



## Kajian Pengaruh Kedalaman Kolom *Stemming* Terhadap *Digging Time* pada Pembongkaran *Overburden*

Dewi Tri Wulandari, M. Fernanda\*, Marlina K.

*D3 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Politeknik Batulicin, Indonesia.*

### ARTICLE INFO

#### Article history :

Received : 14/7/2023

Revised : 13/12/2023

Published : 19/12/2023



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 3

No. : 2

Halaman : 95-106

Terbitan : **Desember 2023**

### ABSTRAK

Secara umum kegiatan penambangan terdiri dari proses pembongkaran, penggalian, pemuatan hingga proses pengangkutan. PT.PPA merupakan perusahaan pertambangan batubara yang menerapkan aktivitas peledakan (blasting) dalam pembongkaran overburden. Dalam aktivitas peledakan terdapat hal-hal yang harus diperhatikan seperti kegiatan pemoran, geometri peledakan fragmentasi hasil peledakan dan cycle time. Pada umumnya geometri peledakan yang difokuskan pada penelitian ini adalah stemming. Material stemming yang digunakan adalah cutting bor dengan kedalaman stemming 3 meter dan 4 meter. Analisis fragmentasi peledakan dilakukan dengan menggunakan software split dekstop 4.0.0. dengan menggunakan software split dekstop 4.0.0 maka didapat hasil ukuran fragmentasi untuk kedalaman stemming 3 meter sebesar 38,10 cm dengan digging time 11,739 detik dan untuk kedalaman stemming 4 meter sebesar 63,50 cm dengan digging time 12,204 detik. Untuk digging time masuk kedalam standar yang diterapkan oleh perusahaan yaitu 9-13 detik.

**Kata Kunci :** Pola Peledakan; Stemming; Fragmentasi.

### ABSTRACT

In general, mining activities consist of the processes of excavation, digging, loading, and transportation. PT.PPA is a coal mining company that implements blasting activities in the overburden excavation. In blasting activities, there are several factors to consider such as drilling operations, blasting geometry, fragmentation of the blasted materials, and cycle time. The focus of this research is primarily on the blasting geometry, specifically stemming. The stemming material used consists of cutting drills with a stemming depth of 3 meters and 4 meters. The analysis of blasting fragmentation was conducted using Split Desktop 4.0.0 software. By utilizing Split Desktop 4.0.0 software, the fragmentation sizes were obtained for a stemming depth of 3 meters, measuring 38.10 cm with a digging time of 11.739 seconds, and for a stemming depth of 4 meters, measuring 63.50 cm with a digging time of 12.204 seconds. The digging time falls within the company's standard range of 9-13 seconds.

**Keywords :** Blasting Pattern; Stemming; Fragmentation.

@ 2023 Jurnal Riset Teknik Pertambangan Unisba Press. All rights reserved.

## A. Pendahuluan

Dalam melakukan suatu proses peledakan sangat diperlukan adanya pembuatan lubang ledak terlebih dahulu dengan menggunakan pola dan arah pemboran yang sudah disesuaikan dengan keadaan atau karakteristik dari tanah maupun batuan yang akan diledakkan. Teknik peledakan merupakan tindak lanjut dari kegiatan pemboran, dimana tujuannya adalah untuk melepaskan batuan dari induknya agar menjadi fragmen-fragmen yang berukuran lebih kecil sehingga memudahkan dalam proses penanganan material selanjutnya.

Dengan adanya proses *blasting material overburden* akan lebih mudah dan cepat untuk di gali oleh alat mekanis yang bekerja. Oleh karena itu, geometri peledakan yang sangat berpengaruh diantaranya *burden*, *spacing*, *stemming*, dan *subrill*.

Adapun salah satu faktor yang mempengaruhi terbentuknya hasil distribusi fragmentasi hasil peledakan yaitu dapat dipengaruhi oleh jenis material *stemming* dan ukuran kedalaman *stemming*. Penelitian ini membuktikan bahwa ukuran kedalaman stemming sangat berpengaruh terhadap hasil fragmentasi. Selain itu dalam penelitian yang dilakukan oleh Suresh Kmar Sharma dan Piyush Rai [1] yang berjudul *Investigation of crusher aggregate as stemming material in bench blasting* menjelaskan bahwa material *stemming* yang berbeda dapat menghasilkan distribusi fragmentasi yang berbeda juga.

*Stemming* yang sesuai dengan kebutuhan lubang ledak sangat berpengaruh pada hasil fragmentasi yang dihasilkan oleh peledakan untuk memperkecil digging time alat gali muat komatsu PC-2000 sehingga target produktiviti dapat tercapai.

Untuk perhitungan geometri yang dilakukan di PT. Putra Perkasa Abadi Jobsite Borneo Indobara dilakukan secara teoritis dan actual dengan berorientasikan stemming. Untuk perhitungan teoritis menggunakan metode *Kuz-Ram*. Sedangkan yang actual dilakukan pengukuran langsung dilapangan PT. Putra Perkasa Abadi Jobsite Borneo Indobarapit KGU.

