

PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS (STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)

Wanda Adinugraha¹ dan Abdillah Fikri²,

¹Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi, Mineral dan Batubara - KESDM,

² PT Hasnur Riung Sinergi

email: wanda.adinugraha@esdm.go.id

email: abdillahfik@gmail.com

Naskah Diterima: Juni 2022/Revisi: Juni 2022 /Disetujui: Juni 2022

ABSTRAK

Berdasarkan analisis peledakan dengan *air decking* terhadap jarak lemparan *flying rock*, terdapat tiga parameter geometri peledakan yang berpengaruh terhadap lemparan *flying rock*, yaitu ketinggian kolom *air deck*, ketinggian kolom *stemming*, dan jarak burden awal. Berdasarkan nilai standar deviasi, perhitungan prediksi jarak lemparan *flying rock* menggunakan teori Richard and Moore tipe *cratering*, menghasilkan prediksi jarak lemparan *flying rock* yang mendekati jarak lemparan *flying rock* aktual. Agar jarak lemparan *flying rock* <150 m, rekomendasi geometri peledakan pada burden awal adalah minimal 3,25 m dan maksimal 4 m serta ketinggian kolom *stemming* ditambah 0,65 m dari ketinggian *stemming* aktual dan ketinggian kolom *air deck* dikurangi 0,65 m dari ketinggian *air deck* aktual.

Kata kunci: Air decking, flying rock, geometri peledakan

ABSTRACT

Based on the blasting analysis with *air decking* on the distance of *flying rock* throws, there are three parameters of blasting geometry that affect *flying rock* throws, namely the height of the water deck column, the height of the stemming column, and the initial burden distance. Based on the standard deviation value, the calculation of the predicted distance of *flying rock* throws uses the theory of Richard and Moore's *cratering* type, resulting in a prediction of the distance of *flying rock* throws that are close to the actual distance of *Flying Rock* throws. In order to distance the *flying rock* <150 m, the recommendation for blasting geometry at the initial burden minimum is 3.25 m and maximum is 4 m and the height of the stemming column is added 0.65 m from the actual stemming height and height the *air deck* column is reduced by 0.65 m from the actual *air deck* height.

Keywords: Air decking, Flying rock, Blasting Geometry

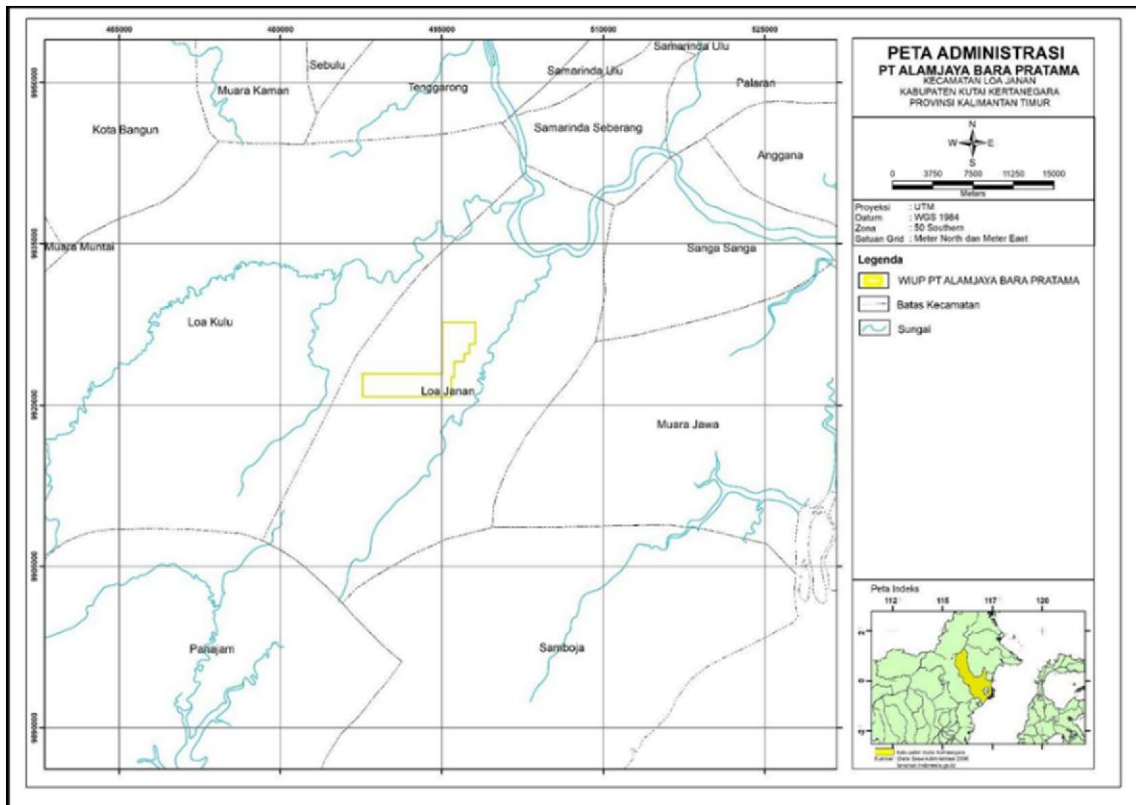
1. PENDAHULUAN

Batu terbang (*flying rock*) adalah lemparan batu hasil peledakan yang dapat membahayakan manusia, unit atau fasilitas lainnya. *Flying rock* yang dihasilkan selama peledakan telah menjadi kontributor dominan terhadap cedera/kematian dan kerusakan pada properti. Menurut Roy & Singh (2003), sekitar 25% kecelakaan peledakan di tambang terbuka disebabkan oleh *flying rock* yang umumnya dihasilkan karena peledakan lubang dangkal. *Flying rock* yang berlebihan dapat disebabkan oleh kondisi geologis, parameter desain peledakan, jenis dan distribusi bahan peledak di dalam lubang ledak, kondisi bidang batuan yang akan diledakan, ledakan bongkahan batuan atau kecerobohan manusia.

Air deck adalah istilah yang digunakan untuk ruang kosong yang sengaja diatur pada lubang ledak yang telah diisi dengan bahan peledak. Ruang kosong tersebut berisi udara untuk berbagai macam tujuan, yaitu mengurangi penggunaan bahan peledak dalam lubang ledak serta dampak peledakan yang ditimbulkan seperti getaran (*vibration*) dan lemparan batuan (*flying rock*). Analisis peledakan *air decking* terhadap prediksi jarak lemparan *flying rock* berperan penting dalam penentuan radius aman peledakan. Jika jarak lemparan *flying rock* dapat dikurangi maka jarak radius aman peledakan dan penggunaan bahan bakar alat mekanis pada saat evakuasi peledakan-juga dapat dikurangi.

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM nomor 1827 K/30/MEM/2018, ada dua poin yang membahas tentang radius aman peledakan yaitu: 1. Dalam hal dilakukan perubahan geometri dan dimensi peledakan, jenis bahan peledak, jarak aman peledakan, tingkat getaran peledakan, dan metode terlebih dahulu dilakukan kajian teknis; 2. Jarak aman peledakan bagi alat dan fasilitas pertambangan 300 (tiga ratus) meter serta bagi manusia 500 (lima ratus) meter dari batas terluar peledakan diukur pada jarak horizontal dan/atau berdasarkan kajian teknis. Berdasarkan penjelasan tersebut secara umum radius aman peledakan untuk alat sejauh 300 m dan manusia 500 m dan/atau dapat dirubah sesuai kajian teknis. Begitupun dengan perubahan geometri peledakan harus dilakukan kajian teknis terlebih dahulu.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh geometri peledakan *air decking* terhadap lemparan *flying rock* dengan jarak kurang dari 150 m (<150 m) sehingga jarak evakuasi alat mekanis dapat dikurangi. Adapun datanya diperoleh dari pertambangan batubara PT. Alamjaya Bara Pratama dengan jumlah yang cukup mewakili untuk diolah secara statistic, sehingga kesimpulannya cukup memadai.



Gambar 1 Lokasi Daerah Penelitian (PT. Alamjaya Bara Pratama, 2018)

2. METODOLOGI

Pengambilan data dilakukan terhadap data primer dan sekunder. Data Primer diperoleh melalui serangkaian pengambilan data yang dilakukan langsung di lapangan, mencatat serta mengamati data berdasarkan studi lapangan, yaitu geometri peledakan (*burden*, *spacing*, *burden* awal/jarak lubang terdekat dengan *freeface*, isian bahan peledak, kedalaman lubang ledak, tinggi *air deck*, pola peledakan dan tinggi *stemming*) serta pengukuran jarak lemparan *flying rock* yang dilakukan menggunakan bantuan alat ukur (meteran) dan terpal ukuran 1,2 x 20 m sebanyak 5 buah yang ditempatkan di depan *freeface* atau *initiation point* pada jarak 25 m, 50 m, 75 m, 100 m, dan 150 m. Sedangkan pengumpulan data sekunder dilakukan melalui kegiatan studi literatur dan wawancara dengan karyawan di lapangan.

