

# PENGARUH DIGGING TIME ALAT GALI MUAT TERHADAP FRAGMENTASI HASIL PELEDAKAN BATUBARA

Alex Lisendrik Nadapdap<sup>1</sup>, Guskarnali<sup>1,a</sup>, dan Haslen Oktarianty<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung  
Kampus Terpadu UBB, Balunijuk, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

<sup>a)</sup> email korespondensi: guskar.ubb@gmail.com

## ABSTRAK

Fragmentasi hasil peledakan merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dikarenakan dampak ukuran yang heterogen dan memiliki ukuran yang besar akan mempengaruhi *digging time* dari alat gali muat yang digunakan. *Powder factor* yang digunakan pada proses peledakan selama penelitian dengan rata-rata tujuh kali peledakan sebesar 0,24 kg/BCM. Hasil peledakan dengan *powder factor* tersebut dihitung distribusi aktual fragmentasinya dengan menggunakan software *split deskstop 2.0* serta dihitung waktu penggalian alat gali muat Liebherr R9400. Persentase ukuran yang lebih dari 100 cm sebesar 21,4%. Fragmentasi ini mempengaruhi *digging time* alat gali muat dibandingkan dengan hasil regresi linear, korelasi  $y = 0.1859x + 5.0826$  dengan korelasi  $r^2 = 0,85$ . Semakin besar persentase fragmentasi >100 cm maka semakin tinggi juga *digging time* yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa fragmentasi berpengaruh besar terhadap *digging time* Excavator Liebherr R9400. Geometri usulan untuk mencapai fragmentasi ukuran >100 cm kurang dari 15% yaitu *burden* 6,3 m, spasi 7,56 m, *powder factor* 0,37 kg/BCM, dengan kedalaman lubang 9,45 m, dengan geometri usulan ini diperoleh *boulder* hanya sebesar 13%.

**Kata kunci :** Fragmentasi, *powder factor*, *digging time*.

## PENDAHULUAN

PT Adaro Indonesia merupakan salah satu tambang batubara terbesar di Indonesia. Kegiatan penambangan PT Adaro terletak di antara Kabupaten Tabalong dan Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. Pengoperasian pertambangan milik PT Adaro berdasarkan Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) dengan area konsesi seluas 34.940 Ha.

PT Adaro memiliki 3 (tiga) pit, yaitu pit Wara, Central dan North/Paringin. Kegiatan penambangannya sendiri dikerjakan oleh beberapa kontraktor, meliputi PT Saptaindra Sejati (SIS), PT Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA), PT Pamapersada Nusantara (PAMA) untuk melakukan penambangan batubara. Pada proses penambangan material keras diperlukan metode pembongkaran yang lebih cepat, tepat dan efisien serta ekonomis, sehingga dipilihlah metode pengeboran dan peledakan. Kegiatan ini dikerjakan oleh kontraktor peledakan, yaitu PT Dahana (Persero) yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN).

Pada awalnya PT Dahana menggunakan metode peledakan Non – electric detonator (Nonel) dalam kegiatannya, namun seiring dengan berkembangnya teknologi, maka saat ini PT Dahana menggunakan metode peledakan elektronik detonator pada pit central tertutup. Berdasarkan data aktual di lapangan, fragmentasi batuan dengan ukuran > 1 meter sebesar 21 %. Sedangkan berdasarkan standar perusahaan, (PT.SIS) fragmentasi yang baik yaitu batuan dengan ukuran >1 meter sebesar tidak lebih dari 15 % dan

target *digging time* yang di inginkan perusahaan yaitu 12 sampai 13 detik (pengawas produksi PT SIS). Namun aktual di lapangan rata – rata *digging time* adalah 16,28 detik (belum optimal). Untuk mengantisipasi terjadinya *boulder* yang dapat mempengaruhi *digging time* alat muat hasil peledakan maka perlu dilakukan kajian terhadap geometri peledakan untuk mencapai fragmentasi ukuran 1 meter di bawah 15% berdasarkan persamaan Kuz-ram dan *split deskstop 2.0*.

Karakteristik massa batuan akan mempengaruhi mudah tidaknya suatu batuan untuk diledakkan. Batuan penutup di pit central PT Adaro Indonesia berupa batulempung. Data hasil pengujian sampel batuan pada inti pengeboran di pit central mempunyai kekuatan UCS sebesar 6,6 MPa ( Hardness dengan acuan skala mohs adalah 3 ) Batuan dapat dikelompokkan berdasarkan kuat tekan uniaxial, batuan Mudstone atau batulempung di pit central termasuk golongan sangat lunak (Farmer, 1976). Keberhasilan suatu peledakan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas yang mencukupi. Pola pemboran merupakan suatu pola pada kegiatan pemboran dengan mendapatkan lubang-lubang bor secara sistematis. Terdapat 3 pola pengeboran yakni Pola bujur sangkar (square pattern), Pola persegi panjang (*rectangular system*), dan Pola zig-zag (*staggered pattern*) (Kartodharmo, 1989).

Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material terdiri dari *Box Cut*, *Eschelon*, dan *V-cut* (Singgih, 2006).

Geometri peledakan yang digunakan untuk mengukur aktual dari proses pengoboran menggunakan pendekatan teori R.L. Ash (1963).

