

**ANALISIS PENGARUH GEOMETRI PELEDAKAN TERHADAP FLYROCK PADA
KEGIATAN PENAMBANGAN TEMBAGA DI PT BATUTUA KHARISMA PERMAI
DAN PT BATUTUA TEMBAGA RAYA PULAU WETAR
KABUPATEN MALUKU BARAT DAYA**

*ANALYSIS OF THE EFFECT OF BLASTING GEOMETRY ON FLYROCK IN COPPER MINING
ACTIVITIES AT PT BATUTUA KHARISMA PERMAI
AND PT BATUTUA COPPER RAYA WETAR ISLAND
SOUTHWEST MALUKU DISTRICT*

Alberthus Maromon, Woro Sundari dan Ika F. Krisnasiwi

Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
E-mail: majekimaromon@gmail.com, worosundari@gmail.com dan ikafitri_0102@yahoo.co.id

Abstrak

Salah satu PT yang bergerak di industri pertambangan adalah PT Batutua Kharisma Permai dan PT Batutua Tembaga Raya. Dua perusahaan ini bergerak dibidang industri pertambangan tembaga yang berlokasi di kepulauan Wetar, Maluku Barat Daya Provinsi Maluku. Sebagai anak perusahaan Merdeka Copper Gold Grup. Mekanisme terjadinya *FlyRock* karena adanya *friling* potensi lemparan lebih ke arah atas, sementara pada fenomena *face burst* dan *cratering* arah lemparan bisa terjadi pada sudut lebih rendah sehingga memungkinkan arah lemparan cukup jauh dan berdampak sangat berbahaya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan dan pengolahan data. Dimana pengumpulan data juga di lakukan dengan cara pengamatan *flyrock* dan pengambilan data secara langsung dilapangan dan gambaran kegiatan peledakan. Adapun juga pengambilan data secara langsung dengan melihat kembali data Primer yang ada seperti *Burden*, *Spacing*, *Stemming*, *Subdrilling*, Tinggi jenjang, Kedalaman lubang ledak, *Loading Density*, Kolom Isian, *PowderFaktor*, Jarak burden dari *free face*, Jarak lemparan *flyrock* dari lokasi peledakan dan literatur-literatur yang sudah disiapkan berkaitan dengan masalah yang ada (data sekunder) seperti: Profil Perusahaan, Peta lokasi penambangan, Studi geologi regional, Peta kesampaian lokasi, Data curah hujan, Data geometri lubang bor. Dari 30 kali blasting lemparan *flyrock* dengan menggunakan perhitungan Richart dan Moore yaitu *Face Bursting* maksimum 737.4 meter, *Cratering*, maksimum 349.06 m, *Rifling*, maksimum 325.58 meter. Perhitungan geometri ideal di Pit Partolang PT Batutua Kharisma Permai dan PT Batutua Tembaga Raya, menggunakan rumus dari CJ Konya pada material LAH *Burden* 4.2 m, *Spacing* 5.88 m, *Stemming* 4.2 m. Material DBI *Burden* 3.9 m, 5.46 m, *Stemming* 3.9 m. Material MPY *Burden* 3.2 m, *Spacing* 4.48 m, *Stemming* 3.2 m. Hasil pengukuran Jarak terjauh *flyrock* actual dengan pengukuran 30 kali blasting di Pit Partolang PT Batutua Kharisma Permai dan PT Batutua Tembaga Raya lemparan maksimum *flyrock* 155.59 m, dan lemparan minimum *flyrock* 22.24 m.

Kata Kunci: *Geometri Actual, CJ Konya, Lemparan Flyrock Actual, Face Bursing, Cratering, Rifling*

Abstract

One of the PT engaged in the mining industry is PT Batutua Kharisma Permai and PT Batutua Tembaga Raya. These two companies are engaged in the copper mining industry located in the Wetar Islands, Southwest Maluku, Maluku Province. As a subsidiary of Merdeka Copper Gold Group. The mechanism for the occurrence of flyrock is due to the presence of friling, the potential for throws is higher, while in the phenomenon of face burst and cratering, the direction of the throw can occur at a lower angle, thus allowing the direction of the throw to be quite far and have a very dangerous impact. The method used in this research is data collection and processing. Where data collection is also carried out by observing flyrock and collecting data directly in the field and an overview of blasting activities. As for data collection directly by looking back at existing Primary data such as burden, spacing, stemming, subdrilling, height of ladder, depth of blast hole, loading density, filling column, powder factor, burden distance from free face, flyrock throw distance from blasting location and prepared literature related to existing problems (secondary data) such as: company profiles, mining location maps, regional geological studies, location coverage maps, rainfall data, drill hole geometry data.

Of the 30 flyrock blasting times using Richart and Moore's calculations, namely face bursting a maximum of 737.4 meters, cratering, a maximum of 349.06 m, rifling, a maximum of 325.58 meters. Calculation of the ideal geometry at pit partolang PT Batutua Kharisma Permai and PT Batutua Tembaga Raya, using the formula from CJ Konya on LAH burden material 4.2 m, spacing 5.88 m, stemming 4.2 m. Material DBI burden 3.9 m, 5.46 m, Stemming 3.9 m. MPY material burden 3.2 m, spacing 4.48 m, stemming 3.2 m. Measurement results the farthest actual flyrock distance by measuring 30 blasting times at the partolang Pit of PT Batutua Kharisma Permai and PT Batutua Tembaga Raya, the maximum throw of flyrock is 155.59 m, and the minimum throw of flyrock is 22.24 m.

