

Analisis nilai *powder factor* untuk optimalisasi kegiatan peledakan di area pitutupan PT Saptaindra Sejati

Analysis of powder factor value to optimize blasting activities in the pit cover area of PT Saptaindra Sejati

Muhammad Kahfi¹, Eko Santoso², Muhammad Zaini Arief^{3*}

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

³Program Studi Rekayasa Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung

JL. A. Yani KM 35,5 Banjarbaru 70714. Telp 0812-5475-6338

e-mail: [1muhammadkahfi080@gmail.com](mailto:muhammadkahfi080@gmail.com), [2eko@ulm.ac.id](mailto:eko@ulm.ac.id), *3zaini.arief@ulm.ac.id

ABSTRAK

Powder Factor (PF) adalah salah satu faktor yang sangat diperhatikan dalam suatu kegiatan peledakan. Pada kegiatan peledakan nilai *powder factor* ini dapat 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* 4.0 untuk mengetahui nilai persentase fragmentasi aktual menggunakan *image analysis*. PT Saptaindra Sejati menetapkan standar nilai *powder factor* yakni 0,15 – 0,30 Kg/m³ dan persentase fragmentasi ukuran *boulder* 75-100 cm yang ditargetkan tidak lebih dari 15% dan *digging time* yang di rencanakan PT Adaro selaku *owner* yaitu 12 detik. Berdasarkan hasil penelitian di 8 kali peledakan, didapatkan nilai *powder factor* berada pada 0,19-0,27 Kg/m³. Kemudian fragmentasi *boulder* 75-100 cm didapatkan persentase 8-36% belum memenuhi target fragmentasi karena ada faktor lain yang mempengaruhi yaitu bahan peledak yang memerlukan *geasing*. Kemudian *digging time* aktual didapatkan nilai rata-rata dari 9-12 detik memenuhi target optimum perusahaan, nilai *powder factor* yang paling optimum adalah 0.27 kg/m³.

Kata-kata kunci: Densitas Bahan Peledak, *Digging time*, Fragmentasi, Peledakan, *Powder Factor*

ABSTRACT

Powder Factor (PF) is one of the factors that are highly considered in a blasting activity. In blasting activities, the powder factor value can be used as a reference in assessing the success of a blasting activity. From this powder factor value, it will affect several factors including rock fragmentation from blasting and digging time of loading and unloading equipment. The blasted rock fragmentation analysis method used is using split desktop 4.0 software to determine the actual fragmentation percentage value using image analysis. PT Saptaindra Sejati sets the standard powder factor value of 0.15 - 0.30 Kg / m³ and the percentage of fragmentation of boulder size 75-100 cm targeted no more than 15% and digging time planned by PT Adaro as the owner is 12 seconds. Based on the research results in 8 blasting times, the powder factor value was obtained at 0.19-0.27 Kg/m³. Then the boulder fragmentation of 75-100 cm obtained a percentage of 8-36% has not met the fragmentation target because there are other factors that influence the explosives that require geasing. Then the actual digging time obtained an average value of 9-12 seconds meets the company's optimum target, the most optimum powder factor value is 0.27kg/m³.

Keywords: Detonation, *Digging time*, Explosive Density, Fragmentation, *Powder Factor*

PENDAHULUAN

Pada kegiatan penambangan, peledakan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk pembongkaran material [1]. Operasi peledakan merupakan salah satu kegiatan pada penambangan untuk melepaskan batuan dari massa batuan induknya dari pada itu kegiatan peledakan membantu dalam proses efisiensi produksi ditambang [2][3]. Metode Pemberaian batuan keras atau dikenal juga sebagai proses peledakan ini sangat memerlukan perancangan dalam geometri peledakan. Dalam membuat sebuah rancangan geometri peledakan salah satu faktor sangat diperhatikan yaitu *powder factor* (PF) yang merupakan perbandingan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam sekali kegiatan peledakan dengan volume batuan yang akan diledakkan [4] [5]. Dalam hal ini perlu adanya korelasi antara nilai *powder factor* dan hasil peledakan bertujuan untuk mendapatkan nilai yang efektif dari kegiatan peledakan dan mengetahui efisiensi dari penggunaan bahan peledak [6] [7].

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada metode perhitungan lapangan yang

bertujuan untuk mendapatkan hasil pada waktu sekarang. Rancangan kegiatan penelitian ini terdiri dari 5 tahapan yaitu tahapan persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, analisis data dan tahap penyusunan laporan akhir.

