

Analisis Arah dan Jarak Lemparan Fly Rock Akibat Kegiatan Peledakan di PT Dahana Jobsite PT Adaro Indonesia, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan

The Analysis of The Flying Rock's Direction and Distance Due to Blasting Activities at
PT Dahana Jobsite PT Adaro Indonesia, District Tabalong, South Kalimantan

¹Himmatul Aulia Putri, ²Yuliadi, ³Dwihandoyo Marmer

^{1,2}Program Studi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, ³Sekolah Tinggi Teknologi
Mineral Indonesia (STMI)

Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹himmaputri28@gmail.com, ²yuliadi_ms@yahoo.com, ³hansmarmer@yahoo.com

Abstract. In the mining activity, blasting is a method use to break material. As we know the material is hard to be mined by mechanical tools. Besides causing the destruction of rocks, the blasting activity also has an effect that consider to be harmful for the living things and the environment around the mining activity such as flying rock. Based on observations in the field, the farthest fly rock thrown by the blasting activity was <200 m. The distance of the furthest thrown at the location of North LW was 83.21 m, the location of North HW was 56.05 m, the location of HW Sump was 101.22 m, the location of Central HW was 104.15 m, the location of West LW was 68.16 m, the location of East HW was 88.04 m, the location of Central LW was 11.58 m, the location of South LW was 32.32 m, the location of West HW was 75.16 m, and the location of South HW is 93.78 m. Theoretically, in doing fly rock distance prediction by using the Richard and Moore theory, Lundborg theory, and the analysis of dimension theory by Ebrahim Ghasemi. From the calculation of fly rock distance prediction was obtained by using the Richard and Moore's theory in the face burst calculation was found standard deviation of 88.96 m, the calculation of cratering was obtained the standard deviation of 35.04 m, and from the rifling calculation with launch angle from horizontal ("0") 35° was found the standard deviation 32.92 m. By using the theory dimension analysis of Ebrahim Ghasemi was obtained standard deviation of 7.35 m. In the end, with the average value of powder factor ($q \leq 0.2 \text{ kg} / \text{m}^3$), we cannot apply the Lunborg's theory about distance prediction at Pit Paringin location PT BUMA because when the specific charge or powder factor (q), $q \leq 0.2 \text{ kg} / \text{m}^3$, so the fly rock is considered to be absent. By getting the smallest standard deviation (deviation), the fly rock distance prediction at Pit Paringin PT BUMA can be calculated using Ebrahim : $Fd = 0.993 (B^{21.292} S^{4.490} St^{-2.808} H^{0.673} D^{0.310} (PF/Q)^{7.86})$

Keywords: Distance of Fly Rocks, Theory of Richard and Moore, Theory of Ebrahim Ghasemi

Abstrak. Pada kegiatan penambangan, peledakan merupakan salah satu metode yang digunakan untuk membongkar material, dimana material memiliki sifat sukar digali oleh alat-alat mekanis. Dari kegiatan peledakan ini selain mengakibatkan hancurnya batuan juga menimbulkan efek peledakan yang dianggap mempunyai resiko cukup tinggi yang dapat mengancam keselamatan serta dapat mengganggu lingkungan sekitar, salah satunya adalah efek lemparan dari batu terbang. Berdasarkan pengamatan di lapangan jarak lemparan fly rock terjauh yang dihasilkan dari kegiatan peledakan yaitu < 200 m. Jarak lemparan terjauh pada lokasi LW Utara adalah 83.21 m, lokasi HW Utara adalah 56.05 m, lokasi HW Sump adalah 101.22 m, lokasi HW Tengah adalah 104.15 m, lokasi LW Barat adalah 68.16 m, lokasi HW Timur adalah 88.04 m, lokasi LW Tengah adalah 11.58 m, lokasi LW Selatan adalah 32.32 m, lokasi HW Barat adalah 75.16 m, lokasi HW Selatan adalah 93.78 m. Secara teoritis dalam melakukan prediksi lemparan fly rock yaitu berdasarkan teori Richard and Moore, teori Lundborg, dan analisis dimensi teori Ebrahim Ghasemi. Dari hasil perhitungan prediksi lemparan fly rock didapatkan berdasarkan teori Richard and Moore pada perhitungan face burst didapatkan standar deviasi sebesar 88.96 m, perhitungan cratering didapatkan standar deviasi sebesar 35.04 m, dan perhitungan rifling dengan launch angle from horizontal ("0") 35° didapatkan standar deviasi 32.92 m. Berdasarkan analisis dimensi teori Ebrahim Ghasemi didapatkan standar deviasi sebesar 7.35 m. Dengan rata-rata nilai powder factor ($q \leq 0.2 \text{ kg}/\text{m}^3$) maka untuk teori Lunborg pada lokasi Pit Paringin PT BUMA tidak dapat dilakukan prediksi lemparan karena ketika specific charge atau powder factor (q), $q \leq 0.2 \text{ kg}/\text{m}^3$, maka lemparan fly rock dianggap tidak ada. Dengan didapatkannya standar deviasi (penyimpangan) paling kecil, maka penentuan prediksi jarak lemparan fly rock di Pit Paringin PT BUMA dapat digunakan perhitungan menggunakan teori Ebrahim Ghasemi dengan persamaan : $Fd = 0.993 (B^{21.292} S^{4.490} St^{-2.808} H^{0.673} D^{0.310} (PF/Q)^{7.86})$

