

Kajian powder factor peledakan terhadap fragmentasi hasil peledakan pada pit Aster PT Madhani Talatah Nusantara

Evaluation of explosion powder factor on blasting fragmentation at pit Aster PT Madhani Talatah Nusantara

Risky Amrullah, Eko Santoso, Satrio Ramadhan, Sari Melati*

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

e-mail: *sari@ulm.ac.id

ABSTRAK

Powder Factor (PF) adalah salah satu faktor yang sangat diperhatikan dalam suatu kegiatan peledakan. *Powder Factor (PF)* adalah perbandingan antara jumlah bahan peledak yang digunakan terhadap volume batuan yang akan diledakkan. Pada kegiatan peledakan nilai *powder factor* ini dijadikan suatu acuan dalam menilai keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan. Dari nilai *powder factor* ini, akan mempengaruhi beberapa faktor diantaranya fragmentasi batuan hasil peledakan dan *digging time* alat gali muat.

Metode analisis fragmentasi batuan hasil peledakan yang digunakan adalah dengan menggunakan *software split desktop 2.0* untuk mengetahui nilai persentase fragmentasi aktual peledakan. Peledakan *overburden* pada PT Madhani Talatah Nusantara menetapkan standar nilai *powder factor* yakni 0,17 – 0,24 Kg/m³ dan persentase fragmentasi ukuran *boulder* ≥ 117 cm yang ditargetkan tidak lebih dari 15%.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 7 hari peledakan, didapatkan nilai *powder factor* berada pada 0,21 – 0,24 Kg/m³. Kemudian fragmentasi aktual *boulder* ≥ 117 cm didapatkan persentase rata-rata sebesar 0.1% dan sudah memenuhi standar perusahaan. Ditinjau dari fragmentasi batuan aktual setelah dilakukan uji coba peledakan dengan nilai PF 0,21 sampai 0,24 didapatkan nilai *powder factor* yang paling optimal adalah 0,21 Kg/m³.

Kata-kata Kunci: Fragmentasi, Peledakan, *Powder Factor*

ABSTRACT

Powder Factor (PF) is one of factors that is highly considered in blasting activities. *Powder Factor (PF)* is the ratio between amount of explosives used and volume of rock to be blasted. In blasting operations, *Powder Factor* value serves as a benchmark for assessing the success of a blasting operation. This value influences several factors, including fragmentation of the blasted rock and digging time of excavation equipment.

The method used to analyze rock fragmentation resulting from blasting is to use *Split Desktop 2.0* software to determine actual percentage of fragmentation from blasting. Blasting of *overburden* at PT Madhani Talatah Nusantara sets the standard *powder factor* value at 0.17–0.24 kg/m³ and targets a fragmentation percentage for boulder-sized fragments (≥117 cm) of no more than 15%.

Based on the results of research in 7 days of blasting, *powder factor* value was found between 0.21 and 0.24 kg/m³. Then, the actual fragmentation of boulders ≥ 117 cm was found to have an average percentage of 0.1% and met Company standards. Based on the actual rock fragmentation after conducting blasting tests with a *powder factor (PF)* of 0.21 to 0.24, the most optimal *powder factor* value was found to be 0.21 kg/m³.

Keywords : Fragmentation, Blasting, *Powder factor*

PENDAHULUAN

PT Madhani Talatah Nusantara merupakan perusahaan kontraktor tambang batubara yang bekerja melayani produksi batubara dan *overburden* untuk PT Multi Tambangjaya Utama selaku perusahaan owner tambang. Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT Madhani Talatah Nusantara adalah sistem tambang terbuka (*Surface Mining*) yang kegiatan penambangannya meliputi pembukaan lokasi tambang dan pembersihan lahan, pengupasan lapisan penutup, penggalian dan pengangkutan batubara. Salah satu kegiatan penambangan yang dilakukan adalah pengupasan atau pembongkaran material *overburden*.