1. Tahap persiapan

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan usulan tugas akhir. Sasaran utama studi pendahuluan ini adalah gambaran umum daerah penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang kegiatan penelitian, yang diperoleh dari:

- a. Instansi terkait
- b. Informasi penunjang lainnya

2. Pengamatan lapangan

Pengamatan di lapangan ditujukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan secara langsung di lapangan. Pengambilan data dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran.

3. Pengolahan data

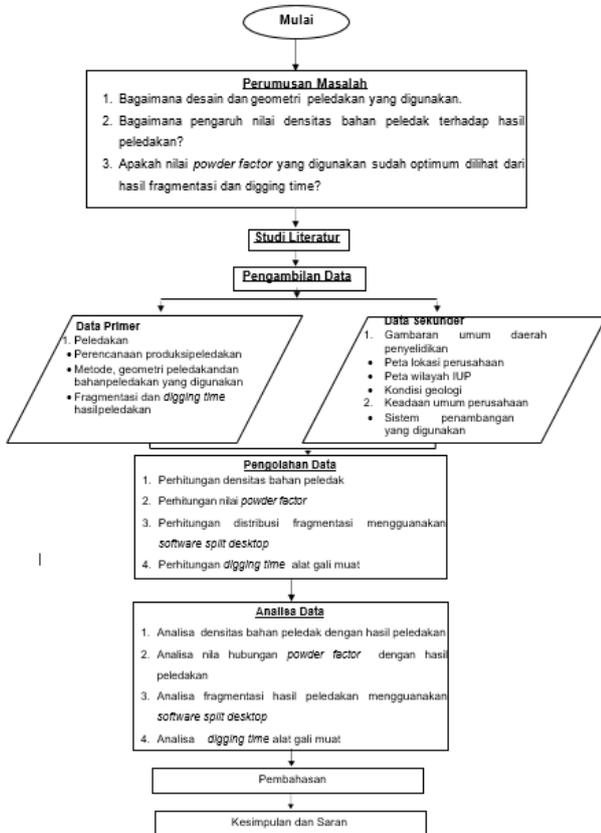
Pengolahan data hasil penelitian dilakukan dengan perhitungan berdasarkan teori yang ada dan data hasil penelitian.

4. Analisis data

Dari rumusan-rumusan yang telah didapat kemudian dilakukan analisa untuk menemukan jawaban atas pertanyaan perihal rumusan dan hal-hal yang diperoleh dari penelitian.

5. Kesimpulan

Hasil sintesis data keseluruhan dirangkum ke dalam laporan tertulis untuk dipertanggungjawabkan dalam bentuk laporan hasil penelitian tugas akhir.



Gambar-1. Diagram Alir

HASIL DAN DISKUSI

1. Perhitungan Densitas Bahan Peledak

Densitas bahan peledak yang diambil pada penelitian kali ini ada dengan dua cara yaitu yang pertama diambil menggunakan *cup* lalu dilakukan penimbangan menggunakan alat *density meter* untuk hasil densitas handak keluar setelah dilakukan penimbangan di 10 menit pertama sampai 30 menit. Cara kedua yaitu dengan pengukuran handak langsung pada lubang ledak menggunakan *roll meter* dari setelah handak dimasukan kemudian pengukuran diulangi lagi pada menit 30 lalu dilakukan perhitungan dari data-data didapatkan. Berikut merupakan rumus densitas bahan peledak yang berada di lubang ledak.

$$\text{Powder Coloumn (PC)} = L-T \tag{1}$$

$$\text{Loading Density (De)} = E / PC \tag{2}$$

$$\text{Daktual lubang ledak} = \frac{De}{3.14 \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times 0.1} \tag{3}$$

Powder Column (PC) dapat diperoleh dengan mengetahui kedalaman lubang ledak (L) dan *stemming* (T). Untuk *loading density* (De) dapat diperoleh dengan mengetahui berat bahan peledak setiap lubang (E) dan untuk D_{aktual} lubang ledak dapat diperoleh dengan mengetahui diameter lubang ledak (d)

Berikut merupakan rumus deviasi densitas bahan peledak antara densitas bahan peledak yang di *cup* dan di lubang ledak.