Kata Kunci: Jarak Lemparan Fly Rock, Teori Richard dan Moore, Teori Ebrahim Ghasemi

A. Pendahuluan

Kegiatan pertambangan merupakan salah satu kegiatan yang mempunyai dampak resiko yang tinggi. Resiko tersebut diantaranya adalah yang berkaitan dengan keselamatan para pekerja tambang maupun keselamatan lingkungan sekitar.

Dalam pengambilan bahan galian, jika tidak dimungkinkan menggunakan alat-alat mekanis, maka solusi untuk mengambilnya adalah diberaikan dengan kegiatan peledakan. Kegiatan peledakan selain mengakibatkan hancurnya batuan juga menimbulkan efek peledakan yang dianggap mempunyai resiko cukup tinggi yang dapat mengancam keselamatan serta dapat mengganggu lingkungan sekitar. Salah satunya efek dari lemparan *fly rock*, dimana dapat menyebabkan kematian pada pekerja disekitar lokasi peledakan dan kerusakan pada alat mekanis apabila terkena *fly rock*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: "Parameter apa saja yang mempengaruhi jarak lemparan *fly rock*?". Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Menganalisa penyebab terjadinya *fly rock* menggunakan analisis regresi antara lemparan aktual *fly rock* dengan *burden*, *spasi*, *burden face*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, isian bahan peledak, dan *powder factor*.
2. Menganalisa arah dan jarak lemparan *fly rock*.
3. Menganalisis hasil perhitungan prediksi lemparan *fly rock*.
4. Menentukan nilai besaran dari *scaled depth of burial*.

B. Landasan Teori

Analisis Regresi

Dilakukan untuk mengetahui seberapa besar hubungan korelasi dari parameter geometri peledakan terhadap jarak lemparan *fly rock* dengan menggunakan analisis regresi linear

Perhitungan Prediksi Jarak Lemparan Fly Rock

Perhitungan jarak lemparan *fly rock* di Pit Paringin PT BUMA dilakukan secara teoritis dan aktual dengan berorientasi pada jarak *burden*, *spasi*, *burden face*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, isian bahan peledak, dan *powder factor*. Untuk perhitungan secara teoritis menggunakan metode empirik dan analisis dimensi. Metode empiric berdasarkan teori Richard dan Moore (2005), dan Lundborg (1981). Sedangkan untuk metode analisis dimensi didasarkan oleh teori Ebrahim Ghasemi (2012).

Menurut pengujian yang telah dilakukan Richard dan Moore (2005), ada 3 faktor utama yang mempengaruhi terjadinya *fly rock* pada kegiatan peledakan, yaitu:

1. *Face Burst*, terjadi pada kondisi area peledakan memiliki jenjang yang mana jarak *burden* pada baris depan peledakan terlalu dekat dengan *free face*. Sehingga pada kondisi ini *burden face* akan mengontrol jarak lemparan *fly rock* kedepan muka jenjang.

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

L = Jarak maksimal *fly rock* (m), k = Konstanta, m = jumlah isian bahan peledak dalam setiap peledakan (per *delay*) (kg), g = Percepatan gravitasi (9.8 m/s²), B = *Burden* awal (m).

2. *Createring*, terjadi saat tinggi *stemming* terlalu pendek maka *fly rock* dapat terlempar ke segala arah dari lubang ledak yang di inisiasi.

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

L = Jarak maksimal *fly rock* (m), k = Konstanta, m = jumlah isian bahan peledak dalam setiap peledakan (per *delay*) (kg), g = Percepatan gravitasi (9.8 m/s²), SH = Tinggi *stemming* (m).

3. *Rifling*, terjadi saat *stemming* sudah sesuai untuk mencegah *fly rock* secara *createring* namun material *stemming* yang digunakan kurang baik, dan biasanya akan terjadi disertai dengan *noise* (bunyi) ledakan yang tinggi.