Pada kegiatan penambangan, peledakan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk pembongkaran material. Ukuran keberhasilan peledakan dapat dilihat dari ketercapaian target produksi peledakan, efisiensi bahan peledak, fragmentasi yang dihasilkan dan pengaruhnya terhadap lingkungan [1]. Metode pemberaian batuan keras yang sering disebut proses peledakan ini sangat perlu adanya perancangan geometri peledakan, dimana perancangan geometri peledakan yang tepat akan meminimalisir *digging time* alat gali. Dalam membuat sebuah rancangan geometri peledakan maka faktor yang sangat diperhatikan adalah *powder factor (PF)* [2].

Powder factor adalah perbandingan jumlah bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang akan diledakkan. Dalam hal ini perlunya mengevaluasi nilai *powder factor* untuk mendapatkan nilai yang efektif dari kegiatan peledakan dan mengetahui efisiensi dari penggunaan bahan peledak. Didalam rancangan geometri peledakan, *powder factor* ini akan menjadi acuan terhadap biaya yang dikeluarkan dalam proses peledakan. Semakin besar nilai *powder factor* yang

digunakan maka akan semakin banyak bahan peledak yang terpakai dan berakibat meningkatnya biaya yang akan dikeluarkan.

Nilai *powder factor* dalam kegiatan peledakan sangat diperhatikan karena penggunaan bahan peledak pada setiap lubangnya sangat mempengaruhi hasil peledakan dan dari nilai *powder factor* tersebut dapat dilihat tingkat keberhasilan dari kegiatan peledakan dan hasil fragmentasi dari sekali kegiatan peledakan. Oleh karena itu diperlukannya nilai *powder factor* yang optimal dengan menganalisis fragmentasi batuan aktual hasil peledakan agar kegiatan peledakan efisien dan optimal [3].

Hal di atas melatarbelakangi keinginan saya untuk melakukan pengamatan dan penelitian lebih lanjut mengenai fragmentasi yang dihasilkan pada peledakan *overburden*, dengan judul "Kajian Perubahan Powder Factor Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan pada PT Madhani Talatah Nusantara, Kecamatan Gunung Bintang Awai, Kabupaten Barito Selatan, Provinsi Kalimantan Tengah.

METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu :

Pengumpulan Data

Pengambilan data dilaksanakan di pit aster PT Madhani Talatah Nusantara. Pengambilan data yang dilakukan yaitu melakukan pengukuran geometri peledakan aktual (*burden*, *spasi*, dan *sounding* kedalaman lubang ledak, penggunaan bahan peledak), *digging time* alat gali muat dan foto fragmentasi. Selain data pengukuran aktual di lapangan, diperoleh juga data sekunder dari perusahaan yang berupa *historical* data kegiatan peledakan dan *blast design*.

Pengolahan dan Analisis Data

Foto fragmentasi yang diambil di lapangan diolah dengan metode *image analysis* menggunakan *software split desktop* [3] untuk mendapatkan distribusi fragmentasi dan *digging time* alat gali muat diolah menggunakan Microsoft office excel untuk mendapatkan nilai rata-rata.

HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Data-data yang sudah didapatkan selanjutnya dilakukan pengolahan untuk menganalisis nilai *powder factor* (PF), fragmentasi batuan hasil peledakan aktual dengan menggunakan *software split desktop* 2.0. dan *digging time* alat gali muat

Geometri Peledakan

Geometri peledakan menjadi parameter yang sangat penting untuk menentukan tingkat fragmentasi yang didapat. PT Madhani Talatah Nusantara menetapkan *Burden* 8 m, *Spasi* 9, Diameter lubang ledak 7.875 inch dan *subdrilling* 0.5 meter. Tabel yang berlatarkan warna merah menunjukkan peledakan simulasi *trial & error* [4].

