>