1. Teknik pengolahan data

Pengolahan data *flying rock* dilakukan untuk mengestimasi jarak lemparan *flying rock* terjauh yang akan menjadi pertimbangan pengurangan radius aman dengan menggunakan persamaan:

a. Persamaan Lundborg

$$L = 143 \text{ de } (PF - 0,2) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

La = Jarak lemparan terjauh (m),

PF = powder factor (kg/m^3),

de = Diameter lubang ledak (Inch)

b. Persamaan Ebrahim Ghasemi

$$EG = 0,999 (B^{1,336} S^{1,201} T^{-2,196} L^{0,347} D^{-0,201} (PF/Q)^{-0,171}) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

EG = Prediksi Fly rock distance Ebrahim Ghasemi (m)

B = Burden (m)

S = Spacing (m)

T = Stemming (m)

L = Kedalaman lubang ledak (m)

D = Diameter lubang ledak (m)

PF = Powder factor (kg/m³)

Q = Isian rata – rata per lubang ledak (kg)

c. Persamaan Richard & Moore

$$FB = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{LD}}{Ba} \right)^{2,6} \dots\dots\dots(3)$$

$$C = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{LD}}{St} \right)^{2,6} \dots\dots\dots(4)$$

$$R = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{LD}}{St} \right)^{2,6} \times \sin 2\theta \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

FB = Lemparan maksimal *Face Burst* (m),

C = Lemparan maksimal *Cratering* (m),

R = Lemparan maksimal *Rifling* (m),

Ba = Burden awal (m),

La = Lemparan aktual (m),

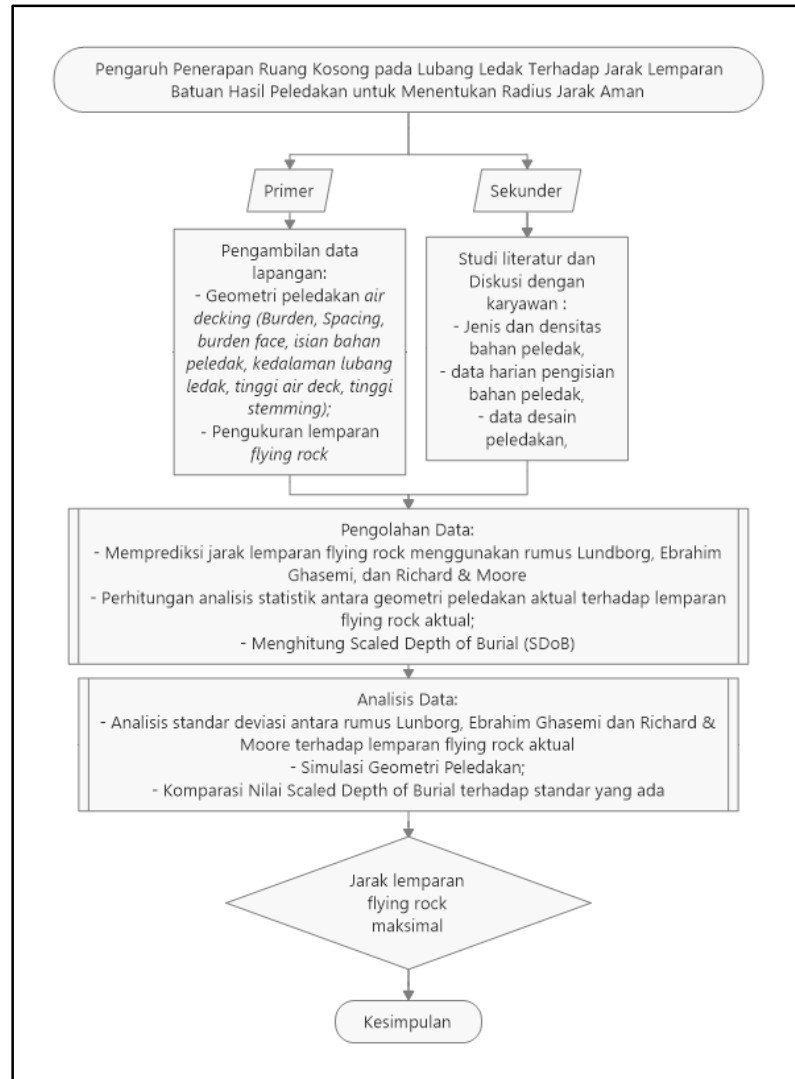
LD = Loading Desity (kg/m),

St = T = Tinggi Stemming (m),

k = Konstanta,

g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s²),

θ = Launch angle from horizontal (penyimpangan kemiringan lubang bor dianggap 15° dari pengeboran tegak 90° sehingga bernilai 75°)



Gambar 2 Metodologi Penelitian

2. Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan untuk geometri peledakan aktual terhadap lemparan *flying rock* aktual sehingga diketahui geometri peledakan apa saja yang berpengaruh kuat terhadap lemparan *flying rock*; Analisis statistik yang dipilih yaitu analisis regresi dengan jenis polinomial dengan orde 2. Analisis regresi polinomial dipilih karena analisis tersebut menghasilkan nilai koefisien korelasi terbesar diantara analisis regresi lainnya. Sedangkan pemilihan orde 2 dilakukan karena orde 2 sudah cukup menggambarkan perbedaan nilai koefisien korelasi tiap parameter geometri peledakan, sehingga dapat dibedakan hubungan antara tiap parameter geometri peledakan terhadap lemparan *flying rock* yang dihasilkan. Dengan mengatur parameter geometri yang hubungannya kuat dengan lemparan *flying rock* aktual, diharapkan akan berpengaruh besar terhadap jarak lemparan *flying rock* yang dihasilkan. Dengan demikian jarak lemparan *flying rock* dapat diatur agar menghasilkan lemparan *flying rock* (<150 m), sehingga radius aman peledakan untuk alat mekanis dapat dikurangi dari 300 m menjadi 200 m.

3. Perhitungan *Scaled Depth of Burial (SDoB)*

Perhitungan *Scaled Depth of Burial (SDoB)* pada geometri peledakan aktual, simulasi geometri peledakan 1 dan simulasi geometri peledakan 2 untuk mengetahui terkontrolnya suatu peledakan.

$$L = De \times 10 \dots\dots\dots (6)$$

$$W = LD \times L \dots\dots\dots (7)$$

$$D = T + (0,5 \times L) \dots\dots\dots (8)$$

$$SDoB = \frac{D}{W^{1/3}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

L = Panjang 10 kali diameter lubang ledak (m)

De = Diameter lubang ledak (m)

W = Muatan bahan peledak yang berpengaruh terhadap *cratering* (kg)

LD = Loading density (kg/m)

D = Jarak dari pusat daerah pengaruh ledakan dari permukaan (m)

T = Stemming (m)

SDoB = Scaled Depth of Burial (m/kg^{1/3})

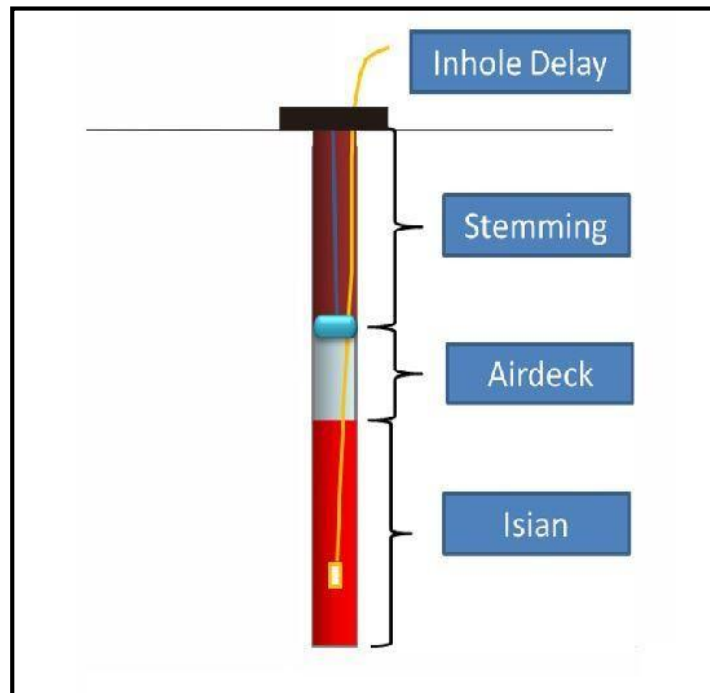
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pengambilan data dilakukan di 2 lokasi yaitu pit 10, dan pit 7 utara PT Alamjaya Bara Pratama (PT ABP). Kegiatan pengeboran dilakukan dengan menggunakan mesin bor Sandvik D245S dengan diameter mata bor 7⁷/₈" (200 mm). Pola pemboran yang diterapkan adalah pola pengeboran selang-seling (*rectangular staggered pattern*), dengan *Burden* 8 m dan *Spacing* 9 m serta kedalaman rata-rata seluruh lokasi pengamatan adalah 8,5 m dengan pengeboran tegak.



Gambar 3 Pemasangan *ball deck* di dalam lubang ledak

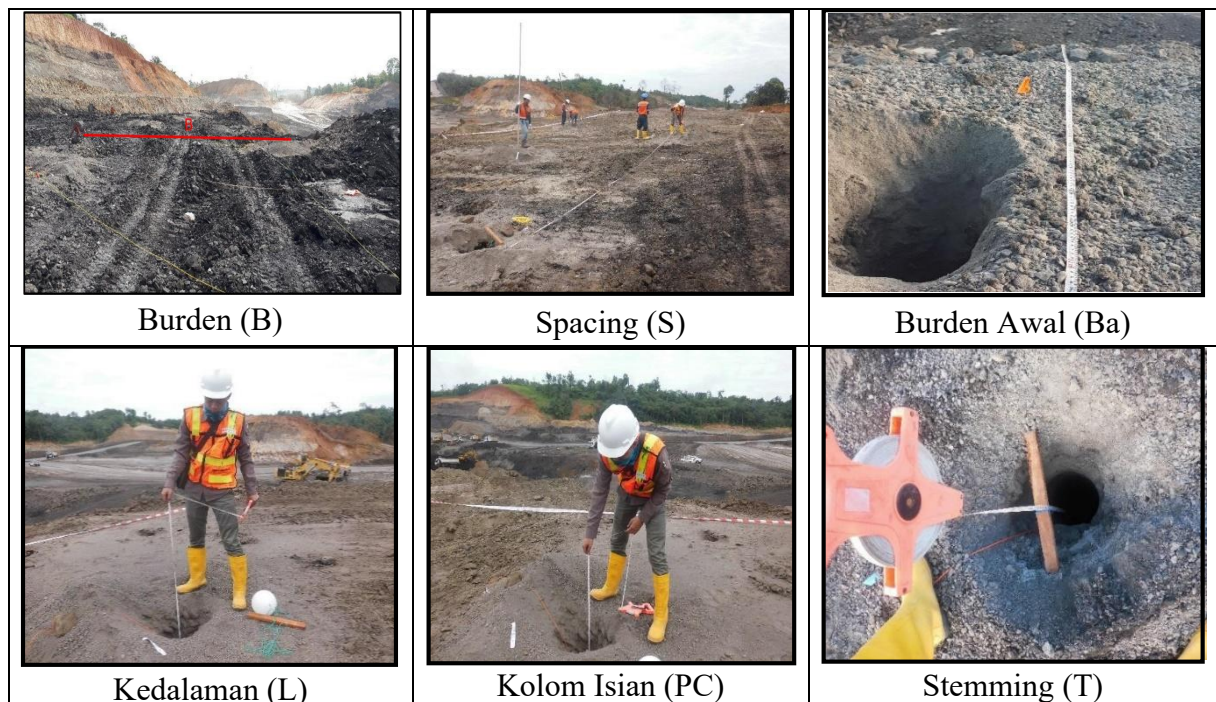
Pengaplikasian *air decking* pada lubang ledak dilakukan setelah pengisian primer dan bahan peledak dilakukan (ANFO atau *Emulsion*). Metode *air decking* dilakukan menggunakan alat yang dinamakan *ball deck* yang terdiri dari 3 bagian yaitu *ball deck* (diameter 18 cm), tali (tambang) dan *stick* (4 x 4 x 20) cm yang dirangkai menjadi satu rangkaian. Setelah *ball deck* dipasang maka dilakukanlah penyumbatan lubang ledak (*stemming*) dengan serbuk bor (*cutting*) yang nampak seperti Gambar 4.