Tabel-1. Geometri Peledakan Aktual

Tanggal Peledakan	Geometri									
	De (inch)	B (m)	S (m)	J (m)	T (m)	L (m)	H (m)	PC (m)	E (kg)	PF (Kg/m ³)
20-9-2018	7.875	8	9	0.5	3.3	5.8	5.3	2.5	66.5	0.17
21-9-2018	7.875	8	9	0.5	4.3	8.1	7.6	3.8	101.5	0.18
22-9-2018	7.875	8	9	0.5	3.6	6.4	5.9	2.8	74.5	0.17
23-9-2018	7.875	8	9	0.5	3.2	6.4	5.9	3.2	85.5	0.20
24-9-2018	7.875	8	9	0.5	3.9	8	7.5	4.1	109.5	0.20
28-9-2018	7.875	8	9	0.5	4.7	8.7	8.2	4	106.5	0.18
29-9-2018	7.875	8	9	0.5	3	7.7	7.2	4.7	125.5	0.24
15-10-2018	7.875	8	9	0.5	3.5	7.9	7.4	4.4	117.5	0.22
16-10-2018	7.875	8	9	0.5	3.6	8.9	8.4	5.3	141.5	0.23
16-10-2018	7.875	8	9	0.5	3.4	9	8.5	5.6	149.5	0.24
17-10-2018	7.875	8	9	0.5	3	6.3	5.8	3.3	88.1	0.21

Densitas Overburden

Densitas overburden di area Pit Aster diperoleh dari hasil pengujian di PT Madhani Talatah Nusantara. Densitas material masing-masing lokasi peledakan dihitung dengan menentukan titik perpotongan koordinat *easting* dan *northing* dari peta persebaran batuan Pit Aster [5]. Secara lebih rinci mengenai densitas *overburden* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel-2. Densitas *Overburden*

Lokasi Peledakan	Kordinat		Densitas (gr/cm ³)	Jenis Material
	<i>Easting</i>	<i>Northing</i>		
Aster / Panel 9 - 10 RL 35	xxx140.713	xxx5396.587	2.2	Mudstone
Aster / Panel 12 -14 RL 35	xxx183.016	xxx6044.643	2.12	Mudstone
Aster / Panel 13 - 15 RL 60,62	xxx201.192	xxx5947.893	2.24	Sandstone
Aster / Panel 11 – 15 RL 55,60,67	xxx214.100	xxx5980.500	2.17	Mudstone
Aster / Panel 11 – 12,15 RL 56,62	xxx212.964	xxx5790.154	2.14	Mudstone
Aster / Panel 13 – 15 RL 60	xxx197.068	xxx6213.387	2.19	Mudstone
Aster / Panel 13 – 15 RL 57	xxx287.132	xxx6170.721	2.3	Sandstone
Aster / Panel 12 – 14 RL 45	xxx290.281	xxx5956.085	2.28	Sandstone
Aster / Panel 12 – 14 RL 42,53	xxx186.537	xxx5701.348	2.36	Sandstone
Aster / Panel 13 – 15 RL 42,44	xxx398.085	xxx6281.267	2.16	Mudstone

Digging Time Alat Gali Muat

Keberhasilan kegiatan peledakan dapat juga ditinjau dari kemudahan alat gali muat saat melakukan *digging* (penggalian). *Digging time* merupakan waktu yang diperlukan untuk menggali material hasil peledakan. Dari pengamatan langsung dilapangan, berikut merupakan nilai *digging time* rata-rata alat gali muat saat menggali material di masing-masing lokasi peledakan [6].

Tabel-3. *Digging Time* Alat Gali Muat

Tanggal Peledakan	Lokasi Peledakan	No. Unit Loader	Digging Time (s)
20-9-2018	Aster / Panel 9 - 10 RL 35	EX-6019	12.8
21-9-2018	Aster / Panel 12 -14 RL 35	EX-6020	12.9
22-9-2018	Aster / Panel 13 - 15 RL 60,62	EX-6019	13.1
23-9-2018	Aster / Panel 11 – 15 RL 55,60,67	EX-6020	12.9
24-9-2018	Aster / Panel 11 – 12,15 RL 56,62	EX-6020	13.1
28-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 60	EX-6021	13.1
29-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 57	EX-6020	13.3
15-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 45	EX-6019	12.9
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,53	EX-6021	12.5
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,63	EX-6020	12.6
17-10-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 42,44	EX-6021	12.3