Keywords: *Actual Geometry, CJ Konya, Actual Flyrock Throw, Face Bursing, Cratering, Rifling*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan dengan potensi cadangan mineral yang sangat tinggi sehingga banyak industri pertambangan tersebar luas hampir disemua pelosok negeri. Salah satu PT yang bergerak di industri pertambangan adalah PT Batutua Kharisma Permai dan PT Batutua Tembaga Raya. Dua perusahaan ini bergerak dibidang industri pertambangan tembaga yang berlokasi di kepulauan Wetar, Maluku Barat Daya Provinsi Maluku. Sebagai anak perusahaan Merdeka Copper Gold Grup. Tambang tembaga yang berada di wetar merupakan perusahaan yang sistem penambangan *Open Pit* yang memproduksi *cathode grade* LME yang dihasilkan dari proses *heap leaching* yang dilanjutkan dengan *solvent extraction* dan *elektrowining* (Rizkiah 2021).

Kegiatan penambangan yang di lakukan oleh kedua PT tersebut tidak terhindar dengan sifat batuan yang sangat keras, yang tidak bisa di gali atau menggunakan alat mekanis sehingga perlunya menggunakan peledakan.

Peledakan merupakan untuk melepaskan batuan dari batuan asalnya atau induknya supaya menjadi frakmen-frakmen yang lebih kecil sehingga lebih mudah diangkut dan digaru menggunakan peralatan mekanis. Kegiatan peledakan disamping mudah untuk menghancurkan batuan tetapi juga memiliki efek ledakan yang bisa membahayakan salah satu efek dari peledakan itu sendiri adalah batu terbang (*FlyRock*). Batu terbang (*FlyRock*) adalah frakmentasi batuan yang terlempar akibat hasil ledakan. Frakmentasi batuan yang terlempar melebihi radius aman dapat mengakibatkan kerusakan pada alat mekanis, cidera bahkan kematian untuk manusia. Hal ini lah yang menyebabkan efek dari *FlyRock*

menjadi salah satu perhatian utama pada setiap kegiatan peledakan (Havis, dkk 2015).

Terjadinya *FlyRock* yang berlebihan dari kegiatan peledakan dimana kondisinya *stemming* dalam lubang ledak, perbandingan *burden* dengan diameter lubang terlalu kecil, atau adanya zona lemah dibagian *freeface*. Mekanisme terjadinya *FlyRock* karena adanya *friling* potensi lemparan lebih ke arah atas, sementara pada fenomena *face burst* dan *cratering* arah lemparan bisa terjadi pada sudut lebih rendah sehingga memungkinkan arah lemparan cukup jauh dan berdampak sangat berbahaya (Suryadi,2019).

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis membuat suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa prediksi jarak lemparan *flyrock* menurut Richard dan Moore ?
2. Berapa geometri ideal menurut teori CJ Konya ?
3. Berapa actual jarak *flyrock* di Pit Partolang PT Batutua Kharisma Permai?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui lemparan *flyrock* menggunakan Richard and Moore
2. Mengetahui geometri ideal menurut CJ Konya
3. Rekomendasi jarak aman alat dan manusia di PT Batutua Kharisma Permai?

Batasan Masalah

Batasan masalah yang di buat berdasarkan rumusan masalah di atas, supaya dalam pembahasan penelitian agar tidak keluar dari rumusan masalah di atas

1. Tidak membahas mengenai fumes atau gas beracun yang keluar akibat peledakan.

2. Tidak membahas mengenai pencampuran bahan peledak.
3. Hanya membahas mengenai geometri peledakan dan lemparan *flyrock*.

Peta Kesempian Lokasi

PT BKP-BTR terletak di pantai utara Pulau Wetar, Kabupaten Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku. Pit Kali Kuning (Desa Lurang), Pit Lerokis (Desa Uhak) dan Pit Partolang (Desa Lurang). Kali Kuning terletak 3 km dari pantai utara Pulau Wetar, Pit Leroksi sekitar 6 km dari pantai dan Pit Partolang berjarak sekitar 7 km dari pantai utara Pulau Wetar. Pulau wetar terletak antara 125°51'BT-126°51'BT dan 7°33'LS-8°03'LS.

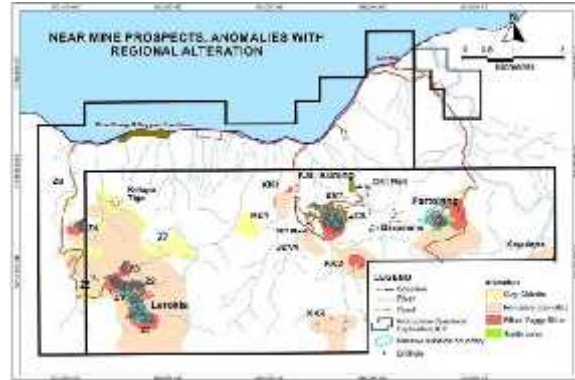
Saat ini, untuk mencapai lokasi PT BKP-BTR dapat dilakukan melalui perjalanan laut dari Alor dengan kapal cepat ke Pulau Wetar dengan waktu tempuh selama 8 jam. *Area camp* karyawan dan lokasi penambangan di Lerokis, Kali Kuning dan Partolang dihubungkan dengan jalan permanen sekitar 17 km, selain itu juga terdapat jalan yang menghubungkan Desa Lurang dan Desa Kampung Baru. Untuk menuju Kota Kecamatan Wetar Desa Ilwaki dapat ditempuh dengan jalur laut dan jalur darat. Pada Gambar 1 menunjukkan lokasi tambang tembaga Wetar.