Gambar 4 Posisi ruang kosong (air deck) di dalam lubang ledak

1. Pengukuran Geometri Peledakan

Pengukuran geometri peledakan meliputi pengukuran *burden* (B), *spacing* (S), *burden awal* (Ba), kedalaman lubang ledak (L), kolom isian bahan peledak (PC), dan *stemming* (T). Gambar 3.3. memperlihatkan aktivitas pengukuran geometri peledakan pada lokasi penelitian.



Gambar 5 Aktivitas pengukuran Geometri Peledakan

2. Pengukuran Jarak Lemparan *Flying Rock*

Dalam pengambilan data *flying rock* dilakukan dengan bantuan terpal ukuran 1,2 cm x 20 m sebanyak 5 buah serta meteran 50 m untuk pengukuran lemparan *flying rock* terjauh dari lokasi terpal. Pada gambar 6 memperlihatkan kegiatan penempatan terpal di depan *freeface* atau *Initiation Point (IP)* dengan interval jarak antar terpal 25 m, 50 m, 100 m dan 200 m atau dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan dari lokasi peledakan. Terpal tersebut berguna untuk memudahkan mengidentifikasi lokasi jatuhnya *flying rock*.



Gambar 6 Aktivitas pengukuran Lemparan Batuan (*Flying Rock*)

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan data hasil pengukuran geometri peledakan rata-rata, jarak lemparan *flying rock* terjauh pada 30 kali kegiatan peledakan (11 peledakan pada Pit 10 dan 19 peledakan pada Pit 7 Utara), serta bahan peledak yang digunakan.

Tabel 1 Rata-Rata Geometri Peledakan Lokasi Pit 10

No	B (m)	S (m)	T (m)	PC (m)	Ba (m)	L (m)	La (m)	Explosive
1	7,60	8,84	4,67	2,14	-	8,29	27,68	<i>Emulsion</i>
2	7,78	8,74	4,67	2,22	-	8,53	30,55	<i>Emulsion</i>
3	7,71	8,63	4,65	2,10	-	8,06	31,74	<i>Emulsion</i>
4	7,63	8,67	2,45	1,33	3,51	5,18	117,85	<i>Emulsion</i>
5	7,48	8,64	4,33	2,33	3,35	8,22	42,56	<i>ANFO</i>
6	7,50	8,71	4,36	2,11	3,59	8,31	112,54	<i>ANFO</i>
7	7,65	8,79	4,36	2,07	3,67	7,97	36,72	<i>ANFO</i>
8	7,95	8,84	4,15	2,40	4,56	8,23	42,56	<i>Emulsion</i>
9	7,56	8,77	3,69	2,04	4,23	7,50	52,67	<i>ANFO</i>
10	7,56	8,79	3,22	1,40	5,22	5,50	40,86	<i>ANFO</i>
11	7,70	8,72	4,45	2,21	3,40	8,00	34,67	<i>ANFO</i>

Tabel 2 Rata-Rata Geometri Peledakan Lokasi Pit 7 Utara

No	B (m)	S (m)	T (m)	PC (m)	Ba (m)	L (m)	La (m)	Explosive
1	7,55	8,44	4,38	1,90	3,75	7,65	44,65	<i>Emulsion</i>
2	7,47	8,80	3,38	1,65	-	6,46	56,53	<i>Emulsion</i>
3	7,48	8,61	2,88	1,56	4,33	6,27	77,63	<i>Emulsion</i>
4	7,73	8,74	4,73	2,26	4,56	8,01	26,50	<i>Emulsion</i>
5	7,75	8,77	3,77	1,98	4,25	7,61	46,70	<i>ANFO</i>
6	7,56	8,78	3,47	1,61	4,14	6,11	51,45	<i>Emulsion</i>
7	7,50	8,77	2,61	1,71	3,24	6,19	214,56	<i>Emulsion</i>
8	7,74	8,64	3,71	2,00	4,20	7,26	47,66	<i>ANFO</i>
9	7,63	8,66	4,18	2,20	3,73	8,09	58,56	<i>Emulsion</i>

10	7,63	8,71	3,80	2,03	-	7,09	33,64	ANFO
11	7,47	8,65	4,12	2,13	-	7,90	43,53	Emulsion
12	7,41	8,58	3,77	2,13	4,12	7,63	44,65	ANFO
13	7,74	8,79	4,70	2,45	-	8,32	22,67	ANFO
14	7,64	8,73	4,32	2,34	-	7,94	42,56	Emulsion
15	7,57	8,78	4,43	2,39	-	8,19	36,58	Emulsion
16	7,42	8,63	4,54	2,35	3,85	8,23	33,65	Emulsion
17	7,03	8,77	4,36	2,37	5,22	8,23	38,55	Emulsion
18	6,76	8,63	4,65	2,30	3,83	8,25	32,56	Emulsion
19	7,67	8,70	4,33	2,41	-	7,97	41,85	Emulsion

Keterangan:

B = *Burden*

S = *Spacing*

T = *Stemming*

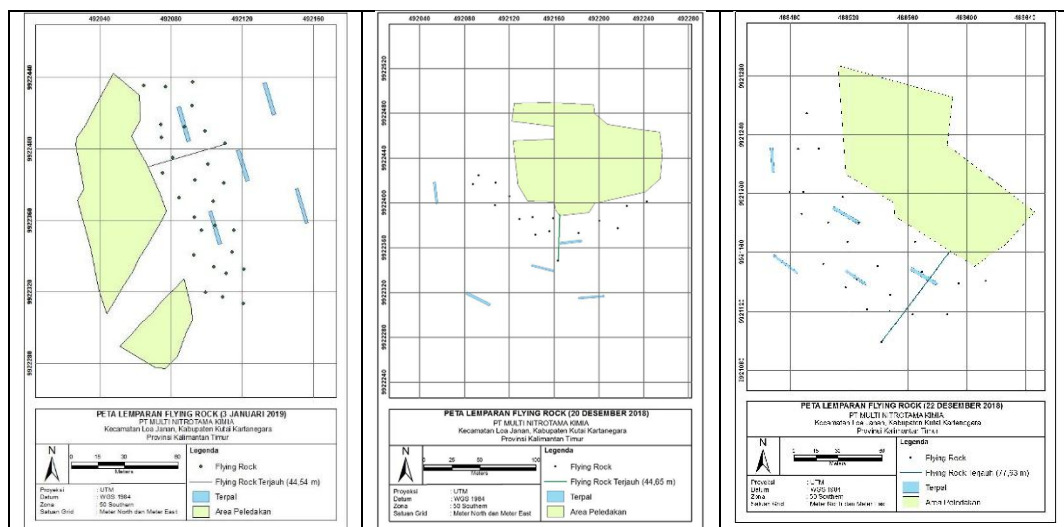
PC = Panjang Kolom Isian

Ba = *Burden Awal*

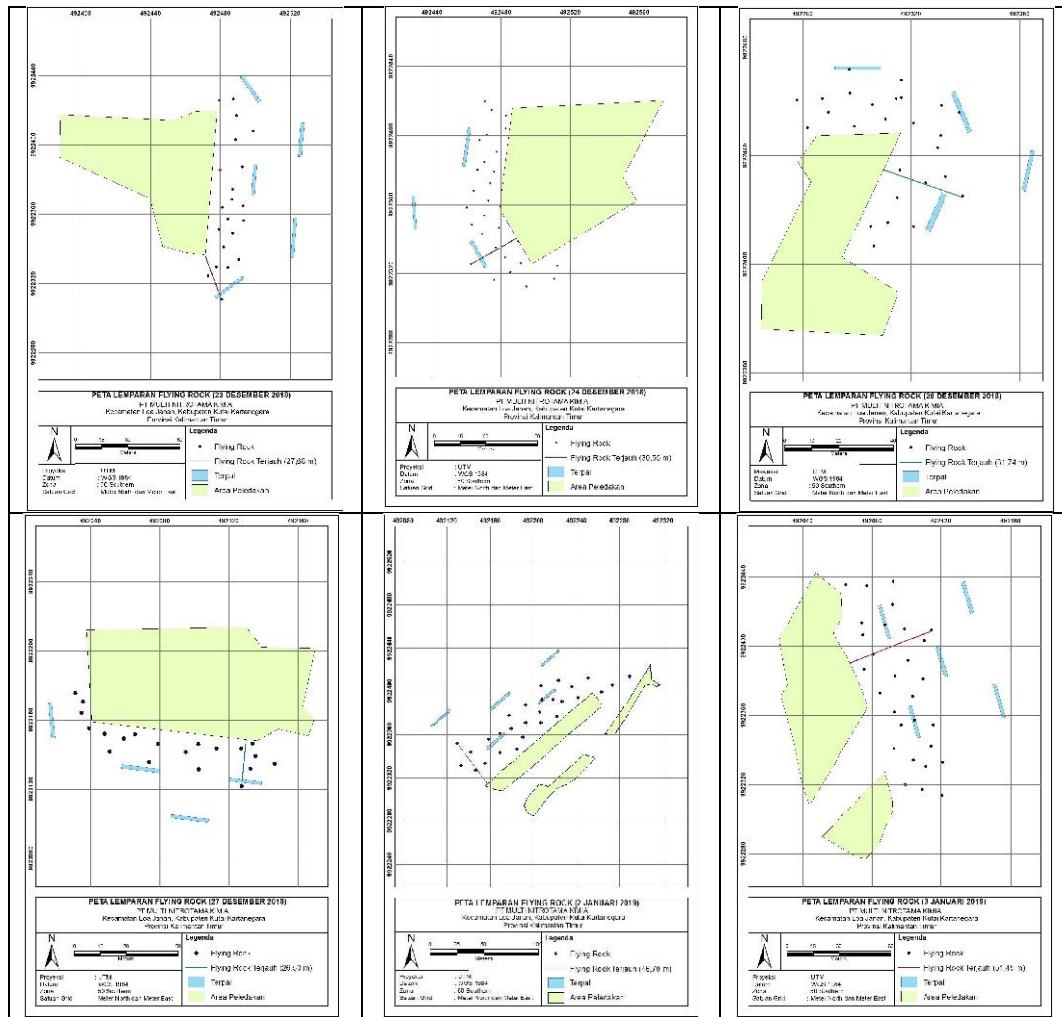
L = Kedalaman Lubang Ledak

La = Lemparan *flying rock* aktual

Kemudian hasil lemparan *flying rock* aktual dari 30 kali peledakan dibuat menjadi Peta lemparan *flying rock* seperti ditunjukkan pada Gambar 7 yang memperlihatkan 9 dari 30 peta yang sudah dibuat.



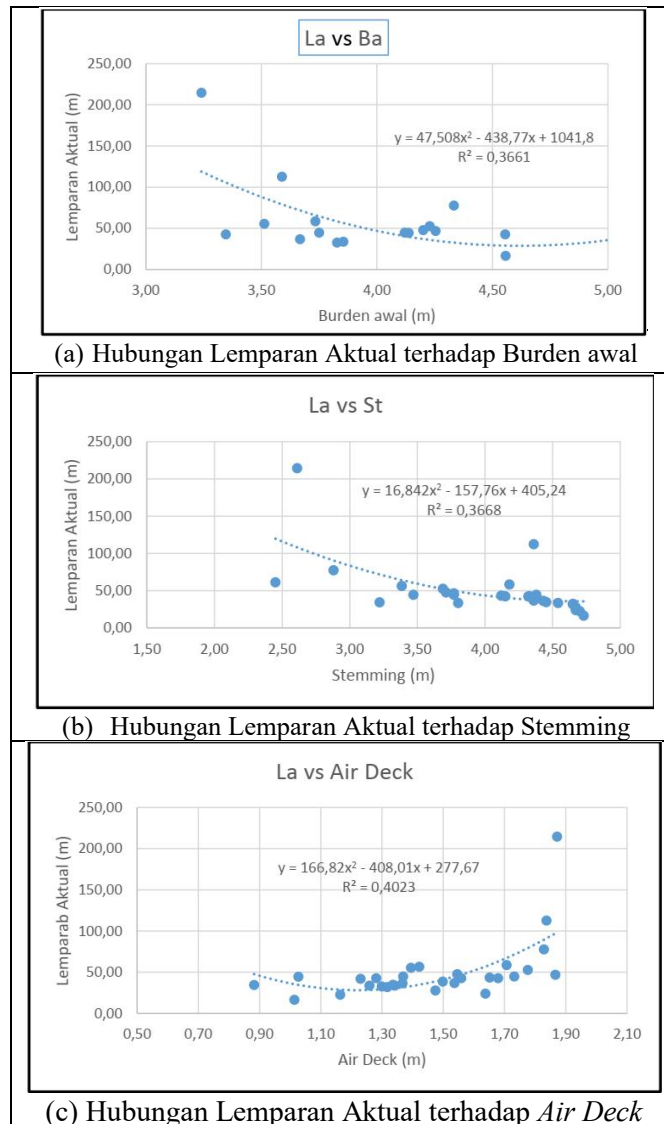
PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS (STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)



Gambar 7 Beberapa contoh peta lemparan batu terbang aktual

2. Pengaruh Geometri Peledakan *Air Decking* Terhadap Jarak Lemparan *Flying rock*

Secara teori geometri peledakan *air decking* berpengaruh terhadap jarak lemparan *flying rock* yang dihasilkan. Tetapi tidak semua geometri peledakan *air decking* hasilnya berbanding lurus dengan jarak lemparan *flying rock* yang dihasilkan. Secara teori semakin tinggi nilai stemming (T) semakin rendah jarak lemparan *flying rock* yang dihasilkan. Tetapi berdasarkan Tabel 1, dengan nilai *stemming* yang sama (4,36 m) menghasilkan jarak lemparan *flying rock* yang berbeda. Hal tersebut disebabkan karena ada beberapa faktor lain yang berpengaruh terhadap jarak lemparan *flying rock* yang cukup sulit teramati secara kuantitatif. Contohnya karakteristik massa batuan, struktur geologi, pengaruh air tanah, jenis bahan peledak yang digunakan serta perbedaan manusia dalam memperlakukan geometri peledakan. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut dilakukanlah analisis statistik untuk mengetahui hubungan umum antara geometri peledakan terhadap lemparan *flying rock* yang dihasilkan.



Gambar 8 Grafik Hubungan Lemparan Aktual terhadap (a) *urden* Awal, (b) Tinggi *Stemming*, (c) *Air Deck*

Pengolahan data lemparan *flying rock* dengan metode analisis statistik dilakukan terhadap geometri peledakan. Sehingga dapat diketahui seberapa besar hubungan jarak lemparan *flying rock* dengan masing-masing parameter geometri peledakan. Adapun geometri peledakan yang dimaksud yaitu *burden*, *spacing*, *burden face* (burden awal), tinggi *stemming*, kedalaman lubang ledak, isian bahan peledak, dan *powder factor* dan tinggi *air deck*. Berikut merupakan grafik hubungan antara geometri peledakan (burden awal, tinggi stemming, air decking) terhadap lemparan aktual (Gambar 8).

Berdasarkan Tabel 3 tentang Hubungan Regresi Geometri Peledakan terhadap Lemparan *Flying Rock* aktual, parameter Burden Awal memiliki koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,3661$ atau 36,61% variansi lemparan *flying rock* aktual dapat dijelaskan oleh Burden Awal dan 63,39% sisanya dijelaskan oleh variabel lainnya. Berdasarkan keterangan tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai koefisien determinasi maka semakin besar pula pengaruh geometri tersebut terhadap *flying rock* yang dihasilkan. Selain itu semakin besar nilai koefisien korelasi maka semakin besar pula hubungan antara geometri peledakan yang

PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS (STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)

bersangkutan terhadap lemparan *flying rock* actual. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi sebesar $R = 0,61$ (akar dari koefisien determinasi $R^2 = 0,3661$) yang berarti memiliki tingkat hubungan korelasi “kuat”.

Tabel 3 Hubungan Regresi Geometri Peledakan terhadap Lemparan *Flying Rock* Aktual

Parameter	R^2	R	Tingkat Hubungan
<i>Burden</i>	0,0900	-0,300	Rendah
<i>Spacing</i>	0,0028	0,053	Sangat rendah
<i>Burden Awal</i>	0,3661	-0,605	Kuat
<i>Tinggi Stemming</i>	0,3668	-0,606	Kuat
Kedalaman Lubang Ledak	0,1520	-0,390	Rendah
Isian Bahan Peledak	0,1015	0,319	Rendah
<i>Powder Factor</i>	0,0035	0,059	Sangat rendah
<i>Tinggi Air Deck</i>	0,4023	0,634	Kuat

Sumber: Pengantar Statistika Edisi 3 by Ronald E Walpole.

Mengacu pada Tabel 3.3 di atas, terdapat tiga parameter geometri peledakan yang mempunyai tingkat hubungan korelasi “kuat” terhadap lemparan *flying rock*, yaitu *Burden awal*, *Tinggi stemming*, dan *Tinggi air deck*. Sehingga ketiga parameter geometri tersebut akan dibuat beberapa simulasi percobaan agar menghasilkan lemparan *flying rock* yang memiliki jarak lebih kecil dari 300 m (jarak aman minimal terhadap alat).

3. Prediksi Lemparan *Flying rock*

a. Teori Lundborg

Menurut teori Lundborg ketika *specific charge* atau *powder factor* (PF) $\leq 0,2$ kg/m³, maka lemparan *flying rock* dianggap tidak ada. Mengacu pada data PF Tabel 4 tidak ada PF yang lebih besar dari 0,2 kg/m³. Dapat disimpulkan bahwa berdasarkan teori Lundborg lemparan batu terbang tidak jauh dan terkontrol, sehingga persamaannya tidak digunakan.