## B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggabungkan antara studi pustaka dengan data-data lapangan, adapun urutan kegiatan penelitian yaitu studi literatur, observasi lapangan, pengambilan data, pengolahan dan analisis data.

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai literatur penunjang yang berkaitan dengan kajian penelitian, baik yang bersifat sebagai dasar penelitian maupun yang bersifat sebagai pendukung dan referensi yang berkaitan dengan kegiatan peledakan yang didapat dari buku, jurnal, dan karya ilmiah. Metode ini dilaksanakan dengan melakukan pengamatan secara langsung dilapangan.

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan observasi lapangan dilakukan. Data yang diambil merupakan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang langsung diambil di lokasi penelitian seperti stemming yang digunakan, foto hasil peledakan, pola peledakan yang diterapkan di PT. Putra Perkasa Abadi site Borneo Indobara serta *digging time* PC 2000. Sedangkan data sekunder adalah data yang diambil dari literatur atau laporan perusahaan atau instansi terkait.

Setelah semua data terkumpul baik data primer maupun data sekunder, maka dilakukan pengolahan data. Data yang telah diolah menggunakan *software split dekstop* untuk menganalisis pengaruh geometri terhadap fragmentasi dan digging time alat gali-muat.

Penelitian dilakukan pada PT. Putra Perkasa Abadi (PPA) site Borneo Indobara (BIB) di PIT Kusan Girimulya Utara (KGU), Kabupaten Tanah Bumbu. Kegiatan penelitian berlangsung selama  $\pm$  8 minggu, mulai tanggal 1 Februari 2023 sampai dengan 1 April 2023.

### Pola Peledakan Pada Tambang Terbuka

Pola *Box-cut*, merupakan pola peledakan yang memiliki keunggulan dibandingkan pola peledakan lain yaitu energi peledakan yang dihasilkan akan lebih tinggi walaupun menggunakan jenis bahan peledak yang sama, hal itu dapat disebabkan dari bentuk polanya yang berorientasi terkumpul relatif lebih rapat. Pola *box cut* sangat efisien digunakan untuk pemberaian batuan dengan tingkat kekerasan tinggi. Namun yang menjadi kendala ialah gelombang ledakan tinggi dapat mempengaruhi lingkungan sekitar bila tidak disesuaikan dengan sifat dan karakteristik lingkungan.

Pola *V-cut*, merupakan pola peledakan dengan arah bidang bebas relative menuju pada suatu titik tengah (center) dengan bentuk menyerupai huruf V, pola ini relative efisien karena fragmentasi hasil peledakan akan terkumpul pada suatu titik atau tidak tersebar, sehingga pengangkutan material hasil peledakan akan lebih efisien dibanding pola lainnya.

Pola *Corner-cut*, merupakan pola peledakan dengan dua bidang bebas, secara signifikan arah dari fragmentasi peledakan akan jatuh ke bagian pojok (*corner*) perpotongan dari kedua bidang bebas tersebut. Merupakan pola yang paling umum digunakan pada industri pertambangan, karena daya ledak dan gelombang getaran yang stabil dan terdistribusikan secara merata menuju seluruh area yang akan diledakkan.

### Geometri Peledakan

Geometri peledakan dapat diartikan sebagai ketentuan jarak, dimensi ataupun ukuran dari setiap lubang ledak yang dibuat saat akan dilakukan peledakan pada suatu area penambangan guna untuk memberai batuan atau bahan galian. Adapun geometri peledakan dapat terdiri dari *burden* (B), *spacing* (S), diameter lubang tembak, *hole length* (L), *bench height* (H), *powder column* (PC), *stemming* (T), dan *subdrilling* (J). Untuk dapat memperoleh hasil pemberaian batuan sesuai dengan kriteria yang diinginkan, maka diperlukan perencanaan peledakan berdasarkan pada perhitungan geometri.

### Fragmentasi Hasil Peledakan

Fragmentasi merupakan istilah umum untuk menunjukkan suatu ukuran pada bongkah batuan hasil kegiatan peledakan. Dalam tujuan khusus ukuran fragmentasi yang besar atau bongkah dapat digunakan seperti untuk pondasi jalan tambang alat transportasi. Umumnya, ukuran fragmentasi yang diinginkan agar pada proses selanjutnya lebih mudah. Fragmentasi hasil kegiatan peledakan pada batuan yang relatif keras akan menggunakan bahan peledak yang lebih banyak untuk menghasilkan ukuran fragmentasi yang bagus, sedangkan batuan yang relatif lunak akan menggunakan bahan peledak yang lebih sedikit untuk menghasilkan ukuran fragmentasi yang bagus.