(Sumber: data perusahaan)

Gambar 1. Lokasi PT. Batutua Kharisma Permai di Pulau Wetar

Kampung terdekat adalah Kampung Lurang dan Kampung Baru berjarak kurang lebih 7 km dan 2 km dari dermaga PT BKP ke arah timur dan Barat, dengan akses berupa jalan aspal ke arah Kampung Lurang dan jalan tanah berbatu ke arah Kampung Baru.



(Sumber: data perusahaan)

Gambar 2. Lokasi Area Partolang di Dalam IUP PT. Batutua Kharisma Permai.

Akses menuju area Partolang ini menggunakan jalan tambang PT BKP di area Kali Kuning yang disambung dengan jalan eksplorasi sepanjang 1,3 km (Gambar 1). Jalan eksplorasi dibuat dengan membersihkan jalan lama yang dibuat oleh PT PLM, serta memperlebar di bagian yang diperlukan dengan alasan keselamatan kerja. Saat ini, PT Batutua Kharisma Permai sedang aktif melakukan kegiatan penambangan bijih Tembaga di wilayah IUP tersebut sehingga akomodasi dan akses jalan tersedia dengan cukup memadai di wilayah lingkungan tambang.

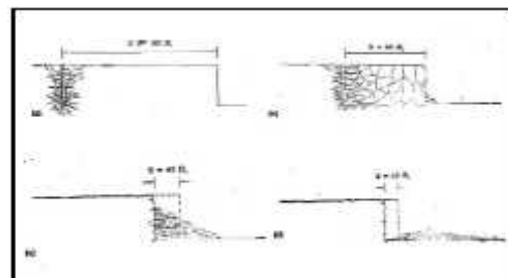
Status kehutanan Area Partolang terletak di wilayah Area Penggunaan lain (APL), sehingga tidak ada masalah yang timbul terkait kegiatan penambangan ini dengan status wilayah kehutanan.

DASAR TEORI

Analisis Dengan Metode C. J. Konya

Perhitungan geometri peledakan menurut C.J.Konya (1991) tidak hanya mempertimbangkan faktor bahan peledak, sifat batuan, dan diameter lubang ledak tetapi juga memperhatikan faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan, keadaan struktur geologi, serta koreksi terhadap jumlah lubang ledak yang diledakkan.

A. Burden



Gambar 3. Efek Peledakan Sebagai Fungsi dari *Burden*

Rumus *Burden*:

$$B = 3,15 \times De \times \sqrt[3]{\frac{S}{S_g}}$$

Dimana:

- B = *Burden*
- De = diameter lubang ledak (inch)
- S_{Ge} = berat jenis bahan peledak yang dipakai
- S_{Gr} = berat jenis batuan yang akan dibongkar

B. Spacing

Menghitung *spacing* menurut C.J. Konya:

- Jika ledakan instentaneous dalam satu baris lubang ledak (instantaneous)/(row by row):

$$H < 4B \longrightarrow S = \frac{H+2}{3}; H > 4B \longrightarrow S = 2B$$

- Jika ledakan beruntun dalam tiap baris lubang ledak (Delay):

$$H < 4B \longrightarrow S = \frac{H+7}{8}; H > 4B \longrightarrow S = 1,4B.$$

Dimana: B = *Burden*

C. Stemming

Stemming adalah tempat material penutup di dalam lubang bor, yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak.

Untuk penentuan tinggi *stemming* digunakan rumus seperti di bawah ini:

- Untuk batuan massive : T = B
- Untuk batuan berlapis : T = 0,7B

D. Sub-drilling

Sub-drilling merupakan bagian dari panjang lubang ledak yang terletak lebih rendah dari lantai jenjang.

Rumusan yang digunakan adalah:

$$J = 0.3 \times B$$

Dimana:

- J = *subdrilling*
- B = *burden*

E. Tinggi Jenjang

Stiffness Ratio	Trigunan	Ledakan udara	Daerah terbang	Getaran tanah	Komentar
1	Besar	Besar	Besar	Besar	Berdasarkan buku-buku tentang getaran yang dikalikan dan masing-masing nilai
2	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Bila menggunakan rumus yang lain
3	Besar	Kecil	Sedang	Kecil	Sangat dan menggunakan buku
4	Mencukupkan	Sangat kecil	Sangat sedikit	Sangat kecil	Tidak akan mendapat keuntungan tak adanya zona 4

Gambar 4. Potensi yang Terjadi Akibat Variasi Stiffness Ratio (L/B).