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

L = Jarak maksimal *fly rock* (m), k = Konstanta, m = jumlah isian bahan peledak dalam setiap peledakan (per *delay*) (kg), g = Percepatan gravitasi (9.8 m/s²), SH = Tinggi *stemming* (m), θ = *launch angle from horizontal*

Dengan mengetahui jarak lemparan maksimal aktual dan menggunakan persamaan (1), maka didapatkan persamaan k sebagai berikut :

$$K = \sqrt{\frac{L \times g}{\left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2,6}}} \dots\dots\dots (4)$$

Menurut Ebrahim Ghasemi (2012), persamaan yang digunakan untuk memprediksi jarak *fly rock* dengan menggunakan metode analisis dimensi berdasarkan dari jarak lemparan *fly rock* aktual, *burden* (m), *spasi* (m), *stemming* (m), kedalaman lubang ledak (m), diameter lubang ledak (m), isian bahan peledak per *delay* (kg), dan *powder factor* (kg/m³).

$$Fd = 0.993 (B^{21.993} S^{4.490} St^{-2.808} H^{0.673} D^{0.310} (PF/Q)^{7.86})$$

Fd = *Fly rock distance* (m), B = Rata-rata *burden* (m), S = Rata-rata *spasi* (m), St = Tinggi *stemming* minimum (m), H = Rata-rata kedalaman lubang ledak (m), D = Diameter lubang ledak (m), PF = Powder factor (kg/m³), Q = Rata-rata isian lubang ledak (kg).

Standar Deviasi

Penyimpangan adalah suatu parameter untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan data dengan nilai rata-rata hitungannya. Standar deviasi merupakan salah satu cara untuk mengukur tingkat penyimpangan dari suatu nilai variabel.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - y)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (6)$$

S = Standar deviasi, x = hasil perhitungan prediksi jarak lemparan *fly rock* (m), y = data aktual jarak lemparan *fly rock* (m), n = banyaknya data

Scaled Depth of Burial (Skala Pengisian)

Dilakukan perhitungan ini untuk mengetahui bagaimana hasil ledakan yang akan dihasilkan dari kegiatan peledakan, dimana dapat dituliskan dengan persamaan berikut

$$SD = \frac{(St + (0.5 \times PC (m)))}{(isian handak (kg/m) \times PC (m))^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots (7)$$

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengambilan Data dan Pengamatan *Fly Rock*

1. Pengukuran *burden*, *spasi*, dan *burden face* (*burden awal*)
2. Pengambilan data kedalaman lubang ledak, diameter lubang ledak, dan report isian bahan peledak (kg)