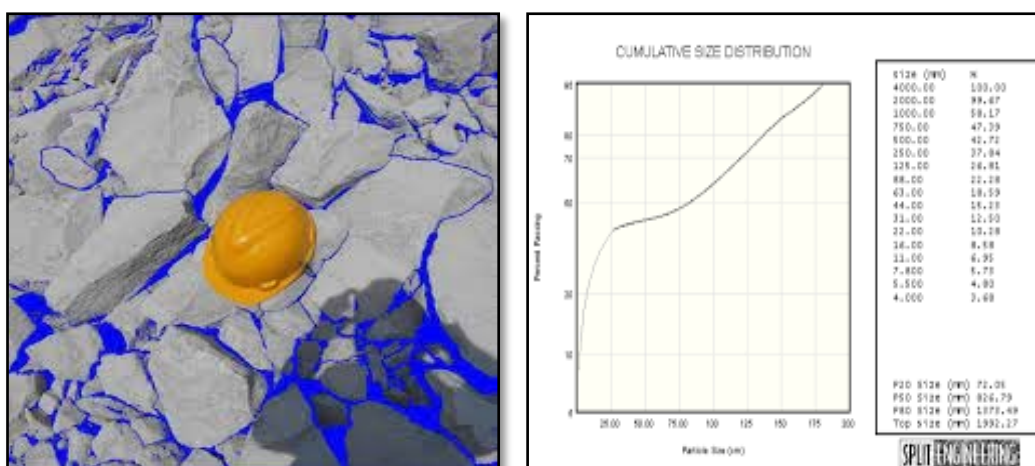
**Gambar 1.** Fragmentasi Hasil Peledakan

Fragmentasi diukur untuk mengetahui hasil peledakan (material) yang akan dimuat oleh alat gali muat. Fragmentasi adalah istilah yang biasanya digunakan dalam menunjukkan ukuran setiap bongkahan batuan ketika telah dilakukan kegiatan peledakan. Ukuran fragmentasi yang diinginkan tergantung pada proses lanjutan setelah kegiatan peledakan tersebut. Contohnya apabila fragmentasi akan digunakan sebagai penghalang di tepi jalan tambang maka akan memerlukan fragmentasi batuan yang berukuran *boulder*, tetapi biasanya fragmentasi yang diinginkan adalah fragmentasi yang berukuran relatif kecil agar lebih mudah dalam proses pengolahan lebih lanjut

### Hasil Software

*Software Split Desktop* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan analisis distribusi ukuran fragmentasi dari hasil peledakan. Hasil analisis ini berfungsi untuk dapat mengevaluasi hasil distribusi hasil peledakan mengoptimalkan peledakan, selain itu dibutuhkan data dokumentasi gambar *muckpile* yang dipakai untuk diunggah kedalam *software Split Desktop*. Hasil dari *software Split Desktop* tersebut berupa grafik garis yang berisikan informasi distribusi fragmentasi ukuran kelulusan persentase sesuai pada ukuran ayakan tertentu. Hasil dari analisis ini biasanya yang digunakan untuk sebagai indikator efisiensi fragmentasi peledakan.

Adapun langkah pengoperasian program *split desktop 2.0* pada perangkat komputer/laptop terdiri dari 5 tahapan yaitu tahapan pertama, yaitu menentukan skala yang digunakan untuk tiap-tiap gambar yang telah diambil saat pengambilan data di lapangan hal ini dapat dilakukan menggunakan program *scale image*, tahapan ke dua, yaitu melakukan penggambaran secara otomatis ataupun manual yang disesuaikan dengan gambar batuan yang sebenarnya hal ini dilakukan dengan menekan menu *find partikel*, tahapan ke tiga setelah kita selesai melakukan pengeditan terhadap gambar fragmentasi yang kita masukkan pilih menu *done editing* agar dapat disimpan di komputer, tahapan ke empat, yaitu melakukan *compute size* hal ini bertujuan untuk dapat melakukan perhitungan distribusi ukuran fragmentasi, dan tahapan terakhir yaitu melakukan pengeluaran grafik dan output dari analisis yang telah dilakukan.



Gambar 2. Langkah-Langkah yang Dilakukan dalam Perangkat Lunak untuk Analisis Fragmentasi

### Waktu Edar

Dalam pemindahan material, siklus kerja merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang, proses gerakan dari suatu alat dari gerakan mulanya sampai kembali lagi pada gerakan mula tersebut. Adapun waktu yang diperlukan untuk melakukan satu siklus kegiatan diatas disebut waktu siklus edar [2].

Siklus yang diamati dalam satu *cycle time* terdiri atas waktu penggalian (*digging time*), swing isi, waktu *loading* (*bucket* menumpahkan material ke *vessel dump truck*), dan waktu *swing* kosong. Alat bantu yang digunakan adalah stopwatch digital, alat tulis dan form pencatatan.