$$\frac{(S_{\text{standar baku mutu}} - D_{\text{aktual lubang ledak}})}{S_{\text{standar baku mutu}}} \times 100\% \tag{4}$$

Berikut *hasil* perhitungan keseluruhan dari *Densitas Bahan Peledak* dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel-1

Tabel-1. Perhitungan Densitas Bahan Peledak

No	Area	PC (m)	Baku Mutu (gr/ml)	Densitas Bahan Peledak (gr/cc)		Deviasi (%)
				Aktual	Cup	
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	5.64	1.24	1.21	1.20	2
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	5.09	1.24	1.20	1.20	3
3	IPPKH MEERAUKE	4.52	1.27	1.21	1.25	5
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	4.46	1.27	1.20	1.26	6
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	3.20	1.27	1.22	1.25	4
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	5.12	1.21	1.21	1.15	0
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	3.87	1.2	1.12	1.17	7
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	4.50	1.2	1.15	1.17	4

2. Perhitungan Powder Factor

Untuk mendapatkan nilai *powder factor* diperhitungkan dengan membagi keseluruhan jumlah bahan peledak (kg) yang digunakan dengan volume material batuan yang akan diledakkan, berikut perhitungan *powder factor*.

$$PF = \frac{E}{V} \tag{5}$$

Powder factor (PF) dapat diperoleh dengan mengetahui nilai berat bahan peledak yang digunakan (E) dan volume batuan yang diledakkan (V)

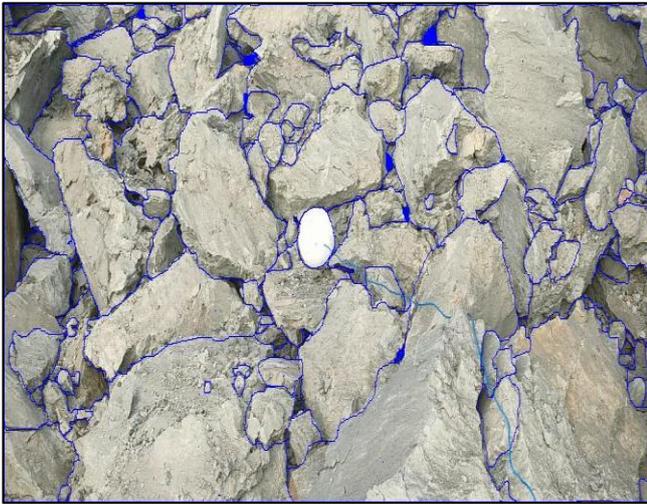
Berikut hasil perhitungan keseluruhan dari *powder factor* dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel-2.

Tabel-2. Perhitungan *Powder Factor*

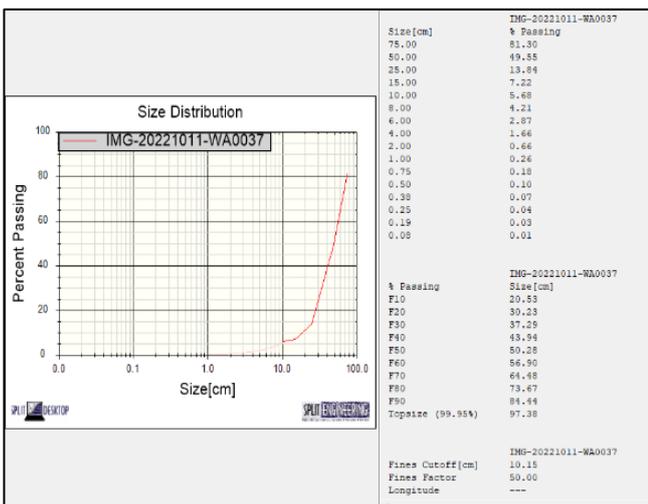
No	Area	Berat Bahan Peledak (kg)	V (m ³)	PF (kg/m ³)
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	26,760	100,640	0.27
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	35,164	131,520	0.27
3	IPPKH MEERAUKE	6,112	25,120	0.24
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	28,786	123,480	0.23
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	11,927	63,090	0.19
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	43,080	159,680	0.27
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	17,738	67,840	0.26
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	18,900	81,000	0.23

3. Perhitungan Frgamentasi Secara *Image Analysis*

Pengukuran fragmentasi hasil peledakan secara *image analysis* menggunakan *software Split Desktop 4.0* untuk mendapatkan *cumulative size distribution* fragmentasi hasil peledakan. Adapun hasil perhitungan yang di dapatkan dapat di lihat pada Tabel-3.