3. Pengeplotan koordinat boundary area lokasi peledakan
4. Pemasangan patok
5. Pengamatan Fly Rock



Sumber: Data Dokumentasi Kegiatan Tugas Akhir, 2016

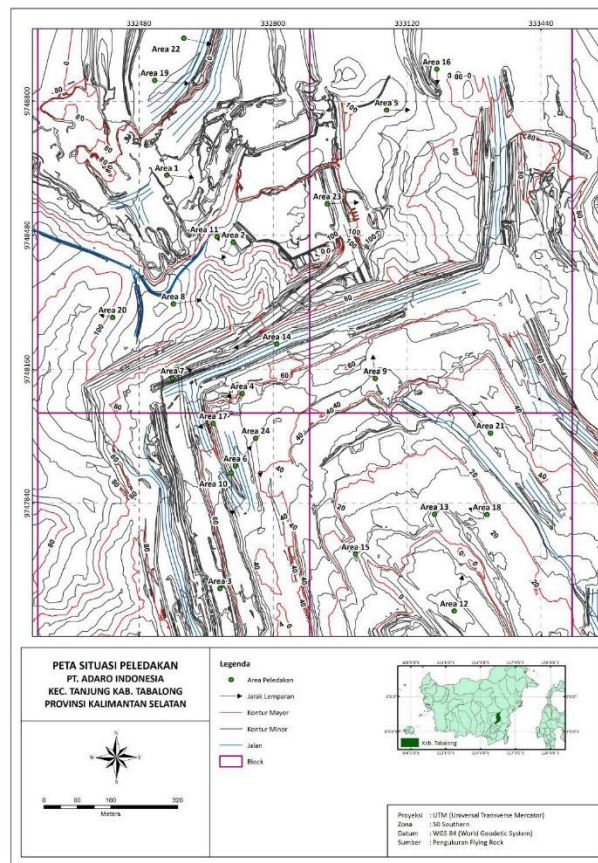
Gambar 3. Foto Pengamatan *Fly Rock*

6. Pengambilan koordinat *fly rock*
Adapun data yang didapatkan dari data sekunder dan pengukuran yaitu :

Tabel 1. Hasil Pengambilan dan Pengukuran Data Geometri Peledakan

Lokasi	Tgl	Tempat	Single Deck / Single Air Deck Detonator Nonel / Elektronik	Jmlh lubang	Jarak lemparan aktual fly rock (m)	B (m)	S (m)	H (m)	D (inchi)	Burden Face (m)	Isian bahan peledak (kg)
1	10-Oct	LW Utara	SD, Det Elektronik	139	64.82	7.98	9.51	5.3	6.75	1.86	50.863
2	11-Oct	HW Utara	SAD, Det Nonel	36	50.07	9.29	10.01	6.9	7.875	2.9	70.556
3	12-Oct	HW Sump	SD, Det Nonel	93	11.47	9.47	10.11	8.1	7.875	0	111.237
4	13-Oct	HW Tengah	SAD, Det Elektronik	61	38.67	9.74	10.46	7.9	7.875	4.02	79.836
5	15-Oct	HW Utara	SAD, Det Nonel	64	56.05	8.96	10.1	6.7	7.875	0	67.266
6	23-Oct	HW Sump	SAD, Det Nonel	97	62.24	9.14	9.45	7.2	7.875	1.83	85.67
7	24-Oct	LW Barat	SD, Det Elektronik	60	53.24	9.65	10	7.4	6.75	2.6	87.333
8	25-Oct	LW Barat	SD, Det Elektronik	120	68.16	7.28	9.73	4.7	6.994	1.66	45.375
9	26-Oct	HW Timur	SD, Det Nonel	62	57.23	7.28	8.04	4.9	7.875	0	49.516
10	27-Oct	HW Sump	SAD, Det Nonel	55	101.22	6.75	7.25	5.1	7.875	0	55
11	28-Oct	LW Tengah	SD, Det Elektronik	90	11.58	8.13	9.19	6.5	7.875	4.02	67.278
12	29-Oct	HW Timur	SAD, Det Nonel	42	88.04	7.34	9.58	5.2	7.875	0	56.19
13	6-Nov	HW Timur	SAD, Det Nonel	52	10.78	9.34	10.52	7.6	7.875	4.99	76.154
14	7-Nov	HW Tengah	SAD, Det Nonel	27	104.15	6.47	8.21	4.6	7.875	0	50
15	8-Nov	HW Tengah	SAD, Det Nonel	70	25.99	10	11.86	8	7.875	4.06	92.857
16	10-Nov	HW Utara	SAD, Det Nonel	66	37.12	9.95	10.5	7.8	7.875	4.07	87.576
17	11-Nov	HW Sump	SAD, Det Nonel	24	37.4	7.28	9.81	5.9	6.75	0	66.667
18	12-Nov	HW Timur	SAD, Det Nonel	90	47.76	9.63	10.72	7.4	7.875	3	79.833
19	20-Nov	LW Utara	SD, Det Elektronik	29	83.21	7.02	7.94	4.7	6.828	0	47.586
20	21-Nov	LW Selatan	SD, Det Nonel	35	32.32	8.35	10.3	5.9	7.296	4.72	60.857
21	23-Nov	HW Timur	SAD, Det Nonel	70	68.32	8.77	9.54	6.4	7.875	2.32	68.429
22	24-Nov	LW Utara	SD, Det Elektronik	45	67.77	6.96	9.02	4.7	7.05	2.19	58.444
23	25-Nov	HW Barat	SAD, Det Nonel	81	75.16	8.14	8.23	6.4	6.75	2.41	63.642
24	26-Nov	HW Selatan	SAD, Det Nonel	89	93.78	6.94	8.4	5	7.875	1.66	53.202

Sumber: Data Pengamatan Kegiatan Tugas Akhir, 2016



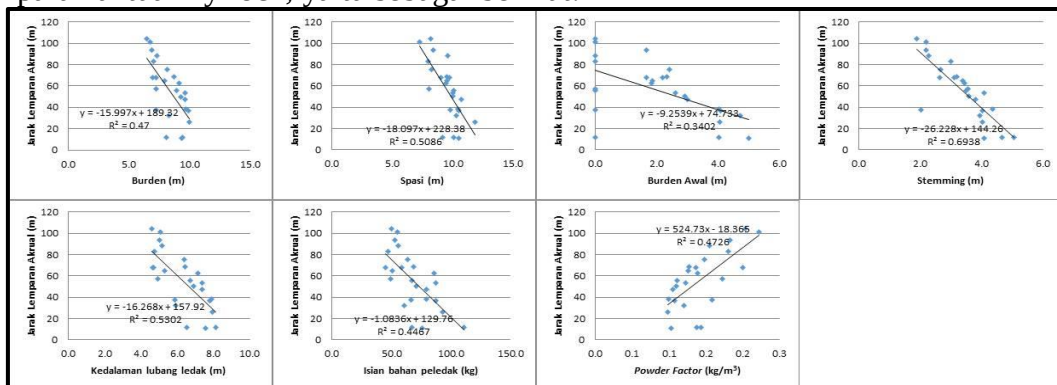
Gambar 4. Peta Situasi Peledakan

Arah Lemparan *Fly Rock*

Arah lemparan fly rock dari kegiatan peledakan dipengaruhi dari desain pola peledakan. Desain pola peledakan yang dimaksudkan yaitu penempatan IP (initiation point) yang tepat, dimana sebagian besar prediksi arah lemparan fly rock akan menuju kearah IP. Dengan penempatan IP yang tepat maka dapat di desain sedemikian rupa agar arah lemparan fly rock tidak mengganggu aktivitas setelah kegiatan peledakan, seperti tidak meletakkan IP ke arah jalan hauling.