Persentase Boulder Berdasarkan Software Split Desktop

Pengukuran fragmentasi hasil peledakan secara *image analysis* dilakukan menggunakan *software Split Desktop* untuk mendapatkan *cumulative size distribution* fragmentasi hasil peledakan. Fragmen batuan tidak baik atau yang dikatakan sebagai *boulder* pada penelitian ini diambil dari ukuran bongkah sebesar ≥ 117 cm berdasarkan 1/3 *Bucket* PC1250 ketentuan dari Perusahaan [7]. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan persentase *boulder* (≤ 117 cm) dari 11 kegiatan peledakan yaitu:

Tabel-4. Persentase Boulder Split Desktop (≤ 117 cm)

Tanggal Peledakan	Persentase Boulder ≤ 117 cm (%)
20-9-2018	76.60
21-9-2018	89.06
22-9-2018	73.81
23-9-2018	96.52
24-9-2018	93.04
28-9-2018	75.09
29-9-2018	99.9
15-10-2018	99.00
16-10-2018	99.99
16-10-2018	99.99
17-10-2018	99.99

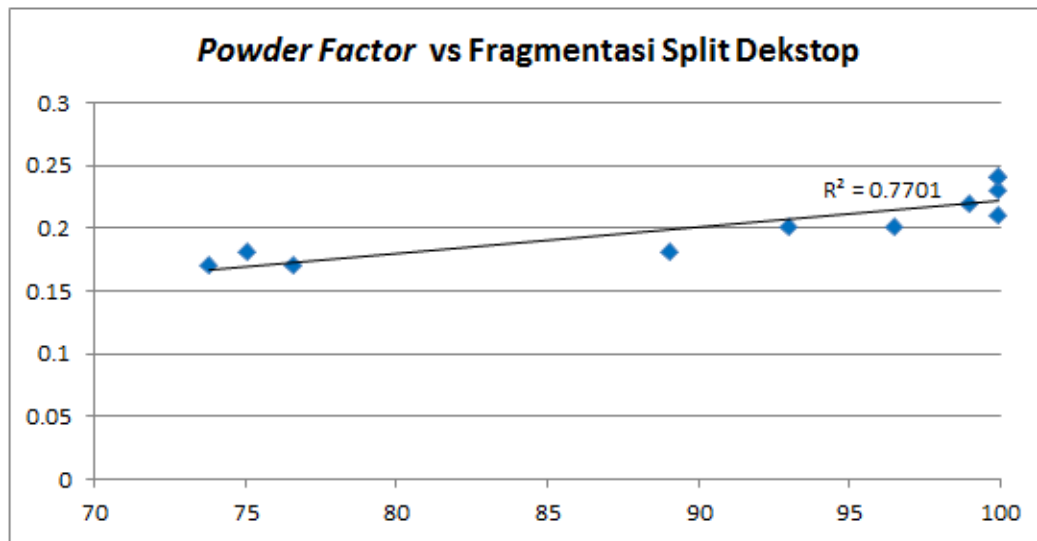
PEMBAHASAN**Pengaruh Nilai Powder Factor Terhadap Nilai Fragmentasi Aktual Batuan**

Setelah dilakukan pengolahan data berikut adalah grafik fragmentasi batuan aktual hasil peledakan dengan menggunakan *software split desktop*. Dari grafik dibawah ini dapat dilihat bahwa kelolosan ukuran fragmentasi <117 cm ialah berkisar antara 73.81 - 99.99% dengan *powder factor* berkisar $0.17 - 0.24$ kg/m³ [8].

Tabel-5. Nilai Powder Factor dan Fragmentasi Split Desktop.

Tanggal Peledakan	Lokasi Peledakan	Powder Factor (PF)	Fragmentasi Split Desktop Lolos (%)
20-9-2018	Aster / Panel 9 - 10 RL 35	0.17	76.60
21-9-2018	Aster / Panel 12 -14 RL 35	0.18	89.06
22-9-2018	Aster / Panel 13 - 15 RL 60,62	0.17	73.81
23-9-2018	Aster / Panel 11 – 15 RL 55,60,67	0.20	96.52
24-9-2018	Aster / Panel 11 – 12,15 RL 56,62	0.20	93.04
28-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 60	0.18	75.09
29-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 57	0.24	99.90
15-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 45	0.22	99.00
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,53	0.23	99.90
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,63	0.24	99.90
17-10-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 42,44	0.21	99.90

Dari Gambar-1 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai *powder factor*, maka ukuran fragmentasi lolos akan semakin besar. Begitu pula sebaliknya, apabila nilai *powder factor* kecil, maka ukuran fragmentasi lolos akan semakin kecil [9].