Berdasarkan perbandingan tinggi jenjang dan jarak *burden* yang diterapkan (*stiffness ratio*), maka akan diketahui hasil dari peledakan tersebut (Gambar 3). Penentuan ukuran tinggi jenjang berdasarkan *stiffness ratio* digunakan rumus sebagai berikut:

$$L = 5 \times De$$

Dimana:

- L = Tinggi jenjang minimum (ft)
- De = Diameter lubang ledak (inch)

F. Kedalaman Lubang Ledak / Blast Hole Depth

Kedalaman lubang ledak merupakan penjumlahan dari besarnya *sub-drilling* dan kedalaman tinggi jenjang. Berdasarkan arah lubang ledak maka kedalaman lubang ledak dapat ditentukan dengan rumus:

Untuk lubang ledak vertical

$$H = L + J$$

Keterangan:

- L = Tinggi Jenjang (m)
- H = Kedalaman Lubang Ledak (m)
- J = *sub-drilling* (m)

Untuk lubang ledak miring

$$H = \frac{L}{\cos a} + J$$

Keterangan:

- H = kedalaman lubang ledak (m)
- L = tinggi *bench* (m)
- J = *sub-drilling* (m)
- a = sudut kemiringan lubang ledak terhadap bidang vertikal.

G. Loading density

Loading density adalah jumlah isian bahan peledak per meter yang dimasukkan kedalam kolom isian (PC) lubang tembak.

Rumus *Loading density*:

$$de = 0,34 \times SGe(De^2)$$

Keterangan:

- de = *Loading density* (lb/t)
- 1 lb/ft =kg/m
- 1 lb = 0,454 kg
- 1 ft = 0,305 m
- $1 \frac{lb}{ft} = \frac{0,454 \text{ kg}}{0,305 \text{ m}}$
- 1 lb/ft = 1,49 kg/m

- De = Diameter lubang ledak (inch)
- SGe = *Specific gravity* bahan peledak yang digunakan

H. Powder factor

Merupakan perbandingan antara jumlah bahan peledak dengan berat batuan yang diledakkan.

Berikut ini persamaan untuk menghitung *Powder factor*:

$$PF = Qe / V$$

Keterangan:

PF = *Powder factor* (kg/m³)

V = Volume batuan yang diledakkan (m³)

Qe = Jumlah bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

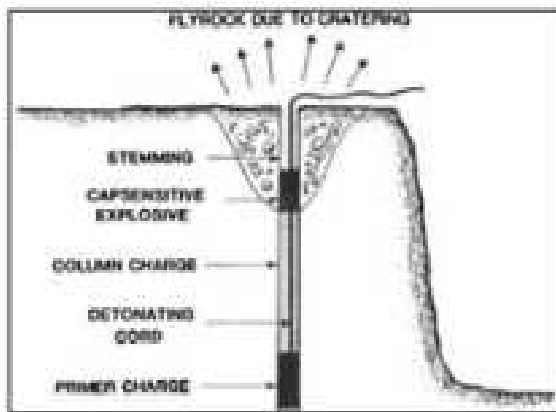
Analisis Dengan Metode Richard and Moore (2005)

A. Rifling

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

Rumus Rifling:

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2.6} \sin 2\theta$$



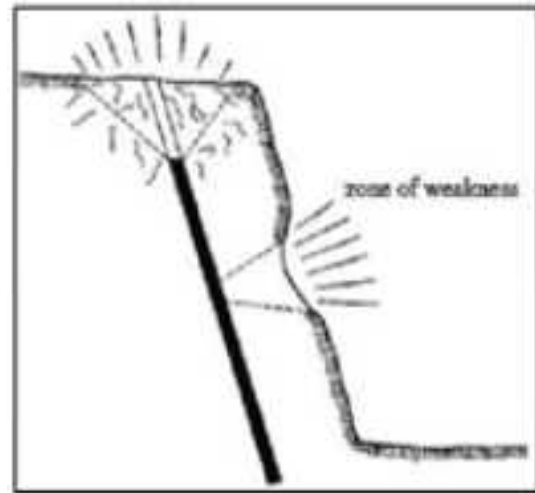
Gambar 5. *Burden* yang Besar dan *Top Priming* Penyebab *Flyrock*

B. Cratering

Cratering terjadi saat tinggi *stemming* yang terlalu pendek serta terdapatnya bidang lemah pada lubang ledak. Berdasarkan kondisi tersebut maka *flyrock* dapat terlempar ke segala arah dari lubang ledak.

Rumus Cratering:

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2.6}$$



Gambar 6. Efek Crater sebagai Penyebab

C. Face Bursting

Face Bursting terjadi saat jarak *burden* pada baris depan peledakan di lapangan yang terkadang terlalu dekat sehingga menimbulkan potensi *flyrock*.

Rumus Bursting:

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{B} \right)^{2.6}$$

Dengan:

L = Jarak lemparan batuan (m)

k = Konstanta material

g = Percepatan gravitasi (m/d²)

B = *Burden* (m)

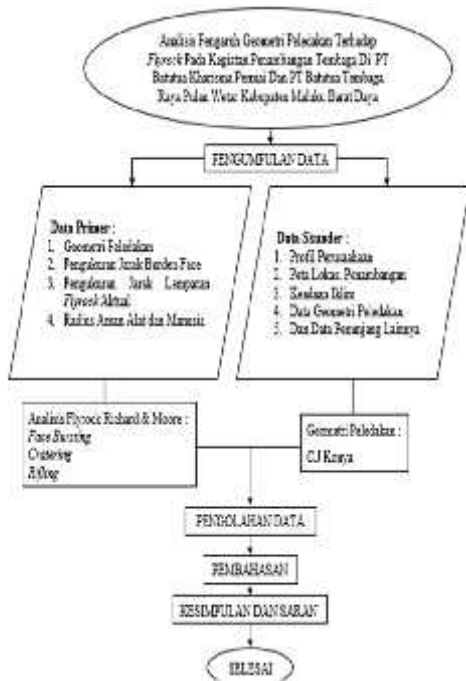
SH = *Stemming Height* (m)

= Kemiringan Lubang (°)

m = Berat isian bahan peledak (Kg/m)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan dan pengolahan data. Dimana pengumpulan data juga dilakukan dengan cara pengamatan *flyrock* dan pengambilan data secara langsung di lapangan dan gambaran kegiatan peledakan. Adapun juga pengambilan data secara langsung dengan melihat kembali data Primer yang ada dan literatur-literatur yang sudah disiapkan berkaitan dengan masalah yang ada (data sukunder).