## C. Hasil dan Pembahasan

### Tahapan Kegiatan *Blasting* (Peledakan)

Tahap yang pertama yaitu *Plan Drilling* dan *Blast Design*. Pada tahap ini merupakan tahap pertama dalam kegiatan *blasting* (peledakan) yang dilakukan oleh Departement Bagian *Drill and Blast Engineering* (D&B engineer). Lalu tahap yang kedua yaitu *Prepare Location Drilling*, Persiapan lokasi mengacu pada proses kontruksi secara bertahap dari semua persiapan pekerjaan yang dilakukan sebelum kontruksi di suatu lokasi. Tahap yang ketiga adalah tahap *drilling* (pengeboran), tahap pemboran dilakukan untuk membuat lubang ledak yang nantinya akan diisi dengan bahan peledak ANFO (*Ammonium Nitrat* dan *Fuel Oil*) yang bertujuan untuk memberai batuan guna mempermudah dan mempercepat proses pengangkutan. Lalu yang terakhir adalah tahap

*blasting activity*, kegiatan blasting ini meliputi beberapa kegiatan di dalamnya seperti *priming*, *charging*, *stemming*, *blasting* dan *post blast*.

*Priming* adalah proses merangkai detonator (*in-hole delay detonator*) dengan dinamit ke lubang ledak.

*Charging* adalah kegiatan memasukan bahan peledak ANFO (*Amonium Nitrat* dan *Fuel Oil*). Proses *charging* ini ada yang untuk *dry hole* (lubang kering) dan *wet hole* (lubang basah) menggunakan plastik liner.

*Stemming* adalah lubang ledak bagian atas yang tidak diisi bahan peledak, tetapi biasanya oleh abu hasil pemboran atau material berukuran kerikil dan dipadatkan di atas bahan peledak. Proses *stemming* pun sama dengan proses *charging* ada yang untuk *dry hole* (lubang kering) dan *wet hole* (lubang basah).

Kegiatan ini dilakukan untuk menyambungkan *surface delay detonator* dengan *in-hole delay detonator* agar dapat terhubung satu sama lain.

Peledakan bertujuan untuk melepaskan batuan dari batuan induknya agar menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil sehingga mudah dalam kegiatan pengangkutan atau proses penambangan selanjutnya. Kegiatan peledakan dilakukan satu kali dalam sehari pada jam 12:00-13:00 WIB.

Kegiatan peledakan akan di tandai dengan adanya rambu yang dipasang di lokasi peledakan untuk menandakan bahwa akan dilaksanakan kegiatan peledakan. Alat berat yang berada disekitar area tersebut dapat menuju jarak aman yang telah diberi tanda dengan bendera warna kuning untuk jarak aman selter sejauh 300 meter, bendera warna merah untuk jarak aman unit (alat berat) sejauh 200 meter, dan bendera warna hijau untuk jarak aman manusia sejauh 500 meter dari lokasi peledakan.

**Data-Data yang Dihasilkan**

Untuk memberaikan batuan yang keras maka perlu adanya pemasukkan bahan kimia yang biasa disebut dengan bahan peledak atau ANFO (*Ammonium Nitrat* dan *Fuel Oil*) kedalam lubang ledak. Hal tersebut berpatokan terhadap penentuan geometri peledakan yang harus dihitung dengan tepat dan benar agar fragmentasi yang dihasilkan dari kegiatan peledakan dapat menghasilkan ukuran material (batuan) sesuai atau seragam.

Berdasarkan hasil kegiatan pengamatan dilapangan maka di peroleh data hasil berupa *burden*, spasi, *stemming*, dan *subdrill*.

**Tabel 1. Blast Report**

No	Burden	Spasi	Stemming	Subdrill
1	8	7	3	0,5
2	9	8	4	0,5
3	9	8	4	0,5
4	8	7	3	0,5
5	8	7	3	0,5
6	8	7	3	0,5
7	8	7	3	0,5
8	9	8	4	0,5
9	8	7	3	0,5
10	8	7	3	0,5
11	8	7	3	0,5
12	9	8	4	0,5
13	8	7	3	0,5
14	9	8	4	0,5
15	9	8	4	0,5
16	8	7	3	0,5
17	8	7	3	0,5
18	8	7	3	0,5
19	8	7	3	0,5
20	8	7	3	0,5