Tabel 4 Rekapitulasi Perhitungan Powder Factor

No	Location	B (m)	S (m)	L (m)	Q (kg)	PF (kg/m ³)
1	Pit 7 Utara	7,55	8,44	7,65	68,77	0,14
2	Pit 7 Utara	7,47	8,80	6,46	59,81	0,14
3	Pit 7 Utara	7,48	8,61	6,27	56,56	0,14
4	Pit 10	7,60	8,84	8,29	77,46	0,14
5	Pit 10	7,78	8,74	8,53	80,34	0,14
6	Pit 10	7,71	8,63	8,06	75,79	0,14
7	Pit 7 Utara	7,73	8,74	8,01	81,82	0,15
8	Pit 7 Utara	7,75	8,77	7,61	52,83	0,10
9	Pit 7 Utara	7,56	8,78	6,11	58,32	0,14
10	Pit 10	7,63	8,67	5,18	48,16	0,14
11	Pit 7 Utara	7,50	8,77	6,19	61,65	0,15
12	Pit 7 Utara	7,74	8,64	7,26	53,52	0,11
13	Pit 7 Utara	7,63	8,66	8,09	79,52	0,15

14	Pit 7 Utara	7,63	8,71	7,09	54,17	0,12
15	Pit 7 Utara	7,47	8,65	7,90	76,96	0,15
16	Pit 7 Utara	7,41	8,58	7,63	56,97	0,12
17	Pit 10	7,48	8,64	8,22	62,21	0,12
18	Pit 10	7,50	8,71	8,31	56,37	0,10
19	Pit 7 Utara	7,74	8,79	8,32	65,58	0,12
20	Pit 7 Utara	7,64	8,73	7,94	84,67	0,16
21	Pit 7 Utara	7,57	8,78	8,19	86,52	0,16
22	Pit 7 Utara	7,42	8,63	8,23	85,04	0,16
23	Pit 10	7,65	8,79	7,97	55,40	0,10
24	Pit 10	7,95	8,84	8,23	86,66	0,15
25	Pit 10	7,56	8,77	7,50	54,40	0,11
26	Pit 10	7,56	8,79	5,50	37,36	0,10
27	Pit 7 Utara	7,03	8,77	8,23	85,62	0,17
28	Pit 7 Utara	6,76	8,63	8,25	83,06	0,17
29	Pit 7 Utara	7,67	8,70	7,97	87,01	0,16
30	Pit 10	7,70	8,72	8,00	59,03	0,11

Keterangan:

B = *Burden*

L = Kedalaman Lubang Ledak

S = *Spacing*

Q = Jumlah bahan peledak/lubang ledak

b Teori Richard and Moore

Menurut pengujian yang dilakukan oleh Arian J. Moore dan Alan B. Richard, terdapat tiga kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya *flying rock* akibat kegiatan peledakan yaitu:

- *Face Burst* merupakan prediksi *flying rock* yang menitikberatkan pada jarak *burden* awal terhadap *freeface*. Jadi perhitungannya hanya dapat dilakukan pada lokasi peledakan yang berjenjang (mempunyai *freeface*) seperti yang tertera dalam Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Prediksi Flying Rock Richard and Moore (*Face Burst*)

Hari ke	Location	Explosive	LD (kg/m)	Ba (m)	Lt (FB) (m)	La (m)
1	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	3,75	60,76	44,65
2	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	-	-	56,53
3	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,33	41,72	77,63
4	Pit 10	Emulsion	36,15	-	-	27,68
5	Pit 10	Emulsion	36,15	-	-	30,55
6	Pit 10	Emulsion	36,15	-	-	31,74
7	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,56	36,60	26,50
8	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	4,25	29,56	46,70
9	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,14	47,05	51,45
10	Pit 10	Emulsion	36,15	3,51	72,03	117,85
11	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	3,24	88,86	214,56
12	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	4,20	30,55	47,66

**PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU
TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS
(STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)**

13	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	3,73	61,47	58,56
14	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	26,72	-	-	33,64
15	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	-	-	43,53
16	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	26,72	4,12	32,12	44,65
17	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	3,35	55,19	42,56
18	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	3,59	45,98	112,54
19	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	26,72	-	-	22,67
20	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	-	-	42,56
21	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	-	-	36,58
22	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	3,85	56,57	33,65
23	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	3,67	43,49	36,72
24	Pit 10	<i>Emulsion</i>	36,15	4,56	36,65	42,56
25	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	4,23	30,02	52,67
26	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	5,22	17,39	40,86
27	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	5,22	25,78	38,55
28	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	3,83	57,65	32,56
29	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	-	-	41,85
30	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	3,40	52,92	34,67

Keterangan:

LD = *Loading Density*

Ba = *Burden awal*

Lt (FB) = *Face Burst*

La = *Lemparan Aktual*

- *Cratering* terjadi saat tinggi *stemming* yang terlalu pendek serta terdapatnya bidang lemah pada lubang ledak yang merupakan *material broken* dari hasil peledakan sebelumnya. Dengan kata lain prediksi lemparan *flying rock* tipe *cratering* mengacu pada tinggi *stemming* dari geometri peledakan yang digunakan.

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan Prediksi *Flying Rock* Richard and Moore (*Cratering*)

<i>Hari ke</i>	<i>Location</i>	<i>Explosive</i>	<i>LD (kg/m)</i>	<i>T (m)</i>	<i>Lt (C) (m)</i>	<i>La (m)</i>
1	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	4,38	40,60	44,65
2	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	3,38	79,33	56,53
3	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	2,88	120,70	77,63
4	Pit 10	<i>Emulsion</i>	36,15	4,67	34,35	27,68
5	Pit 10	<i>Emulsion</i>	36,15	4,67	34,35	30,55
6	Pit 10	<i>Emulsion</i>	36,15	4,65	34,73	31,74
7	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	4,73	33,23	26,50
8	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	26,72	3,77	40,45	46,70
9	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	3,47	74,35	51,45
10	Pit 10	<i>Emulsion</i>	36,15	2,45	183,78	117,85
11	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	2,61	155,90	214,56
12	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	26,72	3,71	42,12	47,66
13	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	4,18	45,82	58,56
14	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	26,72	3,80	39,61	33,64
15	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	4,12	47,58	43,53
16	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	26,72	3,77	40,45	44,65

17	Pit 10	ANFO	26,72	4,33	28,22	42,56
18	Pit 10	ANFO	26,72	4,36	27,72	112,54
19	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	4,70	22,80	22,67
20	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,32	42,06	42,56
21	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,43	39,40	36,58
22	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,54	36,96	33,65
23	Pit 10	ANFO	26,72	4,36	27,72	36,72
24	Pit 10	Emulsion	36,15	4,15	46,69	42,56
25	Pit 10	ANFO	26,72	3,69	42,83	52,67
26	Pit 10	ANFO	26,72	3,22	60,96	40,86
27	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,36	41,06	38,55
28	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,65	34,73	32,56
29	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,33	41,81	41,85
30	Pit 10	ANFO	26,72	4,45	26,26	34,67

Keterangan:

LD = Loading Density

T = Stemming

Lt (C) = Cratering

La = Lemparan Aktual

- Rifling terjadi saat stemming sudah sesuai untuk mencegah *flying rock* secara *cratering* namun material stemming yang digunakan kurang baik. Rifling juga dipengaruhi oleh ketidaksesuaian sudut lubang ledak yang direncanakan. Dapat dikatakan bahwa prediksi lemparan *flying rock* tipe rifling mengacu pada tinggi stemming serta keakuratan sudut lubang ledak itu sendiri.

Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan Prediksi *Flying Rock* Richard and Moore (*Rifling*)

Hari ke	Location	Explosive	LD (kg/m)	T (m)	Lt (R) (m)	La (m)
1	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,38	20,30	44,65
2	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	3,38	39,67	56,53
3	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	2,88	60,35	77,63
4	Pit 10	Emulsion	36,15	4,67	17,17	27,68
5	Pit 10	Emulsion	36,15	4,67	17,17	30,55
6	Pit 10	Emulsion	36,15	4,65	17,37	31,74
7	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,73	16,61	26,50
8	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	3,77	20,23	46,70
9	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	3,47	37,17	51,45
10	Pit 10	Emulsion	36,15	2,45	91,89	117,85
11	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	2,61	77,95	214,56
12	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	3,71	21,06	47,66
13	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,18	22,91	58,56
14	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	3,80	19,81	33,64
15	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,12	23,79	43,53
16	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	3,77	20,23	44,65
17	Pit 10	ANFO	26,72	4,33	14,11	42,56
18	Pit 10	ANFO	26,72	4,36	13,86	112,54
19	Pit 7 Utara	ANFO	26,72	4,70	11,40	22,67
20	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,32	21,03	42,56
21	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,43	19,70	36,58
22	Pit 7 Utara	Emulsion	36,15	4,54	18,48	33,65

PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS (STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)

23	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	4,36	13,86	36,72
24	Pit 10	<i>Emulsion</i>	36,15	4,15	23,34	42,56
25	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	3,69	21,41	52,67
26	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	3,22	30,48	40,86
27	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	4,36	20,53	38,55
28	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	4,65	17,37	32,56
29	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	36,15	4,33	20,90	41,85
30	Pit 10	<i>ANFO</i>	26,72	4,45	13,13	34,67

Keterangan:

LD = *Loading Density*

T = *Stemming*

Lt (R) = *Rifling*

La = *Lemparan Aktual*

c. Teori Ebrahim Ghasemi

Prediksi lemparan *flying rock* Ebrahmi Ghasemi didasarkan pada seluruh geometri peledakan yang digunakan mulai dari burden, spacing, stemming, kedalaman lubang ledak, diameter lubang ledak, *powder factor* serta berat bahan peledak yang digunakan.

Nilai standar deviasi antara prediksi lemparan *flying rock* terhadap lemparan aktual menunjukan seberapa akurat prediksi lemparan *flying rock* yang dihitung. Semakin kecil nilai standar deviasi maka semakin akurat prediksi lemparan *flying rock* terhadap lemparan aktual.