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN Pengukuran Geometri Peledakan dan Lemparan Flyrock Actual

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data Lapangan

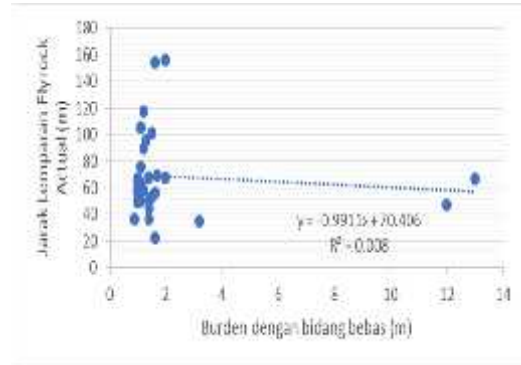
No	Tag	Lokasi	Jarak Lemparan Flyrock Aktual (m)	Geometri Alat					Jarak Burden (m)	
				Burden (B)	Spacing (S)	Stemming (T)	Hole Depth	Diameter (mm)		
1	11-Dec-21	106_294_41	102	35	4,9	4,9	3,7	7,8	127	80
2	11-Dec-21	106_294_41	147	36	3,8	5,4	4,2	12,8	127	125
3	11-Dec-21	414_402_04	181	62,85	7,1	4,8	3,8	9,6	127	84
4	11-Dec-21	246_240_11	272	87	2	4,3	3	5,9	145	31
5	16-Dec-21	246_240_12	121	100,8	7,5	4,4	2,7	4,7	127	29
6	18-Dec-21	414_402_04	212	2,2	4,3	4,2	3,9	127	86	
7	10-Dec-21	414_402_05	280	33	1,5	5,2	4,8	12,7	127	119
8	12-Dec-21	306_294_42	84	49,8	3,1	4,5	3,8	9,9	127	87
9	13-Dec-21	240_254_06	219	57,5	3	4,6	2,2	3,5	145	23
10	14-Dec-21	240_254_07	86	117	3,2	4,8	1,6	2,7	145	29
11	17-Dec-21	106_294_43	294	58,2	3,2	5,2	5	12,5	127	109
12	19-Dec-21	106_294_44	174	78	1	3,2	4,4	13	127	125
13	02-Jan-25	294_282_40	119	69	1,7	3	4	11,4	127	100
14	06-Jan-25	294_282_41	194	19	1,2	4,9	4,8	12	127	105
15	07-Jan-25	398_282_42	91	12,24	1,6	6,3	6	11,9	127	90
16	09-Jan-25	414_402_06	374	58	1	5,6	0,8	1,2	127	21
17	11-Jan-25	402_390_03	360	44,82	1,4	3	4,3	12,4	127	118
18	13-Jan-25	402_390_03	244	94,89	1,3	6,5	4,5	12,5	127	116
19	16-Jan-25	234_234_01	275	151,79	1,6	7,9	1,2	1,9	127	80
20	17-Jan-25	402_390_04	238	49,37	1	4,6	4,6	11,6	127	102
21	19-Jan-25	247_394	199	67,28	1,4	4,9	1,9	3	127	80
22	20-Jan-25	402_390_05	188	85,69	1,6	4,7	5,1	12,8	127	112
23	21-Jan-25	402_390_06	294	49,88	1,4	4,6	4,7	12,5	127	113
24	23-Jan-25	282_276_01	274	104,47	1,1	4,8	1,3	7,3	127	90
25	24-Jan-25	414_402_08	177	155,59	1	4,5	3	7	127	80
26	28-Jan-25	294_282_43	122	86,89	1	3,2	4,4	11,8	127	117
27	30-Jan-25	294_282_44	130	57,52	1	4,8	4,2	12,6	127	120
28	01-Feb-21	276_270_28	397	75,22	1,1	3,7	3,2	6,2	127	84
29	03-Feb-21	190_378_03	233	64,21	1	3,7	3,3	6,8	127	80
30	05-Feb-21	190_378_04	185	64,21	1,3	3,2	4,2	12,8	127	120
31	06-Feb-21	190_378_05	175	44,88	1,2	3,1	4,1	11,3	127	110
32	07-Feb-21	106_294_47	194	14,29	1,2	6,3	3,9	11,9	127	80

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa jarak lemparan flyrock aktual dari 30 kali blasting berbeda beda mulai dari lemparan maksimum 155.59 meter sampai lemparan minimum 22.4 meter yang diakibatkan dari jarak burden yang dekat dengan free face dan juga material stemming yang menggunakan material hasil pemoran (cutting). Dapat dilihat pada tabel

yang berwarna hijau stemmingnya menggunakan Spent Ore Sedangkan berwarna orans, stemming menggunakan material cutting.