Gambar-2. Fragmentasi Peledakan Hasil Analisa *Split Desktop*



Gambar-3. Grafik Analisis *Split Desktop*

Tabel-3. Perhitungan Distribusi Fragmentasi Berdasarkan *Split Desktop*

No	Area	Distribusi Fragmentasi (%)		
		25-49 cm	50-74 cm	75-100 cm
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	49	36	14
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	43	43	14
3	IPPKH MEERAUKE	46	31	23
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	25	38	36
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	39	44	17
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	50	42	8
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	35	45	20
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	33	51	15

4. Perhitungan *Digging Time* Alat Gali Muat

Keberhasilan dalam kegiatan peledakan dapat ditinjau dari kemudahan alat gali muat saat melakukan penggalian. *Digging time* merupakan waktu yang diperlukan untuk menggali material hasil peledakan menggunakan alat gali muat *Liebherr 9200*. Untuk pengambilan datanya sendiri dimulai dari kuku *bucket* menancap ke permukaan material yang di gali sampai *bucket* terangkat lagi dan terisi material galian. Berikut merupakan nilai rata-rata *digging time* alat gali muat saat menggali material di masing-masing area peledakan terdapat pada Tabel-3.

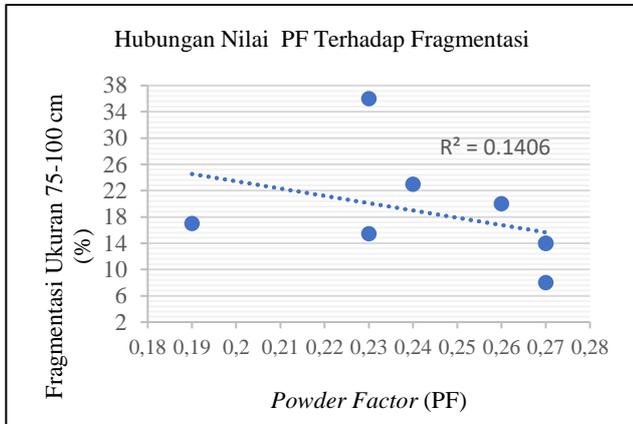
No	Area	Rata-Rata <i>Digging Time</i> Aktual (s)
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	11
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	12
3	IPPKH MEERAUKE	10
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	12
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	10
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	9
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	11
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	10

5. Pengaruh Nilai *Powder Factor* Terhadap Nilai Fragmentasi

Tabel-3. Hubungan *Powder Factor* dengan Fragmentasi

NO	Area	PF (kg/m ³)	Ukuran 75-100 cm (%)
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	0.27	14
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	0.27	14
3	IPPKH MEERAUKE	0.24	23

NO	Area	PF (kg/m ³)	Ukuran 75-100 cm (%)
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	0.23	36
5	IPPKH BOTTOM ROOF T120	0.19	17
6	HW IPPKH DEVELOPMENT BARAT	0.27	8
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	0.26	20
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	0.23	15



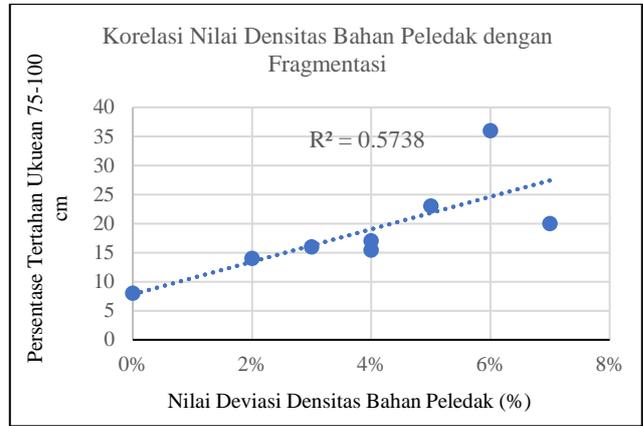
Gambar-4. Grafik Hubungan Powder Factor dengan Fragmentasi

Dari Gambar-4 diketahui hubungan antara powder factor dengan fragmentasi dapat dikatakan sangat lemah dengan hasil $R^2 = 0,1406$, dengan persamaan $y = -111.03x + 45.633$, dapat dilihat bahwa fragmentasi tertahan ukuran fragmentasi 75-100 cm berkisar antara 8% - 36% dengan powder factor (PF) berkisar antara 0,19 - 0,27 kg/m³.