Analisis Regresi Parameter Geometri Peledakan Terhadap Jarak Lemparan

Analisis dilakukan pada setiap parameter geometri peledakan terhadap jarak lemparan aktual fly rock, yaitu sebagai berikut:



Gambar 5. Hasil Analisis Regresi

Tabel 2. Hasil Hubungan Korelasi Terhadap Geometri Peledakan

Parameter	Hubungan Korelasi
<i>Burden</i>	Kuat, 47 %
<i>Spasi</i>	Kuat, 50.86 %
<i>Burden Face (Burden Awal)</i>	Sedang, 34.02 %
<i>Stemming</i>	Kuat, 69.38%
Kedalaman Lubang Ledak	Kuat, 53.02 %
Isian Bahan Peledak	Kuat, 55.33 %
<i>Powder Factor (PF)</i>	Kuat, 52.74 %

Sumber: Hasil Pengolahan Data Kegiatan Tugas Akhir, 2016

Jarak Lemparan *Fly Rock*

Berikut data-data yang diperlukan dalam perhitungan prediksi jarak lemparan *fly rock* dan contoh perhitungannya:

1. Teori Richard dan Moore

$$\text{Face Burst: } L_{\max} = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{B} \right)^{2.6} = \frac{6.8^2}{9.8} \left(\frac{\sqrt{70.56}}{9.3} \right)^{2.6} = 74.82 \text{ m}$$

$$\text{Createring: } L_{\max} = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2.6} = \frac{6.8^2}{9.8} \left(\frac{\sqrt{70.56}}{3.6} \right)^{2.6} = 43.19 \text{ m}$$

$$\text{Rifling: } L_{\max} = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2.6} \sin 2\theta = \frac{6.8^2}{9.8} \left(\frac{\sqrt{70.56}}{3.6} \right)^{2.6} \sin 2(35)^0 = 40.58 \text{ m}$$

Tabel 3. Data-data Perhitungan Prediksi Jarak Lemparan *Fly Rock* Richard dan Moore

No	Tanggal	Tempat	Jarak lemparan Aktual	Burden (m)	Spasi (m)	St (m)	Diameter (inci)	Diameter (m)	H (m)	PF (kg/m ³)	Q rata-rata / lubang	n lubang yg meledak bersamaan	charge mass per delay (kg)	Burden Face (m)	k
1	10-Oct	LW Utara	64.82	7.982	9.513	3.4	6.750	0.171	5.314	0.126	50.86	1	50.86	1.86	9.61
2	11-Oct	HW Utara	50.07	9.291	10.006	3.6	7.875	0.200	6.886	0.110	70.56	1	70.56	2.90	7.32
3	12-Oct	HW Sump	11.47	9.473	10.113	5.0	7.875	0.200	8.118	0.143	111.24	1	111.24	0.00	4.06
4	13-Oct	HW Tengah	38.67	9.742	10.455	4.4	7.875	0.200	7.918	0.099	79.84	1	79.84	4.02	7.65
5	15-Oct	HW Utara	56.05	8.963	10.096	3.5	7.875	0.200	6.716	0.111	67.27	1	67.27	0.00	7.76
6	23-Oct	HW Sump	62.24	9.140	9.453	3.4	7.875	0.200	7.155	0.139	85.67	1	85.67	1.83	6.80
7	24-Oct	LW Barat	53.24	9.653	9.998	4.1	6.750	0.171	7.358	0.123	87.33	1	87.33	2.60	7.75
8	25-Oct	LW Barat	68.16	7.280	9.730	3.1	6.994	0.178	4.707	0.136	45.38	1	45.38	1.66	9.48
9	26-Oct	HW Timur	57.23	7.283	8.040	3.5	7.875	0.200	4.919	0.172	49.52	1	49.52	0.00	9.72
10	27-Oct	HW Sump	101.22	6.745	7.250	2.2	7.875	0.200	5.053	0.223	55.00	1	55.00	0.00	6.41
11	28-Oct	LW Tengah	11.58	8.125	9.188	4.7	7.875	0.200	6.528	0.138	67.28	1	67.28	4.02	5.12
12	29-Oct	HW Timur	88.04	7.341	9.576	2.3	7.875	0.200	5.176	0.154	56.19	1	56.19	0.00	6.22
13	6-Nov	HW Timur	10.78	9.338	10.522	4.1	7.875	0.200	7.550	0.103	76.15	1	76.15	4.99	3.84
14	7-Nov	HW Tengah	104.15	6.474	8.208	1.9	7.875	0.200	4.622	0.204	50.00	1	50.00	0.00	5.74
15	8-Nov	HW Tengah	25.99	10.000	11.860	4.0	7.875	0.200	7.953	0.098	92.86	1	92.86	4.06	5.14
16	10-Nov	HW Utara	37.12	9.947	10.500	4.0	7.875	0.200	7.812	0.107	87.58	1	87.58	4.07	6.39
17	11-Nov	HW Sump	37.4	7.280	9.810	2.0	6.750	0.171	5.896	0.158	66.67	1	66.67	0.00	3.14
18	12-Nov	HW Timur	47.76	9.630	10.720	3.8	7.875	0.200	7.356	0.105	79.83	1	79.83	3.00	7.11
19	20-Nov	LW Utara	83.21	7.017	7.942	3.0	6.828	0.173	4.745	0.180	47.59	1	47.59	0.00	9.64
20	21-Nov	LW Selatan	32.32	8.347	10.300	3.9	7.296	0.185	5.900	0.120	60.86	1	60.86	4.72	7.32
21	23-Nov	HW Timur	68.32	8.765	9.538	3.2	7.875	0.200	6.449	0.127	68.43	1	68.43	2.32	7.54
22	24-Nov	LW Utara	67.77	6.957	9.022	2.6	7.050	0.179	4.667	0.200	58.44	1	58.44	2.19	6.49
23	25-Nov	HW Barat	75.16	8.142	8.229	2.7	6.750	0.171	6.414	0.148	63.64	1	63.64	2.41	6.53
24	26-Nov	HW Selatan	93.78	6.935	8.397	2.2	7.875	0.200	5.004	0.183	53.20	1	53.20	1.66	6.31
RATA-RATA															6.80