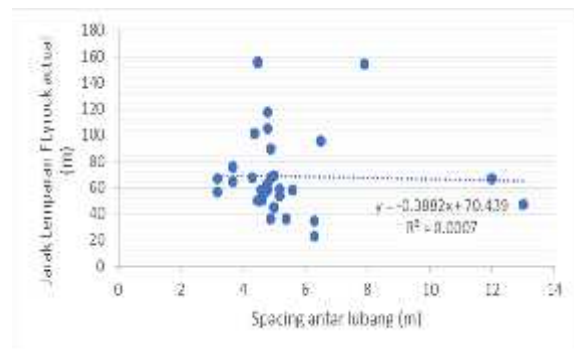
Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Flyrock

a. Jarak Antar Burden dan Spacing



Grafik 1. Hubungan Antar Burden Bebas dengan Lemparan Flyrock Actual

Dilihat pada grafik 1 panjang jarak burden bebas berbanding lurus dengan lemparan maksimum batuan. Hubungan keduanya mempunyai koefisien korelasi (r) 0.089371308 artinya lemparan flyrock aktual memiliki korelasi positif yang termasuk dalam kategori kuat dengan burden awal. Sedangkan (R²) = -0.026 atau 02.6 % yang berarti pengaruh naik turunnya burden awal terhadap lemparan flyrock aktual, sedangkan 97.4 % disebabkan oleh faktor lain.

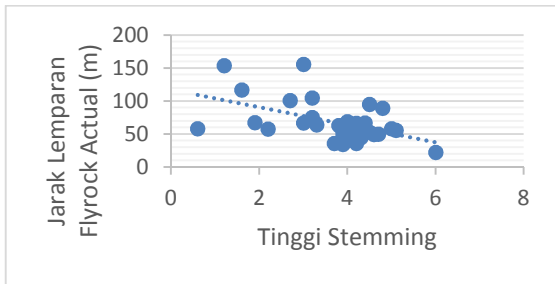


Grafik 2. Hubungan Antar Spacing dengan Lemparan Flyrock Actual.

Dilihat pada grafik 2 panjang Spacing berbanding lurus dengan lemparan maksimum flyrock. Hubungan keduanya mempunyai koefisien korelasi (r) 0.026302642 artinya lemparan flyrock aktual memiliki korelasi positif yang termasuk dalam kategori kuat dengan spacing antar lubang.

Sedangkan (R²) = -0.0337 atau 03.37 % yang berarti pengaruh naik turunnya Burden awal terhadap lemparan flyrock aktual, sedangkan 96.63 % disebabkan oleh faktor lain.

b. Tinggi Stemming



Grafik 3. Hubungan Tinggi Stemming dengan Lemparan Flyrock Actual

Dilihat pada grafik 3 panjang Stemming berbanding terbalik dengan lemparan maksimum flyock. Hubungan keduanya mempunyai koefisien korelasi (r) 0.514093 artinya lemparan flyrock actual memiliki korelasi positif yang termasuk dalam kategori kuat dengan tinggi stemming. Sedangkan (R²) = 0.2389 atau 23.89 % yang berarti pengaruh naik turunnya Stemming terhadap lemparan flyrock actual, sedangkan 76.11 % disebabkan oleh faktor lain.

Perhitungan Teoritis Flyrock Richard and Moore

Tabel 2. Perhitungan Geometri Aktual dan Jarak Flyrock Richard dan Moore

Prediksi Fly Rock			
Face Bursting	Cratering	Rifling	Actual Fly Rock
737.16	18.68	5.75	36
233.80	13.44	4.13	36
10439.67	17.43	5.36	62.85
92.49	32.23	9.92	67
103.40	42.39	13.04	100.8
72.19	13.44	4.13	0
103.40	11.23	3.46	33
137.67	16.29	5.01	49.8
360.75	72.19	22.21	37.5
319.06	165.22	50.81	117

Berdasarkan tabel di atas maka jarak lemparan maksimal flyrock berdasarkan geometri aktual. flyrock face bursting 737.4 meter, flyrock cratering 349.06 meter dan flyrock Rifling 325,58 meter.

Sehinga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil *burden face* maka semakin besar lemparan *Face Bursting*, dan jika *stemming* semakin pendek atau material *stemming* tidak berat (*Cutting* Pemboran) maka akan semakin tinggi lemparannya.

Arah Lemparan Flyrock yang dikontrol

Beberapa aspek yang mempengaruhi arah lemparan lemparan flyrock dari kegiatan *blasting* yaitu lemparan *IP (Inisiasi Poin)*, *Control Row*, dan jarak *burden* yang dekat *free face*. Dari ketiga aspek ini lemparan yang paling

berpengaruh adalah *IP (Inisiasi Poin)*. Sehingga dalam mendesain *Tie Up* agar tidak mengganggu aktivitas setelah kegiatan peledakan.