### Material yang Digunakan untuk Stemming

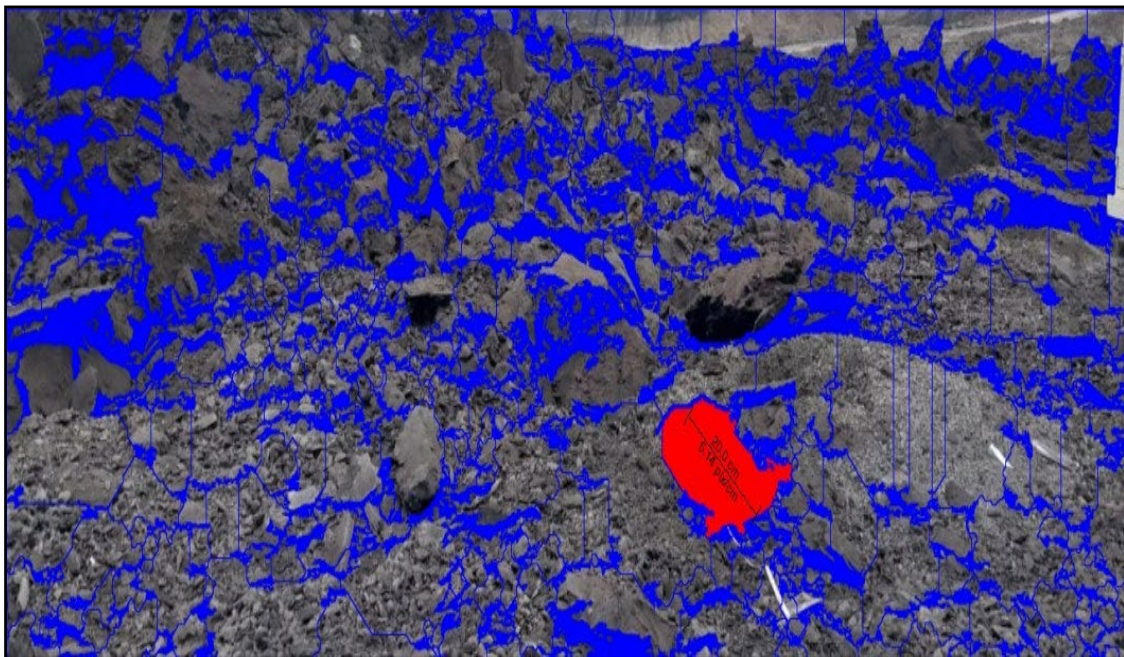
Material *stemming* yang digunakan di daerah penelitian pada PT. PPA Jobsite BIB yaitu di pit Kusan Girimulya Utara adalah *cutting bor*.

### Analisis Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual

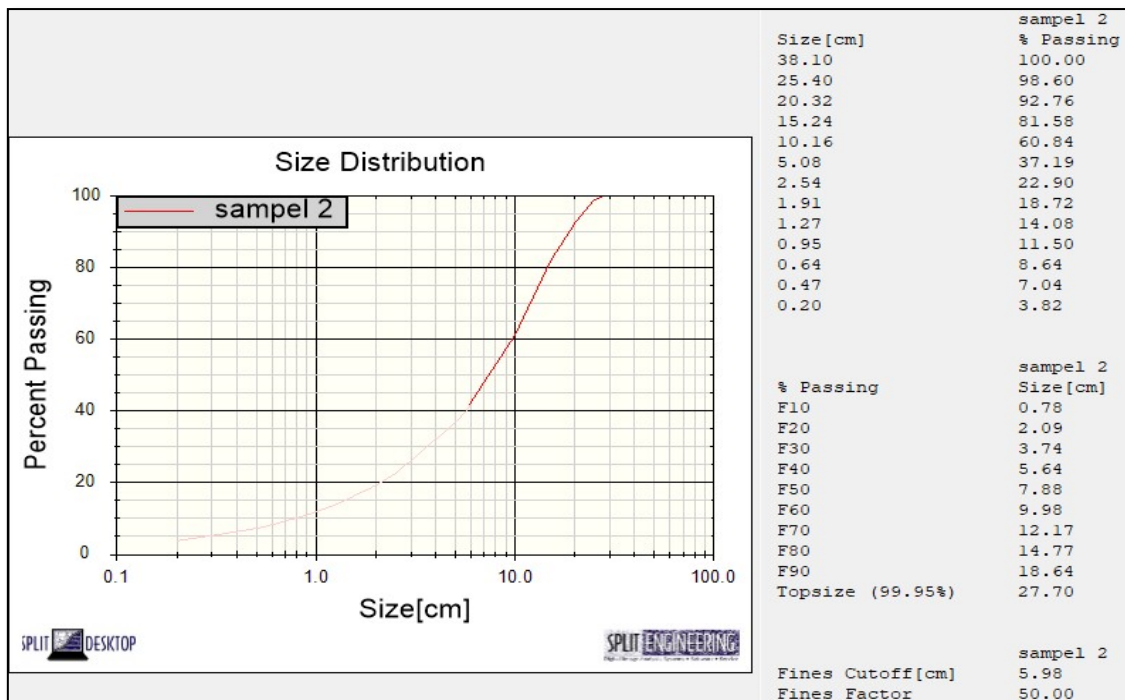
Untuk mengetahui fragmentasi hasil ledakan dengan menggunakan salah satu geometri peledakan yang diterapkan yaitu stemming dengan 2 sampel diantaranya dengan menggunakan *software Split Dekstop 4.0.0*. Dibawah ini merupakan hasil gambar fragmentasi hasil peledakan dilapangan.