6. Hubungan Antara Densitas Bahan Peledak Dengan Fragmentasi

Tabel-2. Hubungan Powder Factor dengan Fragmentasi

NO	Area	Deviasi (%)	Ukuran 75-100 cm (%)
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	2	14
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	3	14
3	IPPKH MEERAUKE	5	23
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	6	36
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	4	17
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	0	8
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	7	20
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	4	15



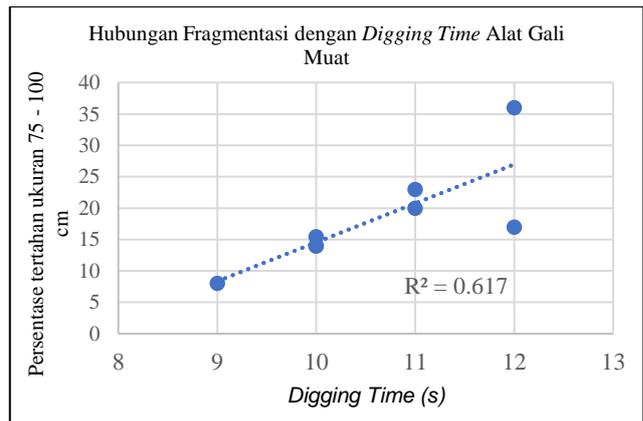
Gambar-5. Grafik Hubungan Nilai Densitas Bahan Peledak dengan Fragmentasi

Dari Gambar-5 diketahui hubungan antara densitas bahan peledak dengan fragmentasi dapat dikatakan moderat dengan hasil $R^2 = 0.5738$, dengan persamaan $y = 280.09x + 7.8278$, dapat dilihat bahwa ada faktor lain seperti densitas bahan peledak bisa dikatakan juga sangat memengaruhi hasil distribusi fragmentasi.

7. Hubungan Antara Fragmentasi dengan Digging Time Alat Gali Muat

Tabel-3. Hubungan Antara Fragmentasi dengan Digging Time Alat Gali Muat

NO	Area	Ukuran 75-100 cm (%)	Digging Time Aktual (s)
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	14	10
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	14	10
3	IPPKH MEERAUKE	23	11
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	36	12
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	17	12
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	8	9
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	20	11
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	15	10



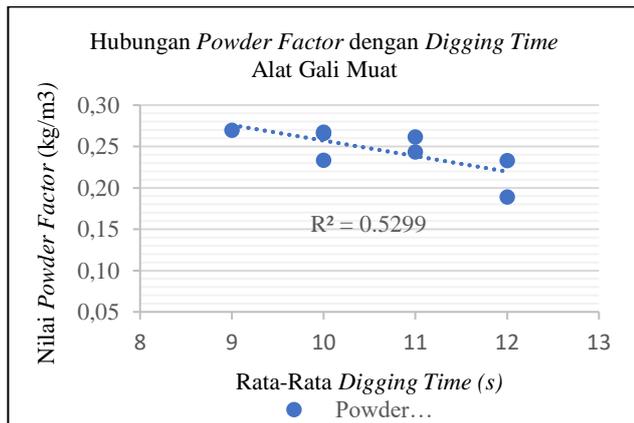
Gambar-6. Grafik Hubungan Fragmentasi dengan Digging Time Alat Gali Muat

Dari Gambar-6 diketahui hubungan antara fragmentasi dengan *digging time* alat gali muat dapat dikatakan moderat dengan hasil $R^2 = 0.617$, dengan persamaan $y = 6.2024x - 47.469$, dapat menjelaskan bahwa semakin besar persentase fragmentasi *boulder*, maka nilai *digging time* akan semakin besar. Begitu pula sebaliknya, apabila persentase fragmentasi *boulder* semakin kecil, maka waktu *digging time* akan semakin kecil.