Perhitungan Menggunakan Teori CJ Konya

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan CJ Konya

No	Tempo	1000	Face Bursting (m)	Cratering (m)	Rifling (m)	Sisa Lemparan (m)	Volume (m ³)	Durasi Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	
1	22.12.1	306.254.4	3.7	3.6	3.5	1.17	737	125	46	22.1
2	22.12.1	306.254.4	3.7	3.6	3.5	1.17	737	125	46	22.1
3	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.3	1.39	1936	175	111	22.1
4	22.12.1	306.254.4	3.2	4.8	3.2	0.59	6.8	14	31	22.1
5	22.12.1	306.254.4	3.1	4.8	3.2	0.59	6.8	125	32	22.1
6	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.3	1.39	1936	125	111	22.1
7	22.12.1	306.254.4	3.7	3.6	3.5	1.17	737	125	46	22.1
8	22.12.1	306.254.4	3.7	3.6	3.5	1.17	737	125	46	22.1
9	22.12.1	306.254.4	3.8	3.7	3.8	1.14	11.14	125	111	22.1
10	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.3	1.39	1936	125	111	22.1
11	22.12.1	306.254.4	4.1	3.7	4.1	1.23	12.27	125	111	22.1
12	22.12.1	306.254.4	4.2	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
13	22.12.1	306.254.4	4.3	3.8	4.3	1.39	1936	125	111	22.1
14	22.12.1	306.254.4	4.2	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
15	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
16	22.12.1	306.254.4	4.2	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
17	22.12.1	306.254.4	4.2	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
18	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
19	22.12.1	306.254.4	4.2	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
20	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
21	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
22	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
23	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
24	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
25	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
26	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
27	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
28	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
29	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
30	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1
31	22.12.1	306.254.4	4.1	3.8	4.2	1.28	1036	125	111	22.1

Perbandingan Flyrock Aktual dan Prediksi

Tabel 4. Flyrock Aktual dan Prediksi

Lokasi	Prediksi Fly Rock Richard & Moore		Actual Fly Rock (m)
	Face Bursting (m)	Cratering (m)	
306_294_41	737.46	18.68	36
306_294_41	233.80	13.44	36
414_402_01	437.67	17.43	62.85
346_340_11	92.49	32.23	67
346_340_17	195.40	22.21	100.8
414_402_05	195.40	11.23	23
306_294_42	437.67	16.29	49.8
240_234_06	349.06	72.19	37.5
240_234_07	349.06	165.22	117
306_294_43	349.06	8.24	35.2
306_294_44	501.75	11.91	56
294_287_40	141.12	15.26	89
294_287_41	349.06	9.50	89
294_287_42	165.22	5.17	22.74
411_402_06	501.75	21.65.89	58
402_390_02	233.80	12.61	44.62
402_390_07	287.48	11.71	94.89
344_341_01	165.22	349.06	153.39
402_390_04	501.75	10.61	49.37
387_384	373.80	10.5.68	67.75
402_390_03	165.22	8.11	32.69
402_390_08	233.80	10.63	49.85
282_276_01	437.67	27.23	104.37
414_402_08	92.49	32.23	153.59
294_287_43	501.75	11.91	62.85
294_287_44	501.75	11.31	57.52
376_370_38	437.67	27.23	75.72
390_378_03	501.75	28.16	64.31
390_378_04	0.71	13.41	66.21
390_378_05	0.84	14.31	46.39
306_294_47	27.25	16.20	34.26

Dari 31 kali *blasting* pada Pit Partolang memiliki maksimal lemparan aktual

sebesar 155.59 meter pada lokasi peledakan. Dan memiliki rata-rata lemparan maksimum *flyrock* menggunakan perhitungan Richard and Moore *Face Bursting* 320.03 meter, rata-rata *catering* 104.69 meter.

Rekomendasi Jarak Aman Unit

Rekomendasi jarak aman unit berdasarkan lokasi dan material *stemming*.

Tabel 5. Rekomendasi Jarak Aman Unit.

Kedalaman Lubang (m)	Material	Material Stemming	Lemparan terjauh Actual (m)	Safety Factor Unit	Safety Factor Manusia	Rekomendasi jarak unit (m)	Rekomendasi jarak Manusia (m)
3	MPY	Spent Ore	155.79	2	4	300	500
6	MPY	Spent Ore	109.8	2	4	200	500
9	LAH	Spent Ore	58	2	4	300	500
12	DBI	Cutting	155.79	2	4	300	500
13	LAH	Spent Ore	75.22	2	4	300	500

Jarak aman *blasting* untuk mengetahui jarak aman pada setiap lokasi *blasting* di Pit Partolang, jika pada kedalaman 3 m peledakan *bottom pit* dan *steming* menggunakan *cutting* pemboran pada kedalaman 6, 9, 12, 13 jarak aman unit **300 m** dan jarak aman manusia **500 m**. sedangkan pada kedalaman 6, 9, 12, dan 13 jika material *steming* menggunakan *Spent Ore* maka jarak aman unit **200 m** dan jarak manusia **500 m**. melihat kembali *Safety Factor* unit dan Manusia

Redesing Geometri Peledakan dan Lemparan Prediksi

Rancangan Geometri usulan dan lemparan prediksi yang dibuat sebanyak 3 desing pada tabel di bawah dengan menggunakan rumus C.J. Konya dan Richard and Moore dengan melihat jenis material yang berada pada setiap lokasi peledakan untuk mengetahui parameter yang mempengaruhi *flyrock*.