**Gambar 2.** Pengambilan Foto Pertama Fragmentasi Langsung di Lapangan dengan Kedalaman *Stemming* 3 meter



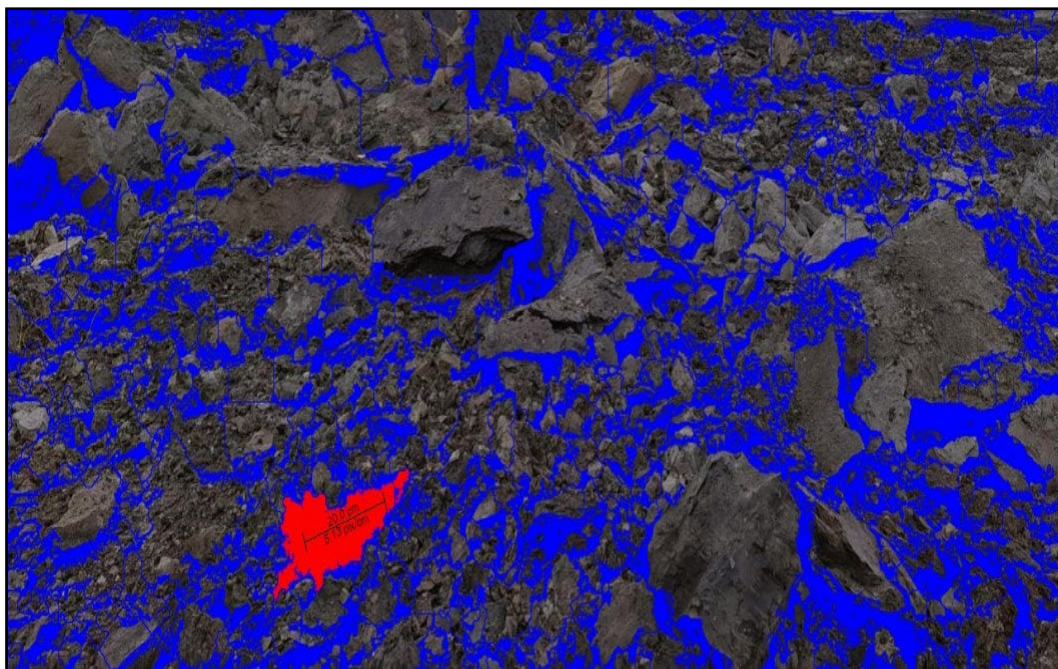
**Gambar 3.** Analisis Foto Peledakan Menggunakan *Software Split Dekstop 4.0.0*



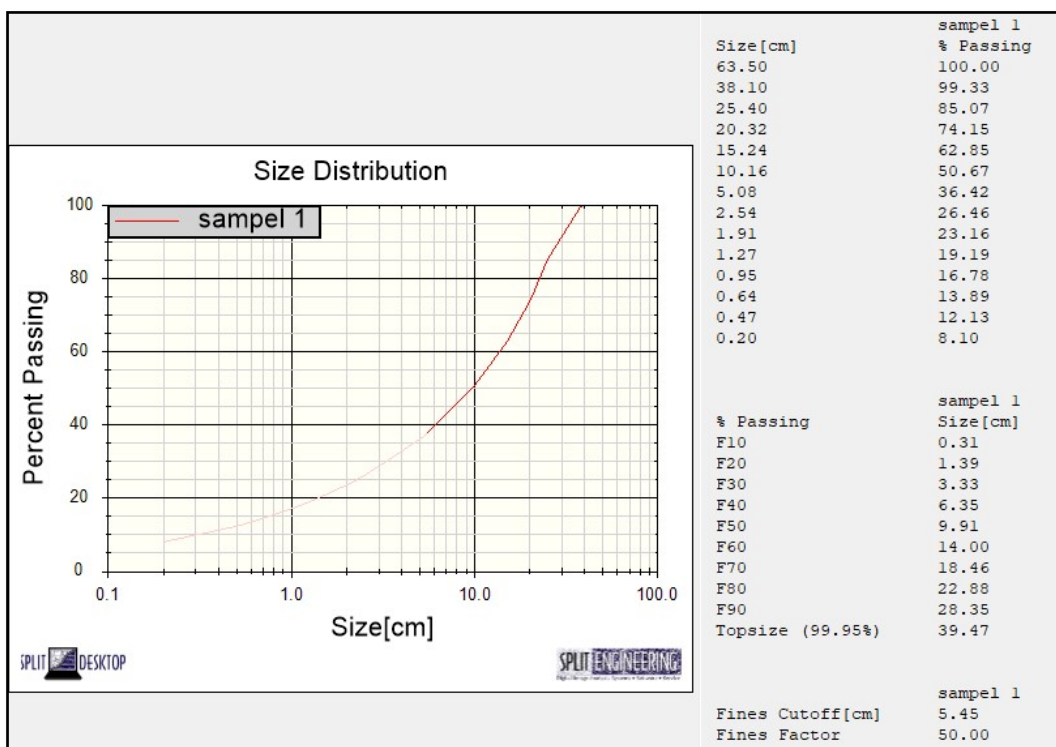
Gambar 4. Grafik Analisis Foto Peledakan Menggunakan Software Split Dekstop 4.0.0