8. Hubungan Antara Nilai *Powder Factor* dengan *Digging Time* Alat Gali Muat

Tabel-4. Hubungan Antara *Powder Factor* dengan *Digging Time* Alat Gali Muat

NO	Area	PF (kg/m ³)	Rata – Rata <i>Digging Time</i> Aktual (s)
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	0.27	10
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	0.27	10
3	IPPKH MEERAUKE	0.24	11
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	0.23	12
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	0.19	12
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	0.27	9
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	0.26	11
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	0.23	10



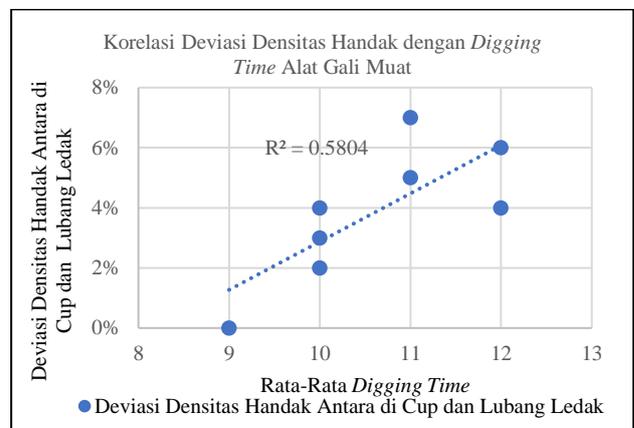
Gambar-7. Grafik Hubungan *Powder Factor* dengan *Digging Time* Alat Gali Muat

Dari Gambar-7 diketahui hubungan antara *powder factor* dengan *digging time* alat gali muat dapat dikatakan moderat dengan hasil $R^2 = 0.5299$, dengan persamaan $y = -0.0188x + 0.4448$, menjelaskan bahwa semakin besar nilai *powder factor*, maka nilai *digging time* akan semakin kecil. Begitu pun sebaliknya, apabila nilai *powder factor* semakin kecil, maka waktu *digging time* akan semakin besar.

9. Hubungan Antara Densitas Bahan Peledak dengan *Digging Time* Alat Gali Muat

Tabel-5. Hubungan Antara Densitas Bahan dengan *Digging Time* Alat Gali Muat

No	Area	Deviasi Densitas Handak (%)	Rata-Rata <i>Digging Time</i> Aktual (s)	Rata-Rata <i>Digging Time</i> Plan (s)
1	IPPKH HW DEV ROOF T200	2	10	12
2	IPPKH DEVELOPMENT ROOF T200	3	10	12
3	IPPKH MEERAUKE	6	11	12
4	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	5	12	12
5	IPPKH DEVELOPMENT FLOOR T120	4	12	12
6	IPPKH HW DEVELOPMENT BARAT	0	9	12
7	IPPKH DEVELOPMENT SELATAN	7	11	12
8	IPPKH DEVELOPMENT BARAT	4	10	12



Gambar-8. Grafik Hubungan Densitas Bahan Peledak dengan *Digging Time* Alat Gali Muat

Dari Gambar-8 diketahui hubungan antara densitas bahan peledak dengan *digging time* alat gali muat dapat dikatakan kuat dengan hasil $R^2 = 0.5804$, dengan persamaan $y = 0.016x + 0.1316$, menjelaskan sebanyak 8 kali pengambilan data dari nilai persentase deviasi terkorelasi dengan *digging time* yang mana dapat dilihat pada deviasi tertinggi yaitu 8% didapatkan *digging time* 12 detik dan nilai deviasi terkecil yaitu 0% didapatkan *digging time* juga rendah yaitu 9 detik. Dari sini bisa dikatakan semakin besar tingkat persentase deviasi bahan peledak maka nilai *digging time* akan semakin besar.

10. Rekomendasi Nilai *Powder Factor* Optimum

Ditinjau berdasarkan fragmentasi dan *digging time* alat gali dapat direkomendasikan nilai *powder factor* yang sangat optimal adalah 0.27 Kg/m³ menghasilkan fragmentasi sangat baik dan waktu *digging time* sangat kecil.