Tabel 6. Geometri Redesing

No. Desain	Lokasi	Geometri Peledakan						
		Tinggi (m)	Jarak (m)	Densitas (g/cm ³)	Modulus (GPa)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Waktu (s)
1	LAH	4.2	3.18	4.2	0.78	14	10.1	0.22
		6	3.18	4.2	0.78	18	12.1	0.19
		9	3.18	4.2	0.78	24	12.1	0.18
		12	3.18	4.2	0.78	28	12.1	0.17
2	DBI	3.9	3.48	3.9	0.78	14	10.1	0.22
		6	3.48	3.9	0.78	18	10.1	0.21
3	MPY	3.2	3.18	3.2	0.78	14	10.1	0.22
		6	3.18	3.2	0.78	18	10.1	0.21

Pada tabel di atas perhitungan geometri melihat kembali material setiap lokasi area peledakan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan peledak pada setiap peledakan agar dapat menghasilkan fragmentasi yang diharapkan sehingga mengoptimalkan produktivitas alat gali muat.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan penelitian penulis, penulis menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Dari 30 kali *blasting* lemparan *flyrock* dengan menggunakan perhitungan Richard and Moore yaitu *Face Bursting* maksimum 737.4 meter, *Cratering* maksimum 349.06 m, *Rifling* maksimum 325.58 meter.
2. Perhitungan geometri ideal di Pit Partolang PT Batutua Kharisma Permai dan PT Batutua Tembaga Raya, menggunakan rumus dari CJ Konya pada material LAH *Burden* 4.2 m, *Spacing* 5.88 m, *Stemming* 4.2 m. Material DBI *Burden* 3.9 m, 5.46 m, *Stemming* 3.9 m. Material MPY *Burden* 3.2 m, *Spacing* 4.48 m, *Stemming* 3.2 m.
3. Hasil pengukuran Jarak terjauh *flyrock* actual dengan pengukuran 30 kali *blasting* di Pit Partolang PT Batutua Kharisma Permai dan PT Batutua Tembaga Raya lemparan maksimum *flyrock* 155.59 m, dan lemparan minimum *flyrock* 22.24 m.

SARAN

Berdasarkan penelitian maka penulis menyarankan bahwa:

1. Perlu adanya pengawasan di lapangan saat pemasangan titik oleh survey, sehingga tidak terjadi kesalahan penulisan kedalaman desain di elevasi yang sama.
2. Diperlukan kepekaan oleh *crew* saat mengarahkan *drill* sehingga tidak terjadi perubahan geometri peledakan yang telah dibuat oleh *engineer*, dan peralatan pengukuran lubang bor yang baik dari *crew drill*.
3. Pentingnya *Quality control* dalam pengecekan *Density* bahan peledak dan juga *after gasing* pada setiap lubang bor yang akan diledakan.

DAFTAR PUSTAKA

Bhandari, S, 1977. "Enginnering Rock Blasting Operations". Rotterdam: A.A Balkema

- Hakim Fahmi Muhammad. 2022, "Kajian Teknis Peledakan Untuk Memperkecil Flyrock Di Pit Pelikan Pamapersada Nusantara Jobsite Pt. Kaltim Prima Coal". Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Havis Abdurrachman, dkk. 2015. "Analisis Flyrock ntuk 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.
- Koesnaryo, 1998, "*Bahan Peledak dan Metode Peledakan*", Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta, Halaman 1-2.
- Konya, C. J., & Walter, E. J. (1991). "Rock Blasting And Overbreak Control" (No. FHWA-HI-92-001; NHI-13211). United States.
- Novrianto.2020. "Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fly Rock Hasil Peledakan Di Pt. Bintang Sumatra Pacific Kec. Pangkalan Kab. Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat". Yayasan Muhammad Yamin Padang Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang Program Studi Teknik Pertambangan.
- Neno Kristiani Maria.2021. "Analisis Potensi Fly Rock Pada Kegiatan Peledakan Di Kuari Pt. Panghegar Mitra Abadi, Desa Lagadar, Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat". Universitas Nusa Cendana Fakultas Sains Dan Teknik Jurusan Teknik Pertambangan.
- Prabowo Heri, Heriyadi Bambang, Rinaldo Riki, 2018. "Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat". Jurusan Teknik Pertambangan FT Universitas Negeri Padang, *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 3, No. 3, ISSN: 2302-3333.
- Purba. P Albert, 2014 "Evaluasi Fragmentasi Hasil Peledakan Terhadap Produktifitas Alat Gali Muat Pada Pt. J-Resources, Desa Bakan, Kecamatan Bolaang Mongondow Timur Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara". Kementerian Pendidikan Nasional Universitas Lambung Mangkurat Fakultas Teknik Program Studi Teknik Pertambangan Banjarbaru
- Richard, Alan B., Adrian J. Moore. 2005. "Golden Pike Cut Back Fly Rock Control and Calibration of a Predictive Model". Terrock Consulting Engineers, Australia.
- Rizkiyah,2021. "Evaluasi Biaya Peledakan Pada Site 1 Pt. Batutua Tembaga Raya/Pt. Batutua Kharisma Permai Pulau Wetar, Kab. Maluku Barat Daya". Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia Makassar.
- 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". Jurusan Teknik Pertambangan FT Universitas Negeri Padang. *Jurnal Bina Tambang* Vol. 4, No. 3. ISSN: 20302-3333.
- Whijoksono Bobi, 2017. "Perancangan Geometri Dan Pola Peledakan Untuk Mendapatkan Hasil Fragmentasi Optimum Pada Quarry Bukit Karang Putih Pt. Semen Padang Sumatera Barat". Program Studi Teknik Pertambangan Yayasan Muhammad Yamin Padang Sekolah Tinggi Teknologi Industri (Sttind) Padang.