Sumber: Hasil Pengolahan Data Kegiatan Tugas Akhir, 2016

2. Teori Ebrahim Ghasemi

Pada perhitungan jarak lemparan *fly rock* teori Ebrahim Ghasemi didapatkan persamaan dari hasil analisis dimensi dari jarak lemparan *fly rock* aktual, *burden*, *spasi*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, diameter lubang ledak, isian bahan peledak per delay, dan *powder factor* yaitu :

$$F_d = 0.993 (B^{21.993} S^{4.490} St^{-2.808} H^{0.673} D^{0.310} (PF/Q)^{7.86})$$

Contoh perhitungan pada lokasi 1:

$$F_d = 0.993 ((7.982)^{21.993} (9.3)^{4.490} (3.4)^{-2.808} (5.314)^{0.673} (0.171)^{0.310} (0.002)^{7.86})$$

$$= 68.26 \text{ m}$$

Tabel 4. Pehitungan Prediksi Jarak Lemparan *Fly Rock*

Lokasi	Tempat	Jarak Lemparan Aktual <i>Fly Rock</i> (m)	Perkiraan Jarak Lemparan Teoritis (m)			
			Richard and Moore			Ebrahim Ghasemi
			<i>Face Burst</i>	<i>Createrin g</i>	<i>Rifling</i> sin 2 (35)	
1	LW Utara	64.82	155.89	32.41	30.46	68.26
2	HW Utara	50.07	74.82	43.19	40.58	68.76
3	HW Sump	11.47	0	32.16	30.22	10.13
4	HW Tengah	38.67	37.61	30.48	28.64	23.72
5	HW Utara	56.05	0	43.02	40.43	52.55
6	HW Sump	62.24	318.78	62.11	58.37	57.26
7	LW Barat	53.24	130.65	40.98	38.51	47.8
8	LW Barat	68.16	178.77	35.03	32.92	62.81
9	HW Timur	57.23	0	27.94	26.26	62.88
10	HW Sump	101.22	0	113.68	106.82	102.93
11	LW Tengah	11.58	30.19	20.44	19.2	10.59
12	HW Timur	88.04	0	105.16	98.82	94.37
13	HW Timur	10.78	20.12	33.77	31.73	22.11
14	HW Tengah	104.15	0	145.98	137.18	110.81
15	HW Tengah	25.99	44.58	45.39	42.66	26.57
16	HW Utara	37.12	41.12	41.92	39.39	42.21
17	HW Sump	37.4	0	174.9	164.36	39.63
18	HW Timur	47.76	80.45	43.65	41.02	46.74
19	LW Utara	83.21	0	41.34	38.85	79.5
20	LW Selatan	32.32	17.41	27.88	26.2	33.67
21	HW Timur	68.32	128.01	55.49	52.14	81.03
22	LW Utara	67.77	122.18	74.22	69.74	73.97
23	HW Barat	75.16	105.59	81.49	76.58	82.23
24	HW Selatan	93.78	221.11	108.67	102.12	97.47