Gambar-1. Hubungan Nilai Powder Factor Terhadap Fragmentasi Split Dekstop

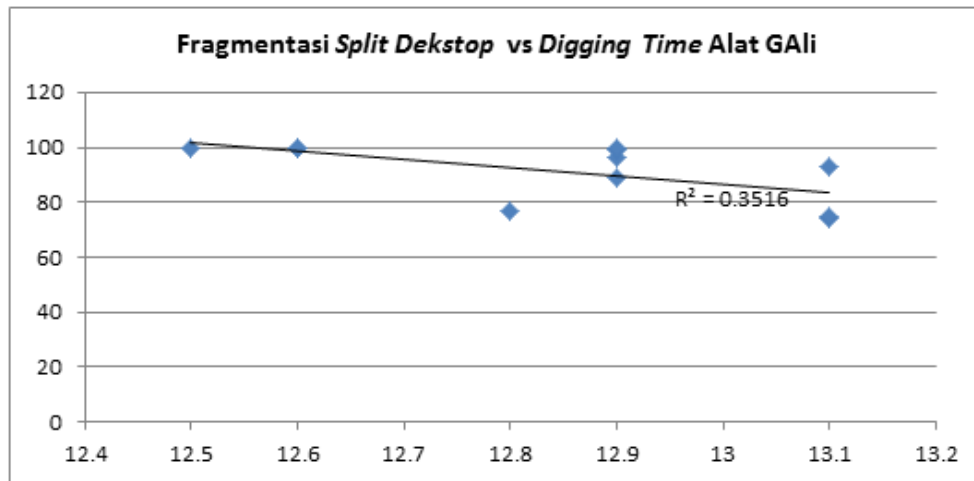
Hubungan Antara Fragmentasi dengan Digging Time Alat Gali

Setelah dilakukan pengolahan data, ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan dipengaruhi oleh nilai *powder factor*. Maka dilakukan analisa hubungan antara fragmentasi dengan *digging time* alat gali sebagai berikut.

Tabel-6. Persentase Fragmentasi Lolos dan *Digging Time* Alat Gali Muat

Tanggal Peledakan	Lokasi Peledakan	Fragmentasi Split Dekstop Lolos (%)	Digging Time (s)
20-9-2018	Aster / Panel 9 - 10 RL 35	76.60	12.8
21-9-2018	Aster / Panel 12 -14 RL 35	89.06	12.9
22-9-2018	Aster / Panel 13 - 15 RL 60,62	73.81	13.1
23-9-2018	Aster / Panel 11 – 15 RL 55,60,67	96.52	12.9
24-9-2018	Aster / Panel 11 – 12,15 RL 56,62	93.04	13.1
28-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 60	75.09	13.1
29-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 57	99.90	13.3
15-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 45	99.00	12.9
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,53	99.90	12.5
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,63	99.90	12.6
17-10-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 42,44	99.90	12.3

Gambar-2 menjelaskan bahwa semakin besar persentase fragmentasi lolos, maka nilai *digging time* akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya, apabila persentase fragmentasi lolos kecil, maka waktu *digging time* akan semakin besar.