Gambar 5. Pengambilan Foto Kedua Fragmentasi Langsung di Lapangan dengan Kedalaman Stemming 4 meter



Gambar 6. Analisis Foto Peledakan Menggunakan Software Split Dekstop 4.0.0



Gambar 7. Grafik Analisis Foto Peledakan Menggunakan Software Split Dekstop 4.0.0

**Waktu Edar Alat Gali-Muat**

Waktu edar alat-gali muat merupakan waktu yang digunakan untuk menggali, swing (mengayun bucket) bermuatan material, mengarahkan posisi, membuang muatan, waktu swing tidak bermuatan, kembali kepermukaan kerja dan posisi siap untuk menggali muatan lagi. Waktu yang dibutuhkan alat gali-muat untuk mengisi alat angkut sampai bak atau vessel alat angkut dalam keadaan penuh dan siap untuk mengangkut muatan lagi disebut waktu mengisi muatan (loading time).



Tabel dibawah ini menunjukkan waktu rata-rata untuk *digging time*, *swing isi*, *dumping*, *swing kosong*, dan *cycle time* alat gali-muat.

**Tabel 2.** Waktu Edar Alat Gali-Muat Stemming 3 Meter

<i>Digging Time</i> (detik)	<i>Swing Isi</i> (detik)	<i>Dumping</i> (detik)	<i>Swing Kosong</i> (detik)	<i>Cycle Time</i> (menit)
11,736	9,591333	3,290667	6,967	31,585

**Tabel 3.** Waktu Edar Alat Gali-Muat Stemming 4 Meter

<i>Digging Time</i> (detik)	<i>Swing Isi</i> (detik)	<i>Dumping</i> (detik)	<i>Swing Kosong</i> (detik)	<i>Cycle Time</i> (menit)
12,204	10,08931	3,132667	7,109	32,19867

**Hasil Analisis Frgamentasi Peledakan Menggunakan Software Split Dekstop 4.0.0**

Dari hasil analisis menggunakan Software Split Dekstop 4.0.0 dengan variabel aktual hasil blasting (peledakan) dilapangan dengan kedalaman stemming 3 meter menunjukkan fragmentasi kelompok medium (range) dengan ukuran dibawah 80 cm yaitu 38, 10 cm. Begitupun untuk kedalaman stemming 4 meter menunjukkan fragmentasi kelompok medium (range) dengan ukuran juga dibawah 80 cm adalah 63,50 cm. Ternyata untuk perbedaan kedalaman stemming di 4 meter tidak ada mengakibatkan boulder (bongkah).

**Tabel 4.** Distribusi Fragmentasi Batuan dengan Kedalaman *Stemming* 3 Meter

No	Size (cm)	Fragmentasi Boulder (>80 cm)	
		Lolos (%)	Tertahan (%)
1	38,10	98,60	1,4
2	25,40	92,76	5,84
3	20,32	81,76	11,01
4	15,24	60,84	20,92
5	10,16	37,19	23,65
6	5,08	22,90	14,29
7	2,54	18,72	4,18
8	1,91	14,08	4,64
9	1,27	11,50	2,58
10	0,95	8,64	2,86
11	0,64	7,04	1,6
12	0,47	3,82	3,22
13	0,20	0	3,82

**Tabel 5.** Distribusi Fragmentasi Batuan dengan Kedalaman *Stemming* 4 Meter

No	Size (cm)	Fragmentasi Boulder (>80 cm)	
		Lolos (%)	Tertahan (%)
1	63,50	99,33	0,67
2	38,10	85,07	14,26
3	25,40	74,15	10,92
4	20,32	62,85	11,3
5	15,24	50,67	12,18
6	10,16	36,42	14,25
7	5,08	26,46	9,96
8	2,54	23,16	3,3
9	1,91	19,19	3,97
10	1,27	16,78	2,41
11	0,95	13,89	2,89
12	0,64	12,13	1,76
13	0,47	8,10	4,03
14	0,20	0	8,10

Ukuran maksimum batuan hasil peledakan yang umumnya digunakan adalah sebesar 80 cm. Material peledakan yang lebih dari 80 cm dikategorikan sebagai *boulder* (bongkah). Hasil dari kedua tabel diatas menunjukkan tidak terdapat boulder dengan ukuran 80 cm. Hasil perhitungan distribusi fragmentasi batuan untuk ukuran kedalaman stemming 3 meter paling besar adalah 38,10 cm dan untuk kedalaman *stemming* 4 meter adalah sebesar 63,50 cm. Untuk presentase *boulder* yang dikatakan baik adalah sebesar 15%, jika presentasenya dibawah 15% maka geometri yang digunakan tidak perlu adanya evaluasi lagi karena presentasenya sangat baik.