Sumber: Hasil Pengolahan Data Kegiatan Tugas Akhir, 2016

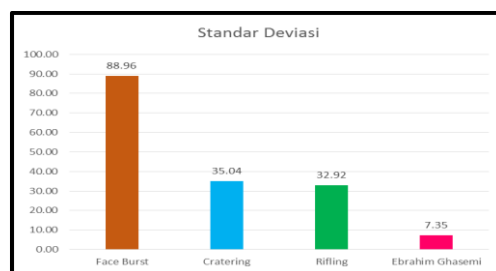
Standar Deviasi

Dengan melakukan perhitungan standar deviasi akan menunjukkan besar penyimpangan jarak lemparan aktual *fly rock* terhadap prediksi jarak lemparan *fly rock* secara teoritis, dengan x adalah hasil perhitungan prediksi jarak lemparan *fly rock* dan y adalah data aktual jarak lemparan *fly rock*.

Tabel 4. Pehitungan Prediksi Jarak Lemparan *Fly Rock*

Teori		$\sum(x-y)^2$	S
Richard dan Moore	<i>Face Burst</i>	118699.2	88.96 m
	<i>Createrin g</i>	28238.1	35.04 m
	<i>Rifling</i>	24924.9	32.92 m
Ebrahim Ghasemi		1241.6	7.35 m

Sumber: Hasil Pengolahan Data Kegiatan Tugas Akhir, 2016



Gambar 6. Grafik Standar Deviasi Prediksi Lemparan dengan Lemparan Aktual

Scaled Depth of Burial (Skala Pengisian)

Didasarkan pada teori Livingston (1956) mengenai skala pengisian (*scaled depth of burial*) yang kemudian dikembangkan oleh Richard Taylor (2010), dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\bullet \text{ Lokasi 1 : } SD = \frac{(St + (0.5 \times PC \text{ (m)}))}{((\text{Isian handak (kg/m)} \times PC \text{ (m)}))^{\frac{1}{3}}} = \frac{3.397 + (0.5 \times 1.917)}{(26.54 \times 1.917)^{\frac{1}{3}}} = 1.175 \text{ m/kg}^{\frac{1}{3}}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Skala Pengisian

Tgl	Depth of hole (m)	Stemming (m)	Blast hole diameter (m)	Explosive mass per m of blast hole (kg/m)	Panjang sys deck (m)	Charge length (m)	Richard and Taylor		
							W $\frac{1}{2}$	Distance from surface to center crater charge (m)	SD
10-Oct	5.314	3.397	0.171	26.54		1.917	3.705	4.355	1.175
11-Oct	6.886	3.583	0.2	36.12	1.35	1.953	4.132	4.559	1.103
12-Oct	8.118	5.039	0.2	36.12		3.08	4.809	6.578	1.368
13-Oct	7.918	4.358	0.2	36.12	1.35	2.21	4.306	5.463	1.269
15-Oct	6.716	3.503	0.2	36.12	1.35	1.862	4.067	4.434	1.09
23-Oct	7.155	3.433	0.2	36.12	1.35	2.372	4.408	4.619	1.048
24-Oct	7.358	4.067	0.171	26.54		3.291	4.437	5.713	1.288
25-Oct	4.707	3.114	0.178	28.49		1.593	3.567	3.91	1.096
26-Oct	4.919	3.548	0.2	36.12		1.371	3.672	4.234	1.153
27-Oct	5.053	2.18	0.2	36.12	1.35	1.523	3.803	2.941	0.773
28-Oct	6.528	4.665	0.2	36.12		1.863	4.067	5.596	1.376
29-Oct	5.176	2.27	0.2	36.12	1.35	1.556	3.83	3.048	0.796
6-Nov	7.55	4.092	0.2	36.12	1.35	2.108	4.239	5.146	1.214
7-Nov	4.622	1.888	0.2	36.12	1.35	1.384	3.684	2.58	0.7
8-Nov	7.953	4.032	0.2	36.12	1.35	2.571	4.528	5.317	1.174
10-Nov	7.812	4.037	0.2	36.12	1.35	2.425	4.441	5.25	1.182
11-Nov	5.896	2.034	0.171	26.54	1.35	2.512	4.055	3.29	0.811
12-Nov	7.356	3.795	0.2	36.12	1.35	2.21	4.306	4.9	1.138
20-Nov	4.745	2.992	0.173	27.15		1.753	3.624	3.868	1.068
21-Nov	5.9	3.937	0.185	31.01		1.963	3.933	4.919	1.25
23-Nov	6.449	3.204	0.2	36.12	1.35	1.895	4.09	4.151	1.015
24-Nov	4.667	2.648	0.179	28.95		2.019	3.881	3.657	0.942
25-Nov	6.414	2.665	0.171	26.54	1.35	2.398	3.993	3.864	0.968
26-Nov	5.004	2.182	0.2	36.12	1.35	1.473	3.761	2.918	0.776