KESIMPULAN

1. Geometri peledakan yang digunakan di PT Saptaindra Sejati Jobsite ADMO yaitu diameter lubang ledak 20 cm, burden 8 m dan 9 m, untuk spasi 10 m, dengan kedalaman lubang ledak 6.7 m sampai 9.7 m, serta panjang kolom isian bahan peledak 3.2 m sampai 5.6 m, stemming 3.5 m sampai 4.1 m, subdrilling 0.5 m.
2. Dari delapan kali pengamatan didapatkan hasil persentase distribusi fragmentasi tertahan ukuran 75–100 cm menggunakan *image analysis software split desktop* yang bervariasi yaitu dari 14% sampai 36%. Untuk perhitungan rata-rata waktu *digging time* yaitu dari 9 detik – 12 detik.
3. Hasil peledakan di delapan kali pengamatan saat penelitian menggunakan *powder factor* berkisar antara 0.19 – 0.27 menghasilkan fragmentasi dan *digging time* alat gali muat yang bervariasi dengan densitas bahan peledak memiliki deviasi antara di lubang ledak dan di *cup* yaitu dari 0% - 7% yang disebabkan oleh perbedaan *geasing* bahan peledak yang berada di gelas ukur dan aktual lubang ledak. Distribusi fragmentasi belum memenuhi target dikarenakan hasil fragmentasi ukuran 75-100 cm rata-rata sebesar 18%. Namun untuk *digging time* alat gali muat telah memenuhi target optimum yaitu rata-rata 10.6 detik yang mana nilai ini telah mencapai target dari perusahaan dibawah 12 detik.
4. Nilai *powder factor* paling optimal terlihat pada area keenam HW IPPKH Development Barat dengan nilai PF 0.27 kg/m³ mendapatkan hasil fragmentasi ukuran 75-100 cm sebesar 8% dan nilai *digging time* sebesar 9 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Dosen Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan support serta bimbingan dalam penulisan makalah ini. Terimakasih juga kami ucapkan kepada PT Saptaindra Sejati Jobsite ADMO karena telah bersedia sebagai tempat penelitian dan berbagi data selama penelitian ini dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.A Syafi'i, *et al.*, Evaluasi Isian Bahan Peledak Menggunakan Analisis Distribusi Ukuran Fragmen Pada Peledakan Batuan Penutup di Tambang Terbuka Batubara. *Jurnal Himasapta*, Vol. 1, No. 1, 2016.
- [2] Koesnaryo. S., “Rancangan Peledakan Batuan”, *Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran, Yogyakarta*, 2001.
- [3] Milus, A., *et al.*, “Kajian pengaruh faktor batuan terhadap fragmentasi batuan overburden hasil peledakan berdasarkan model Kuz-Ram”, *Jurnal Himasapta*, Vol. 06, No. 2, pp.79-85, 2023.
- [4] F. Rosyad, Zaenal, Solihin., “Geometri Peledakan untuk Menghasilkan Fragmentasi yang diinginkan pada Kegiatan Pemberaian Batuan Andesit di PT Mandiri Sejahtera Sentra, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat”, *Jurnal Teknik Pertambangan ISSN: 2460-6499*, Vol. 2, No. 1.

- [5] R.L. Handayani, J.R. Husain, A.A. Budiman. Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Pada PT Pamapersada Nusantara Site Adaro, Provinsi Kalimantan Selatan, *Jurnal Geomine*, Vol. 3, No. 1, 2015.
- [6] Saputra, H., *et al.*, “Analisis Pengaruh Powder Factor Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan Pada PT Semen Bosowa Maros Provinsi Sulawesi Selatan”, *Jurnal Geomine*, Vol. 3, pp:154-158, 2015.
- [7] Effendy, D.F., *et al*, “Evaluasi Nilai Powder Factor Untuk Optimalisasi Produksi Peledakan Di CV Jayabaya Batu Persada, Desa. Malingping Utara, Kec. Malingping Kab. Lebak, Provinsi Banten”, *Prosiding Teknik Pertambangan UNISBA*, Vol. 1, No. 2, pp.110-116, 2025.
- [8] Anggara, R., “Teknik Peledakan”, *Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah*, 2017.
- [9] Kurniawan, “Analisis Fragmentasi Batuan Dari Hasil Kegiatan Peledakan Dengan Menggunakan Software Split Desktop dan Persamaan Rosin rammler di PT Bintang Sumatra Pasifik”, *Program Studi Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang*, 2018.
- [10] PUSDIKLAT Juru Ledak Kelas II, “Modul 1 Pelatihan Juru Ledak Kelas II Pengetahuan Dasar Bahan Peledak”, *Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia, Badan Pendidikan dan Pelatihan Energi dan Sumberdaya Mineral, PUSDIKLAT Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung, Indonesia*. Halaman 5-9; 13-22; 34, 2004.
- [11] Sunaryadi, Tri Atmojo, “Penyusunan Program Aplikasi Komputasi Perancangan Peledakan Pada Tambang Terbuka Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic 6”, *Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteraan” Yogyakarta*. 2011.