Tabel 8 Rekapitulasi Perhitungan Prediksi *Flying Rock* Teori Ebrahim Ghasemi

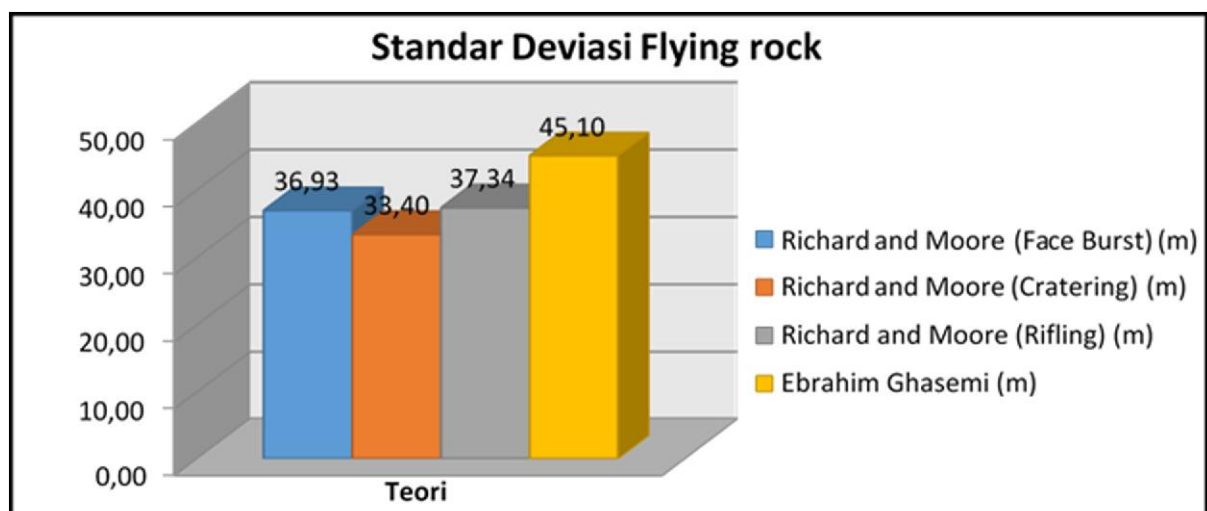
Hari ke	Location	B (m)	S (m)	T (m)	L (m)	PF (kg/m ³)	Q (kg)	Lt (EG) (m)	La (m)
1	Pit 7 Utara	7,55	8,44	4,38	7,65	0,14	68,77	60,68	44,65
2	Pit 7 Utara	7,47	8,80	3,38	6,46	0,14	59,81	102,13	56,53
3	Pit 7 Utara	7,48	8,61	2,88	6,27	0,14	56,56	139,52	77,63
4	Pit 10	7,60	8,84	4,67	8,29	0,14	77,46	59,14	27,68
5	Pit 10	7,78	8,74	4,67	8,53	0,14	80,34	61,19	30,55
6	Pit 10	7,71	8,63	4,65	8,06	0,14	75,79	58,19	31,74
7	Pit 7 Utara	7,73	8,74	4,73	8,01	0,15	81,82	57,05	26,50
8	Pit 7 Utara	7,75	8,77	3,77	7,61	0,10	52,83	92,32	46,70
9	Pit 7 Utara	7,56	8,78	3,47	6,11	0,14	58,32	95,29	51,45
10	Pit 10	7,63	8,67	2,45	5,18	0,14	48,16	187,06	117,85
11	Pit 7 Utara	7,50	8,77	2,61	6,19	0,15	61,65	177,01	214,56
12	Pit 7 Utara	7,74	8,64	3,71	7,26	0,11	53,52	91,08	47,66
13	Pit 7 Utara	7,63	8,66	4,18	8,09	0,15	79,52	72,89	58,56
14	Pit 7 Utara	7,63	8,71	3,80	7,09	0,12	54,17	84,50	33,64
15	Pit 7 Utara	7,47	8,65	4,12	7,90	0,15	76,96	71,85	43,53
16	Pit 7 Utara	7,41	8,58	3,77	7,63	0,12	56,97	83,82	44,65
17	Pit 10	7,48	8,64	4,33	8,22	0,12	62,21	65,77	42,56
18	Pit 10	7,50	8,71	4,36	8,31	0,10	56,37	66,18	112,54
19	Pit 7 Utara	7,74	8,79	4,70	8,32	0,12	65,58	59,55	22,67

20	Pit 7 Utara	7,64	8,73	4,32	7,94	0,16	84,67	67,94	42,56
21	Pit 7 Utara	7,57	8,78	4,43	8,19	0,16	86,52	64,95	36,58
22	Pit 7 Utara	7,42	8,63	4,54	8,23	0,16	85,04	58,45	33,65
23	Pit 10	7,65	8,79	4,36	7,97	0,10	55,40	67,50	36,72
24	Pit 10	7,95	8,84	4,15	8,23	0,15	86,66	81,70	42,56
25	Pit 10	7,56	8,77	3,69	7,50	0,11	54,40	92,59	52,67
26	Pit 10	7,56	8,79	3,22	5,50	0,10	37,36	106,63	40,86
27	Pit 7 Utara	7,03	8,77	4,36	8,23	0,17	85,62	60,19	38,55
28	Pit 7 Utara	6,76	8,63	4,65	8,25	0,17	83,06	48,32	32,56
29	Pit 7 Utara	7,67	8,70	4,33	7,97	0,16	87,01	67,94	41,85
30	Pit 10	7,70	8,72	4,45	8,00	0,11	59,03	64,47	34,67

Keterangan:

B = *Burden*T = *Stemming*

EG = Ebrahim Ghasemi

S = *Spacing*L = *Kedalaman*PF = *Powder Factor*La = *Lemparan Aktual*Gambar 9 Standar Deviasi Prediksi Lemparan *Flying rock* terhadap Lemparan Aktual

Berdasarkan gambar 9 standar deviasi terkecil terdapat pada prediksi *flying rock* teori Richard and Moore dengan tipe *Cratering*. Artinya prediksi *flying rock* tersebut paling akurat dengan besar penyimpangan 33,40 m. Rumus tersebut digunakan dalam prediksi lemparan *flying rock* dengan data awal berupa geometri percobaan sehingga hasil lemparannya diharapkan mendekati aslinya dan didapatkan rekomendasi geometri peledakan yang menghasilkan lemparan *flying rock* kurang dari 200 m.

4. Simulasi Geometri Peledakan *Air Decking*

a. Simulasi Tinggi *Stemming* dan *Air Deck*

Dikarenakan standar deviasi terkecil didapatkan oleh teori Richard and Moore tipe *Cratering*, maka teori tersebut digunakan dalam simulasi tinggi stemming dan air deck beserta aturan-aturannya. Richard and Moore mengeluarkan aturan tentang Faktor Keamanan (*Safety Factor*) yang isinya “*Safety Factor* 2 untuk alat” dan “*Safety Factor* 4 untuk manusia”. Artinya radius aman untuk alat mekanis minimal harus 2 kali dari lemparan *flying rock* terjauh, sedangkan

**PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU
TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS
(STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)**

radius aman untuk manusia minimal harus 4 kali lemparan *flying rock* terjauh. Sehingga untuk mengurangi radius aman alat dari lokasi peledakan menjadi 200 m, prediksi lemparan *flying rock* maksimum harus 100 m.

Tabel 9 Hasil Pengolahan Simulasi Geometri 1 (Air Deck -0,65 m dan T +0,65m) dan Geometri 2 (Air Deck +0,65 m dan T -0,65m)

Hari ke	Location	Explosive	AD (m)	T (m)	Geometri 1			Geometri 2		
					AD (-0,65 m)	T (+0,65 m)	Lt (m)	AD (+0,65 m)	T (-0,65 m)	Lt (m)
1	Pit 7 Utara	Emulsion	1,37	4,38	0,72	5,03	28,33	2,02	3,73	61,65
2	Pit 7 Utara	Emulsion	1,42	3,38	0,77	4,03	50,24	2,07	2,73	138,12
3	Pit 7 Utara	Emulsion	1,83	2,88	1,18	3,53	71,10	2,48	2,23	234,70
4	Pit 10	Emulsion	1,47	4,67	0,82	5,32	24,48	2,12	4,02	50,71
5	Pit 10	Emulsion	1,64	4,67	0,99	5,32	24,48	2,29	4,02	50,71
6	Pit 10	Emulsion	1,32	4,65	0,67	5,30	24,72	1,97	4,00	51,38
7	Pit 7 Utara	Emulsion	1,01	4,73	0,36	5,38	23,77	1,66	4,08	48,80
8	Pit 7 Utara	ANFO	1,87	3,77	1,22	4,42	26,75	2,52	3,12	66,17
9	Pit 7 Utara	Emulsion	1,03	3,47	0,38	4,12	47,58	1,68	2,82	127,49
10	Pit 10	Emulsion	1,39	2,45	0,74	3,10	99,67	2,04	1,80	409,66
11	Pit 7 Utara	Emulsion	1,87	2,61	1,22	3,26	87,45	2,52	1,96	328,28
12	Pit 7 Utara	ANFO	1,55	3,71	0,90	4,36	27,69	2,20	3,06	69,48
13	Pit 7 Utara	Emulsion	1,71	4,18	1,06	4,83	31,47	2,36	3,53	71,10
14	Pit 7 Utara	ANFO	1,26	3,80	0,61	4,45	26,28	1,91	3,15	64,51
15	Pit 7 Utara	Emulsion	1,65	4,12	1,00	4,77	32,51	2,30	3,47	74,35
16	Pit 7 Utara	ANFO	1,73	3,77	1,08	4,42	26,75	2,38	3,12	66,17
17	Pit 10	ANFO	1,56	4,33	0,91	4,98	19,62	2,21	3,68	43,08
18	Pit 10	ANFO	1,84	4,36	1,19	5,01	19,31	2,49	3,71	42,18
19	Pit 7 Utara	ANFO	1,16	4,70	0,51	5,35	16,28	1,81	4,05	33,58
20	Pit 7 Utara	Emulsion	1,28	4,32	0,63	4,97	29,21	1,93	3,67	64,27
21	Pit 7 Utara	Emulsion	1,37	4,43	0,72	5,08	27,60	2,02	3,78	59,52
22	Pit 7 Utara	Emulsion	1,34	4,54	0,69	5,19	26,10	1,99	3,89	55,24
23	Pit 10	ANFO	1,54	4,36	0,89	5,01	19,31	2,19	3,71	42,18
24	Pit 10	Emulsion	1,68	4,15	1,03	4,80	31,98	2,33	3,50	72,70
25	Pit 10	ANFO	1,78	3,69	1,13	4,34	28,08	2,43	3,04	70,90
26	Pit 10	ANFO	0,88	3,22	0,23	3,87	37,79	1,53	2,57	109,55
27	Pit 7 Utara	Emulsion	1,50	4,36	0,85	5,01	28,61	2,15	3,71	62,48
28	Pit 7 Utara	Emulsion	1,30	4,65	0,65	5,30	24,72	1,95	4,00	51,38
29	Pit 7 Utara	Emulsion	1,23	4,33	0,58	4,98	29,06	1,88	3,68	63,81
30	Pit 10	ANFO	1,34	4,45	0,69	5,10	18,42	1,99	3,80	39,58