Sumber: Hasil Pengolahan Data Kegiatan Tugas Akhir, 2016

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil perhitungan rata-rata yaitu $1.074 \text{ m/kg}^{\frac{1}{3}}$ dengan *range* skala $0.7 - 1.376 \text{ m/kg}^{\frac{1}{3}}$ termasuk kedalam *controlled energy*, yang mana menghasilkan ledakan dengan jarak lemparan *fly rock* yang pendek, *noise* yang kecil, fragmentasi yang bagus, *air blast* yang sedang, dan pengangkatan material yang maksimum.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa regresi antara parameter geometri peledakan terhadap jarak lemparan terjauh *fly rock* bahwa *stemming* memiliki hubungan korelasi kuat dengan nilai $R^2 = 0.6938$. Nilai R^2 ini menunjukkan bahwa variasi dalam variabel terikat (*stemming*) dapat dijelaskan oleh variabel bebas (jarak lemparan aktual) yaitu sebesar 69.38 %
2. Penerapan pola peledakan, penempatan *initiation point* (inisiasi awal), penggunaan waktu tunda yang tepat akan berpengaruh terhadap arah lemparan dari *fly rock*. Selain itu adanya bidang bebas juga akan mempengaruhi arah lemparan *fly rock* akan terlempar. Sedangkan jarak lemparan terjauh dari *fly rock* dapat disebabkan karena terlalu pendek jarak burden awal, dan terlalu pendeknya isian *stemming*.
3. Dari hasil perhitungan prediksi lemparan *fly rock*, pada lokasi Pit Paringin PT BUMA untuk penentuan prediksi lemparan *fly rock* digunakan persamaan Ebrahim Ghasemi. Hal tersebut karena hasil perhitungan menurut teori Ebrahim Ghasemi mendekati data aktual lemparan *fly rock*, dimana memiliki standar deviasi (penyimpangan) terkecil yaitu 7.35 m. Semakin kecil penyimpangan yang

didapatkan maka data sampel (prediksi) semakin mendekati dengan data lemparan aktual *fly rock*.

4. Besaran nilai yang didapatkan dari perhitungan *scaled depth of burial* kondisi *stemming* aktual didapatkan rata-rata sebesar $1.074 \text{ m/kg}^{1/3}$ dengan *range* skala $0.7 - 1.376 \text{ m/kg}^{1/3}$. Dari rata-rata tersebut menurut teori yang dikembangkan Richard Taylor dari teori Livingston termasuk kedalam kondisi peledakan *controlled energy*

E. Saran

1. Perlu dilakukan kajian penggunaan air decking pada detonator elektronik dimana penggunaan air decking dapat mengontrol banyaknya isian bahan peledak yang akan digunakan dan dengan penggunaan detonator elektronik dengan keakuratan waktu tunda $\pm 0.01\%$ sehingga dapat mengontrol arah dan jarak dari lemparan *fly rock*.
2. Dari hasil hubungan korelasi *stemming* dengan jarak lemparan aktual *fly rock* menunjukkan hubungan korelasi yang kuat yaitu 69.38%, sehingga penggunaan *stemming* akan berpengaruh terhadap jarak lemparan, untuk itu *stemming* di desain agar jangan terlalu pendek dari isian bahan peledak, karena dapat menyebabkan lemparan *fly rock* terlempar jauh, seperti pada lokasi 14, dimana *stemming* pada lokasi tersebut yaitu 1.89 di dapatkan jarak lemparan *fly rock* 104.15 m.

Daftar Pustaka

- Abdurrahman, Havis. 2015. Analisis Fly Rock Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Peledakan Overburden Penambangan Batubara. Yogyakarta. Universitas UPN Veteran Yogyakarta.
- Ghasemi, Ibrahim. 2012. Development of an Empirical Model for Predicting The Effects of Controllable Blasting Parameters on Fly Rock Distance in Surface Mines. *Internasional Jurnal of Rock Mechanic and Mining Sciences*, 163-170.
- Lundborg. 1981. "The Probability of Fly Rock", Sve De Fo Report, DS 1981.
- Marmer, Dwihandoyo. 2015. Diktat Juru Ledak Kelas I : Dampak Peledakan. Bandung.
- Richard, Alan B., Adrian J. Moore. 2005. Golden Pike Cut Back Fly Rock Control and Calibration of a Predictive Model. Terrock Consulting Engineers. Australia.
- Taylor, Richard. 2010. "Macraes Phase III Vibration and Air Blast Assessment Orica Mining Services". New Zealand.
- Yuliadi. 2014. Materi Kuliah Teknik Peledakan. Bandung. Universitas Islam Bandung.