### ***Digging Time Material Hasil Peledakan***

Dari data waktu edar alat gali-muat pada tabel 2 dan 3 dapat dilihat bahwa waktu yang sangat berpengaruh adalah *digging time*-nya. Karena pada dasarnya *digging time* merupakan waktu alat gali-muat menggali material yang akan dimasukkan ke dalam bak atau vessel alat angkut. Semakin lama *digging timenya* maka akan semakin besar pula *cycle time* alat gali-muat yang nantinya akan berpengaruh pada pencapaian target produktivitas perusahaan. Rata-rata *digging time* alat Excavator PC-2000 untuk kedalaman stemming 3 meter adalah sebesar 11,736 detik dan untuk kedalaman stemming 4 meter rata-rata *digging timenya* sebesar 12,204 detik. Dengan demikian untuk *digging time* alat gali-muat yang diharapkan oleh perusahaan sudah termasuk sangat baik karena tidak ada waktu yang melebihi waktu yang diharapkan antara 9-13 detik untuk *digging time*. Cepat atau lamanya *digging time* salah satunya dipengaruhi oleh operator alat tersebut pada saat akan menggali material.

### **D. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dilapangan yang dilakukan di PT. Putra Perkasa Abadi Jobsite Borneo Indobara, maka dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya: (1) Pada saat menggunakan stemming cutting bor dengan ukuran kedalaman 3 meter didapatkan hasil presentase fragmentasi >80 cm adalah ukuran 38,10 cm yang lolos sebesar 98,60%% dan yang tertahan 1,4 %. Dan untuk stemming cutting bor dengan ukuran kedalaman 4 meter didapatkan hasil presentase >80 cm adalah ukuran 63,50 cm yang lolos sebesar 99,33 % dan yang tertahan 0,67 %; (2) Dari hasil perhitungan fragmentasi menggunakan software split dekstop 4.0.0 rata-rata fragmentasi yang dihasilkan tergolong baik, tidak ada boulder (bongkah) yang terdapat dilapangan; (3) Untuk rata-rata *digging time* alat Excavator PC-2000 untuk material hasil peledakan dengan kedalaman stemming 3 meter sebesar 11,736 detik dan untuk kedalaman stemming 4 meter 12,204 detik.

### **Daftar Pustaka**

- [1] S. K. Sharma and P. Rai, "Investigation of Crushed Aggregate as Stemming Material in Bench Blasting: A Case Study," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 33, no. 6, pp. 1449–1463, Dec. 2015, doi: 10.1007/s10706-015-9911-7.
- [2] R. N. Hakim, Nurhakim, Kartini, and A. Ridha, "Batu Split dan Cutting Bor untuk Material Stemming dalam Kegiatan Pembersihan Batuan dengan Peledakan," *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*, vol. 17, no. 2, 2016.
- [3] R. L. Ash, *Design of Blasting Round, Surface Mining*. Society for mining, metalurgi, and exploration, 1967.
- [4] S. Saptono, *Teknik Peledakan*. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta, 2006.
- [5] C. J. Konya and E. J. Walter, *Surface Blast Design*. New Jersey: Prentice Hall, inct., 1990.
- [6] S. Koesnaryo, *Design of Rock Blasting*. Yogyakarta: Fakultas Tambang UPN Veteran, 2001.
- [7] S. Koesnaryo, *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*. Yogyakarta: Fakultas Tambang UPN Veteran, 1988.
- [8] M. Gomis, D. Yulhendra, and Ansosry, "Identifikasi Tingkat Keseragaman Batuan Hasil Peledakan Dengan Metode Kuz-Ram Dan Metode Koefisien Tekstur Pada Front 1 Tambang Quarry PT. Semen Padang," *Jurnal Bina Tambang*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [9] Muhammad Sundayana, Yuliadi, and Indra Karna Wijaksana, "Analisis Hubungan Kerapatan Kekar dengan Tingkat Getaran Tanah Hasil Peledakan," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 133–140, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i2.1411.
- [10] Desy Mahda and Yuliadi, "Analisis Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng pada PT. XYZ Blok Paniisan," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 125–132, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i2.1317.

- [11] D. F. Hamdan, Yuliadi, and Zaenal, “Optimasi Explosive Charge per Delay untuk Mengontrol Getaran Tanah pada Peledakan Tambang Semen,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 63–70, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrtp.v3i1.2141.
- [12] A. Salsabiela, Yuliadi, and E. Moralista, “Identifikasi Karakteristik Peluruhan Hasil Peledakan Andesit berdasarkan Beberapa Prediktor pada Tunnel #4 Kereta Cepat Indonesia China di Kecamatan Sukatani, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, vol. 1, no. 1, pp. 62–70, Oct. 2021, doi: 10.29313/jrtp.v1i1.144.