Keterangan:

- AD : Tinggi *air deck* aktual
- AD (-0,65m) : Tinggi *air deck* aktual dikurangi 0,65 m
- T : Tinggi *stemming* aktual
- T (+0,65m) : Tinggi *stemming* aktual ditambah 0,65 m
- Lt : Prediksi *flying rock* yang dihasilkan

Dari simulasi perubahan tinggi stemming dan tinggi air deck yang dilakukan seperti dalam tabel 9, simulasi geometri 1 menghasilkan lemparan *flying rock* terjauh sebesar 99,67, sedangkan simulasi geometri 2 menghasilkan lemparan *flying rock* terjauh sebesar 409,66 m. Berdasarkan hasil tersebut simulasi geometri 1 dipilih sebagai rekomendasi geometri peledakan, karena jarak lemparan *flying rock* terjauh memenuhi syarat agar pengurangan radius aman untuk alat mekanis dapat dilakukan (300 m menjadi 200 m) serta pengurangan radius aman untuk manusia (500 m menjadi 400 m).

b. Simulasi Burden Awal (Burden Face)

Simulasi burden awal dilakukan dengan menggunakan rumus Richard and Moore tipe Face Burst, dikarenakan pada rumus tersebut parameter geometri peledakan yang berpengaruh terhadap prediksi lemparan *flying rock* adalah burden awal dengan mengikuti aturan-aturan Richard and Moore seperti yang disebutkan di atas (simulasi tinggi *stemming* dan *air deck*).

Tabel 10 Simulasi *Burden Awal*

Ba (m)	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4
Lt (m)	1888,5	1057,2	658,1	440,8	311,5	229,3	174,4	136,1	108,5	88,1	72,7	60,8	51,4
Ket		<i>Burden awal yang tidak diperbolehkan</i>						<i>Burden awal yang diperbolehkan</i>					
		<i>Flying rock tidak aman</i>						<i>Flying rock aman</i>					

Keterangan:

Ba : *Burden Awal*

Lt : Prediksi *flying rock* yang dihasilkan

Mengacu pada Tabel 3.10 didapatkan burden awal minimum sebesar 3,25 m dengan jarak lemparan *flying rock* yang dihasilkan sebesar 88,1 m. Jarak burden awal maksimum secara teori adalah setengah dari jarak burden, yaitu sebesar 4 m. Dengan asumsi jika burden awal lebih besar dari 4 m dikhawatirkan daya ledak tidak cukup kuat untuk membraikan batuan sehingga tidak menciptakan bidang bebas untuk baris lubang ledak selanjutnya.

5. Pengurangan Jarak Radius Aman Peledakan

a. Pengurangan Jarak Radius Aman Peledakan Alat mekanis dan Manusia

Pengurangan radius aman untuk alat mekanis dapat dikurangi dari 300 m menjadi 150 m dan untuk manusia dari 500 m menjadi 400 m dengan mengaplikasikan rekomendasi simulasi geometri 1 yang telah dibahas sebelumnya. Meskipun demikian, penempatan lokasi alat mekanis pada saat peledakan berlangsung tidak boleh berada di depan freeface atau di depan initiation point karena lokasi tersebut merupakan lokasi yang berpotensi besar untuk terlemparnya *flying rock* terjauh.

b. Skala Jarak Pembumian Bahan Peledak (*Scaled Depth of Burial*)

Skala Jarak Pembumian Bahan Peledak/*Scaled Depth of Burial* (SDoB) merupakan kajian yang menyatakan seberapa besar suatu peledakan dapat terkontrol. *Scaled Depth of Burial* (SDoB) untuk geometri aktual yang tertera pada Tabel 3.11 menghasilkan nilai dengan rata-rata 1,26 m/kg^{1/3} yang dikategorikan “*controlled energy*” yang mana menghasilkan ledakan dengan

PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS (STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)

fragmentasi yang bagus, volume batuan yang terberai maksimum, vibrasi dan *airblast* masih dapat diterima, pengangkatan batuan yang bagus dan tumpukan batuan yang menguntungkan.

Tabel 11 *Scaled Depth of Burial* Geometri Aktual

<i>Hari ke</i>	<i>Location</i>	<i>Explosive</i>	<i>W (kg)</i>	<i>T (m)</i>	<i>D (m)</i>	SDoB <i>m/kg^{1/3}</i>
1	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,38	5,38	1,29
2	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	3,38	4,38	1,05
3	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	2,88	3,88	0,93
4	Pit 10	<i>Emulsion</i>	72,31	4,67	5,67	1,36
5	Pit 10	<i>Emulsion</i>	72,31	4,67	5,67	1,36
6	Pit 10	<i>Emulsion</i>	72,31	4,65	5,65	1,36
7	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,73	5,73	1,38
8	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	53,45	3,77	4,77	1,27
9	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	3,47	4,47	1,07
10	Pit 10	<i>Emulsion</i>	72,31	2,45	3,45	0,83
11	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	2,61	3,61	0,87
12	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	53,45	3,71	4,71	1,25
13	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,18	5,18	1,24
14	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	53,45	3,80	4,80	1,27
15	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,12	5,12	1,23
16	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	53,45	3,77	4,77	1,27
17	Pit 10	<i>ANFO</i>	53,45	4,33	5,33	1,42
18	Pit 10	<i>ANFO</i>	53,45	4,36	5,36	1,42
19	Pit 7 Utara	<i>ANFO</i>	53,45	4,70	5,70	1,51
20	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,32	5,32	1,28
21	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,43	5,43	1,30
22	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,54	5,54	1,33
23	Pit 10	<i>ANFO</i>	53,45	4,36	5,36	1,42
24	Pit 10	<i>Emulsion</i>	72,31	4,15	5,15	1,24
25	Pit 10	<i>ANFO</i>	53,45	3,69	4,69	1,24
26	Pit 10	<i>ANFO</i>	53,45	3,22	4,22	1,12
27	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,36	5,36	1,29
28	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,65	5,65	1,36
29	Pit 7 Utara	<i>Emulsion</i>	72,31	4,33	5,33	1,28
30	Pit 10	<i>ANFO</i>	53,45	4,45	5,45	1,45
Rata -rata						1,26

Keterangan:

T = *Stemming*

D = Jarak dari pusat daerah pengaruh ledakan dari permukaan

W = Muatan bahan peledak yang berpengaruh terhadap *cratering* (10 x diameter lubang)

SDoB = *Scaled Depth of Burial*

Tabel 12 Scaled Depth of Burial Simulasi Geometri 1 (Air Deck – 0,65 m dan T +0,65 m) dan Geometri 2 (Air Deck +0,65 m dan T -0,65 m)

Hari ke	Explosive	W (kg)	T (m)	Geometri 1			Geometri 2		
				T (+0,65m)	D (m)	SDoB $m/kg^{1/3}$	T (-0,65m)	D (m)	SDoB $m/kg^{1/3}$
1	Emulsion	72,31	4,38	5,03	4,38	1,45	3,73	4,73	1,14
2	Emulsion	72,31	3,38	4,03	3,38	1,21	2,73	3,73	0,90
3	Emulsion	72,31	2,88	3,53	2,88	1,09	2,23	3,23	0,78
4	Emulsion	72,31	4,67	5,32	4,67	1,52	4,02	5,02	1,20
5	Emulsion	72,31	4,67	5,32	4,67	1,52	4,02	5,02	1,20
6	Emulsion	72,31	4,65	5,30	4,65	1,51	4,00	5,00	1,20
7	Emulsion	72,31	4,73	5,38	4,73	1,53	4,08	5,08	1,22
8	ANFO	53,45	3,77	4,42	3,77	1,44	3,12	4,12	1,09
9	Emulsion	72,31	3,47	4,12	3,47	1,23	2,82	3,82	0,92
10	Emulsion	72,31	2,45	3,10	2,45	0,98	1,80	2,80	0,67
11	Emulsion	72,31	2,61	3,26	2,61	1,02	1,96	2,96	0,71
12	ANFO	53,45	3,71	4,36	3,71	1,42	3,06	4,06	1,08
13	Emulsion	72,31	4,18	4,83	4,18	1,40	3,53	4,53	1,09
14	ANFO	53,45	3,80	4,45	3,80	1,45	3,15	4,15	1,10
15	Emulsion	72,31	4,12	4,77	4,12	1,38	3,47	4,47	1,07
16	ANFO	53,45	3,77	4,42	3,77	1,44	3,12	4,12	1,09
17	ANFO	53,45	4,33	4,98	4,33	1,59	3,68	4,68	1,24
18	ANFO	53,45	4,36	5,01	4,36	1,60	3,71	4,71	1,25
19	ANFO	53,45	4,70	5,35	4,70	1,69	4,05	5,05	1,34
20	Emulsion	72,31	4,32	4,97	4,32	1,43	3,67	4,67	1,12
21	Emulsion	72,31	4,43	5,08	4,43	1,46	3,78	4,78	1,15
22	Emulsion	72,31	4,54	5,19	4,54	1,49	3,89	4,89	1,17
23	ANFO	53,45	4,36	5,01	4,36	1,60	3,71	4,71	1,25
24	Emulsion	72,31	4,15	4,80	4,15	1,39	3,50	4,50	1,08
25	ANFO	53,45	3,69	4,34	3,69	1,42	3,04	4,04	1,07
26	ANFO	53,45	3,22	3,87	3,22	1,29	2,57	3,57	0,95
27	Emulsion	72,31	4,36	5,01	4,36	1,44	3,71	4,71	1,13
28	Emulsion	72,31	4,65	5,30	4,65	1,51	4,00	5,00	1,20
29	Emulsion	72,31	4,33	4,98	4,33	1,44	3,68	4,68	1,12
30	ANFO	53,45	4,45	5,10	4,45	1,62	3,80	4,80	1,27
Rata-rata						1,42			1,09