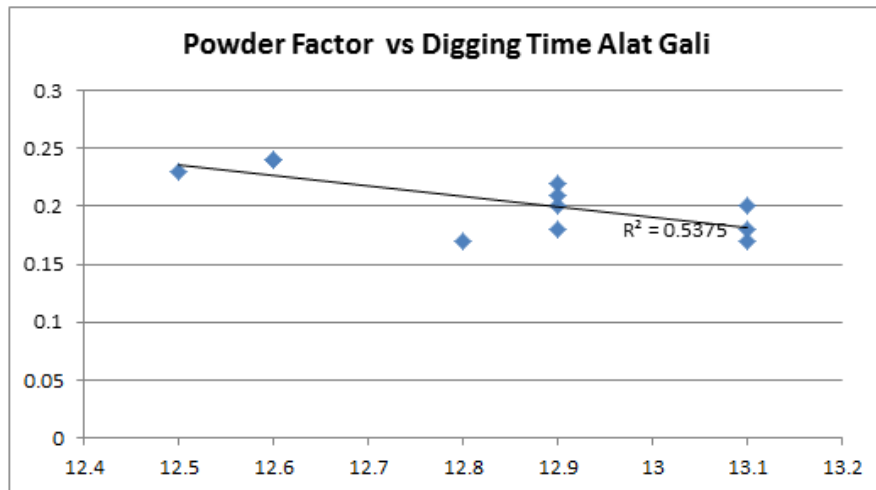
Gambar-2. Hubungan Persentase Fragmentasi Lolos dan *Digging Time* Alat Gali Muat

Kolerasi Antara Nilai *Powder Factor* dan *Digging Time* Alat Gali Muat

Setelah dilakukan pengolahan data, *digging time* alat gali dipengaruhi oleh nilai *powder factor* dan fragmentasi batuan hasil peledakan. Maka dilakukanlah analisa hubungan antara nilai *powder factor* dan *digging time* alat gali sebagai berikut.

Tabel-7. Nilai *Powder Factor* dan *Digging Time* Alat Gali Muat

Tanggal Peledakan	Lokasi Peledakan	Powder Factor (PF)	Digging Time (s)
20-9-2018	Aster / Panel 9 - 10 RL 35	0.17	12.8
21-9-2018	Aster / Panel 12 -14 RL 35	0.18	12.9
22-9-2018	Aster / Panel 13 - 15 RL 60,62	0.17	13.1
23-9-2018	Aster / Panel 11 – 15 RL 55,60,67	0.20	12.9
24-9-2018	Aster / Panel 11 – 12,15 RL 56,62	0.20	13.1
28-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 60	0.18	13.1
29-9-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 57	0.24	13.3
15-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 45	0.22	12.9
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,53	0.23	12.5
16-10-2018	Aster / Panel 12 – 14 RL 42,63	0.24	12.6
17-10-2018	Aster / Panel 13 – 15 RL 42,44	0.21	12.3



Gambar-3. Hubungan Nilai Powder Factor dan Digging Time Alat Gali Muat

Dari Gambar-3 dapat menjelaskan bahwa semakin besar nilai *powder factor*, maka nilai *digging time* akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya, apabila nilai *powder factor* semakin kecil, maka waktu *digging time* akan semakin besar.

Rekomendasi nilai Powder Factor Optimal

Dari hasil pengamatan dan penelitian lapangan yang dilakukan, fragmentasi batuan dihasilkan dengan nilai *powder factor* yang digunakan perusahaan sebesar 0.17 – 0.24 kg/m³ sudah menghasilkan fragmentasi yang cukup bagus dan memenuhi target perusahaan yakni fragmentasi batuan <117 cm, tidak lebih dari 15%. Tetapi ada satu yang belum memenuhi target perusahaan pada tanggal 22-9-2018 dengan nilai *powder factor* 0.17 Kg/m³ dikarenakan pada hari itu terjadi hujan dan kondisi lubang kurang bagus. Itulah yang membuat hasil fragmentasi belum memenuhi target perusahaan. Fragmentasi yang belum memenuhi target perusahaan juga dapat mengganggu dari waktu *digging time* alat gali. Jadi dari penelitian ini berdasarkan fragmentasi dan *digging time* alat gali dapat direkomendasikan nilai *powder factor* yang sangat optimal adalah pada tanggal 17-10-2018 dengan nilai *powder factor* 0.21 Kg/m³ menghasilkan fragmentasi sangat bagus dan waktu *digging time* sangat kecil [10].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian fragmentasi peledakan di Pit Aster PT Madhani Talatah Nusantara, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Geometri peledakan yang digunakan di PT Madhani Talatah Nusantara yaitu diameter lubang ledak 7,875 inchi, *burden* 8 meter, spasi 9 meter, tinggi jenjang 5,5 - 8,5 meter, kedalaman lubang ledak 5,5 - 9 meter, panjang kolom isian bahan peledak 2,5 - 5 meter, *stemming* 3 - 5 meter, *subdrilling* 0,5 meter, dengan PF sebesar 0,17 sampai 0,24 kg/m³.
2. Hasil Peledakan pada 7 hari saat penelitian belum memenuhi target karena dihasilkan fragmentasi *boulder* (≤ 117 cm) rata-rata sebesar 79,9% dan *digging time* rata-rata sebesar 13,1 detik.
3. Agar Hasil peledakan lebih optimal sebaiknya menggunakan simulasi rancangan geometri *trial & error* 4 dengan *powder factor* (PF) sebesar 0.21 kg/m³ mendapatkan hasil fragmentasi *boulder* (≤ 117 cm) sebesar 99.9% dan *digging time* sebesar 12,3 Detik.

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu :

1. Saran untuk geometri kedepannya dengan menggunakan simulasi rancangan geometri *trial & error* 4 pada tanggal 17-10-2018 dikarenakan dengan penggunaan PF 0.21 kg/m³ persentase *boulder* ≤ 117 cm yang didapatkan sebesar 99,9% dan *digging time* sebesar 12,3 Detik.
2. Saat *prepare* lokasi diusahakan lokasi dalam keadaan rata agar hasil peledakan lebih optimal lagi dan hasil peledakan tidak menimbulkan tonjolan atau permukaan bergelombang karena dapat menyebabkan ketidaktepatan titik bor dan arah pemboran. Jadi perlunya pengoptimalisasi alat support (*bulldozer*).
3. Perlu adanya analisis faktor batuan sebelum melakukan proses peledakan sehingga sesuai dengan kebutuhan bahan peledak dan jenis material yang ingin diledakkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya PT Madhani Talatah Nusantara beserta mitra kerja yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian pada *drill and blast section*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dyno. N, *Blasting and Explosives Quick Reference Guide*, Perth, Australia, Dyno Nobel Asia Pacific Pty, 2011.
- [2] Frianto. R., Nurhakim., Riswan., “Kajian Teknis Geometri Peledakan pada Keberhasilan Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan”, *Jurnal Fisika FLUX*, 2014, vol. 1, pp. 56–65.
- [3] Koesnaryo. S., *Rancangan Peledakan Batuan*, Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta, 2001.
- [4] Konya, C.J., Edward J.W, *Surface Blast Design*, New Jersey, Pren126tice Hall, Engle Wood Cliffs, 1990, pp 127-136.
- [5] Suwandi. A, *Diktat Kursus Juru Ledak XIV pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*, Bandung, Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, 2010.
- [6] Saptono. Singgih, *Teknik Peledakan*, Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta, 2006.
- [7] Munawir, Samanlangi Andi Ilham. A., “Analisis Geometri Peledakan Terhadap Ukuran Fragmentasi Overburden Pada Tambang Batubara PT.Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan”, *Jurnal Geomine*, 2015, Vol 1, April, pp 9-13.
- [8] Safarudin. S, “Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi dan Digging Time Material Blasting”, *Jurnal Penelitian Engineering*, 2016, Vol 20, No. 2, pp. 54-62.
- [9] Harahap, L.B.A, dan Yulhendra. D, “Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan Limestone Pada PT. Semen Padang, Kota Padang”, *Jurnal Bina Tambang*, 2008, Vol 6, pp. 133-139.
- [10] Rosyad, F., Zaenal dan Solihin, “Evaluasi Geometri Peledakan untuk Menghasilkan Fragmentasi yang diinginkan pada Kegiatan Pembeaian Batuan Andesit di PT. Mandiri Sejahtera Sentra, Kabupaten Purwakarta Provinsi Jawa Barat”, *Jurnal Teknik Pertambangan*, 2006, Vol 2.