Keterangan:

T : Tinggi *Stemming* AktualT (+0,65m) : Tinggi *Stemming* Aktual ditambah 0,65 mT (-0,65m) : Tinggi *Stemming* Aktual dikurang 0,65 m

D : Jarak dari pusat daerah pengaruh ledakan dari permukaan

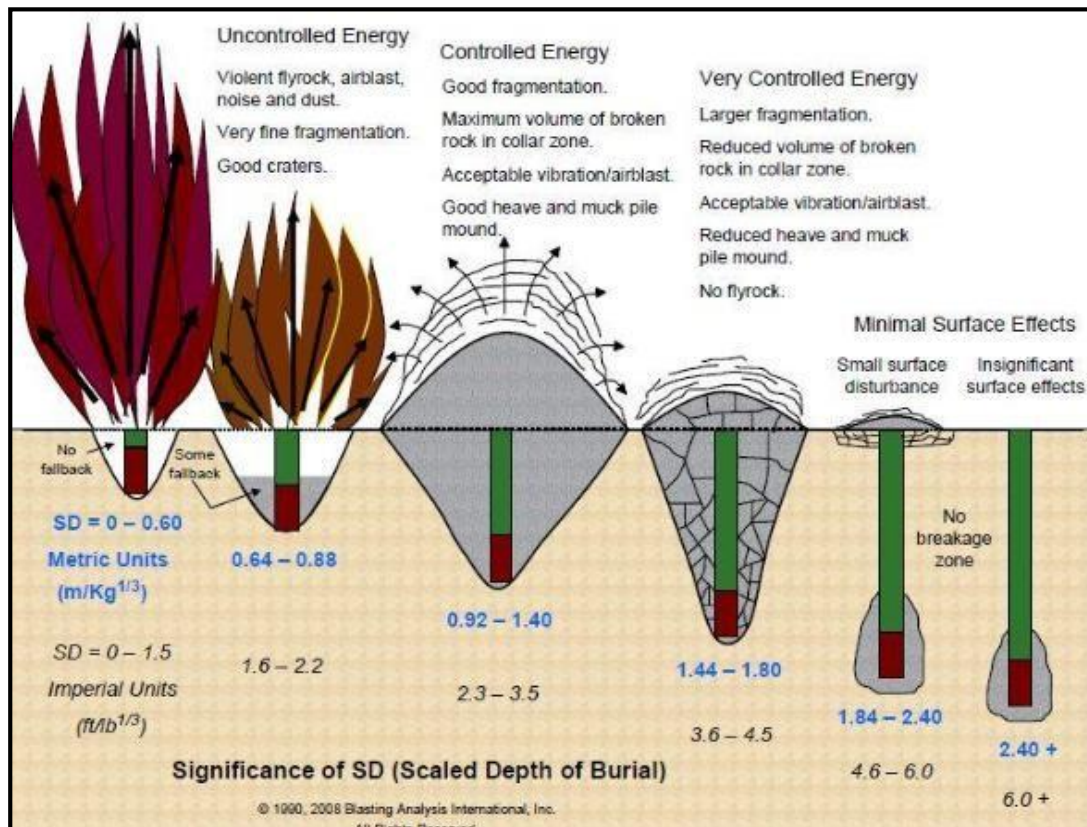
W : Muatan bahan peledak yang berpengaruh terhadap *cratering* atau sama dengan 10 x diameter lubang ledakSDoB : *Scaled Depth of Burial*

**PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU
TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS
(STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)**

Berdasarkan Table 12, SDoB untuk simulasi geometri 1 menghasilkan nilai dengan rata-rata $1,42 \text{ m/kg}^{1/3}$ yang termasuk kategori diantara “*controlled energy*” (fragmentasi bagus, volume batuan yang terberai maksimum, vibrasi dan airblast masih dapat diterima, pengangkatan batuan bagus dan tumpukan batu yang menggunung) dan “*very controlled energy*” (fragmentasi lebih besar, volume batuan yang terberai cukup, vibrasi dan airblast masih dapat diterima, pengangkatan batuan dan tumpukan batu yang menggunung yang cukup dan tidak ada *flying rock*). Sedangkan SDoB untuk geometri 2, menghasilkan nilai dengan rata-rata $1,09 \text{ m/kg}^{1/3}$ yang termasuk dalam kategori “*controlled energy*” yang mana menghasilkan ledakan dengan fragmentasi yang bagus, volume batuan yang terberai maksimum, vibrasi dan airblast masih dapat diterima, pengangkatan batuan yang bagus dan tumpukan batuan yang menggunung.

Berdasarkan analisa simulasi geometri peledakan dipilih simulasi geometri 1 sebagai geometri yang akan dijadikan rekomendasi. Dari segi SDoB simulasi geometri 1 cukup bagus karena berada pada rentang “*controlled energy*” dan “*very controlled energy*” dengan kriteria:

- fragmentasi cukup bagus,
- volume batuan yang terberai mendekati maksimum,
- vibrasi dan airblast masih dapat diterima,
- pengangkatan batuan dan tumpukan batu yang menggunung cukup bagus,
- *flying rock* sangat kecil.



Gambar 10 Makna dari skala jarak pembumian bahan peledak (Cameron K. Mc.Kenzie, (2009) dan Richard Taylor, (2010))

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya pada kegiatan penelitian di PT Alamjaya Bara Pratama, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis statistik antara geometri peledakan *air decking* terhadap lemparan aktual, didapatkan beberapa parameter geometri peledakan yang berpengaruh kuat terhadap lemparan *flying rock*, yaitu :
 - Tinggi air deck dengan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,634
 - Tinggi stemming dengan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,606
 - Jarak burden awal dengan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,605
2. Pada kondisi peledakan di lokasi penelitian, teori Richard and Moore tipe *cratering* paling akurat dalam memprediksi lemparan *flying rock* dengan nilai standar deviasi sebesar 33,40 m.
3. Rekomendasi geometri peledakan air decking yang tepat untuk memenuhi syarat dalam pengurangan radius aman alat mekanis dari 300 m menjadi 200 yaitu:
 - Jarak burden awal minimal 3,25 m dan maksimal 4 m.
 - Ketinggian stemming ditambah 0,65 m dari ketinggian stemming aktual
 - Ketinggian air deck dikurangi 0,65 m dari ketinggian *air deck* aktual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala PPSDM Geominerba yang telah mengizinkan penulis untuk menyusun publikasi ilmiah ini dan Kepala Teknik Tambang PT Alamjaya Bara Pratama atas izin pengambilan data di lokasi yang menjadi tanggungjawabnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada reviewer atas terbitnya naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R. L. 1990. "Design of Blasting Round Surface Mining". B. A. Kennedy Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploitation, Inc.
- Bhandari, S. 1997. Engineering Rock Blasting Operation. Balkema Rotterdam: Brookfield.
- Cameron K. McKenzie. 2009. "Flyrock Range & Fragment Size Prediction", ISEE.
- Chiapetta, R. F. 2004. "New Blasting Technique to Eliminate Subgrade Drilling, Improve Fragmentation, Reduce Explosive Consumption and Lower Ground Vibration".
- Ghasemi, Ibarhim. 2012. "Development of an Empirical Model for Predicting The Effects of Controllable Blasting Parameters on Flying rock Distance in Surface Mines". International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences : Brookfield
- Lubis, Herri. 2015. "Aplikasi Air Deck dalam Mengoptimalkan Blasting Performance".

**PENGARUH PENERAPAN RUANG KOSONG PADA LUBANG LEDAK TERHADAP JARAK LEMPARAN BATU
TERBANG < 150 M GUNA MEMPERKECIL JARAK EVAKUASI ALAT MEKANIS
(STUDI KASUS PELEDAKAN PADA PT ALAMJAYA BARA PRATAMA)**

- Lundborg. 1981. "The Probability of Fly Rock". Sve De Fo Report. DS 1981.
- McLaughlin, Pat. 1893. "Appplication of Air Deck in Surface Blasting". Tanzania: Case Study Barrick Gold.
- Mel'nikov, N. V., and Marchenko, L. N. 1971. "Effective Methods of Appl- ication of Explotion Energy ini Mining and Construction". New York: AIME.
- Mel'nikov, N. V., and Marchenko, L. N., Seinov, N. O., and Zarikov , I. K. 1979. "Method of Enhanced Rock Blasting by Blasting". New York: AIME.
- Moxon. N. T., and Mead D. Richardson , S. B. 1991. "Reducing Blasting Cost using Air Deck the Do's and Don'ts". Australia: Newcastle Laboratories.
- Richard, Alan B. Adrian J. Moore. 2005. Golden Pike Cut Back Flying rock Control and Calibration of a Predictive Model. Terrock Consulting Engineers: Australia.
- Rommayawes, Suttitthep. 2003. "Influence of Air Deck Length on Fragmentation in Quarry Blasting". Thailand: Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL).
- Roy, M.P., Singh, R.K. & Singh, P.K. 2003. "Causes of fly rocks and remedial measures in open-pit blasting". 64. 47-53+38.
- Taylor, Richard. 2010. "Macraes Phase III Vibration and Air Blast Assessment Orica Mining Service". New Zaeland.
- Walpole, Ronald E. 1993. "Pengantar Statistik Edisi 3". Gramedia Pustaka Tama: Jakarta.