Detonator nonel telah dirancang untuk mengatasi kelemahan yang ada pada detonator listrik. Sehingga detonator nonel dapat diterima oleh konsumen lengkap dengan sumbu signalnya yang dimana merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan. Detonator nonel bisa disebut juga sebagai detonator biasa karena lebih cenderung untuk diinisiasi dengan sumbu api dibandingkan dengan listrik (B.V Gokhale, 2009)

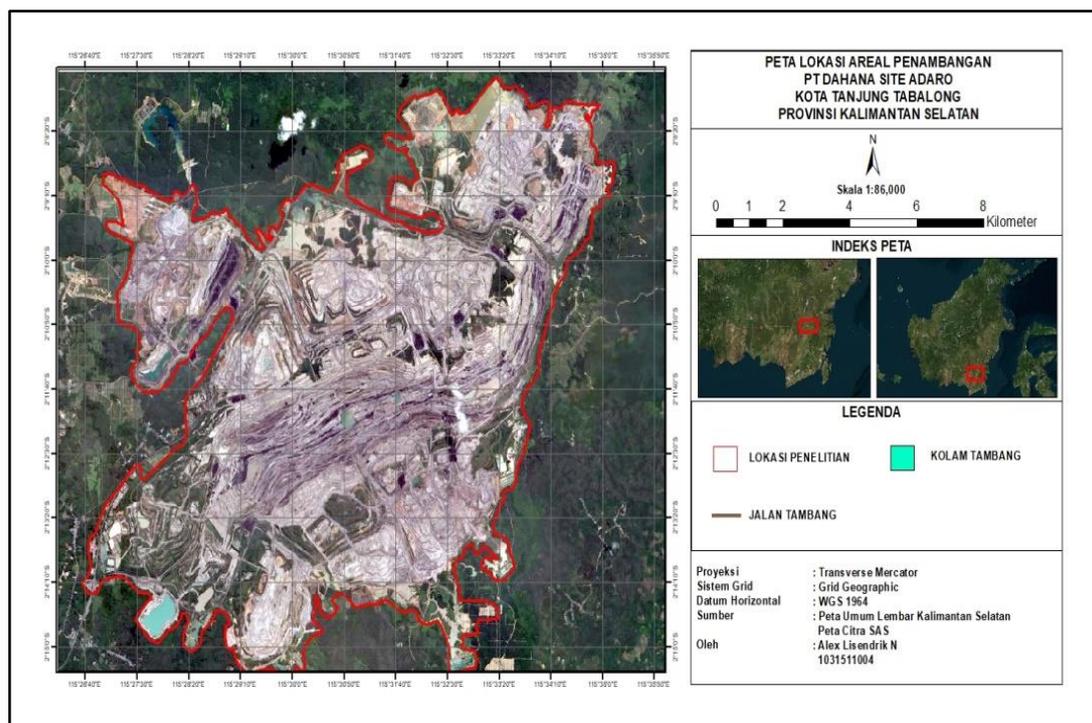
Detonator nonel dirancang dengan menggunakan detonator biasa yang dipasang dengan detonating cord sebagai penghantar energi untuk meledakkan detonatornya. Detonating cord tersebut terbuat dari tabung plastik yang diameter luar 3 mm dan diameter dalamnya 1,5 mm. Tabung plastik detonating cord ini berisi bahan peledak kuat yang komposisinya telah diatur sehingga setiap detonating cord yang ada memiliki delay tertentu, ada delay yang cepat dan ada yang relatif lambat. Gelombang kejut yang merambat dalam tabung plastik

nonel tersebut dapat mencapai 2000 m/s (Bhandari, 1997).

Penelitian ini bertujuan untuk menguraikan hasil fragmentasi yang dihasilkan dari geometri peledakan dan *powder factor* menggunakan *Software Split Desktop 2.0*, Menganalisis pengaruh distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan terhadap *digging time* alat gali muat, dan Mendapatkan geometri peledakan hasil evaluasi di lapangan agar memperoleh fragmentasi yang diinginkan.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penambangan berada di Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT Adaro Indonesia, Kecamatan Murung Puduk, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan yang mana luas IUP tambang PT Adaro sekitar 34.940 Ha. Penelitian ini sendiri dilaksanakan kurang lebih selama 6 minggu yang dimulai pada tanggal 29 Mei sampai tanggal 4 Juli 2019. Lokasi penelitian PT Dahana site ADARO dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi penelitian di PT Dahana site Adaro

Berdasarkan peta Geologi PT Adaro Indonesia terletak pada Formasi Warukin, Berai dan Tanjung. Secara Keseluruhan PT Adaro Indonesia didominasi oleh Formasi Warukin yang terdiri dari litologi, batulempung karbonan, batupasir karbonan, dan batubara. Formasi ini diendapkan secara selaras diatas Formasi Berai. Formasi ini diendapkan pada Miosen Tengah hingga awal Miosen Akhir (Riyadi, 2016).

Wilayah kuasa pertambangan PT Adaro Indonesia secara regional termasuk dalam cekungan kutai, studi literatur yang terkait dengan pelaksanaan kegiatan peledakan dan pengukuran geometri aktual kegiatan

Cekungan Kutai ini, dibagi menjadi dua bagian, yaitu: Cekungan Barito yang terdapat di sebelah barat Pegunungan Meratus dan Cekungan Pasir yang terdapat di sebelah Timur Pegunungan Meratus. Secara khusus wilayah kerja penambangan PT Adaro Indonesia terletak pada Cekungan Barito yang terletak di tepi bagian timur Sub-cekungan Barito di dekat Pegunungan Meratus (Aziz, 2017).

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif berupa pengamatan langsung dan serta pengambilan dokumentasi awal daerah penelitian.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: alat pelindung diri (APD), kamera digital, alat tulis, roll meter (50 m), kertas A4, bola (d=20 cm), tongkat pengukur, komputer/laptop dengan instalasi *Software* Microsoft Excel, Microsoft Word, *ShotPlus*, *Split desktop*.

Data geometri aktual yang didapatkan setiap kali peledakan diolah untuk mendapatkan hasil perhitungan berupa volume peledakan aktual serta hasil dari nilai fragmentasi hasil kegiatan peledakan menggunakan metode R.L Ash dan *powder factor* itu sendiri. Pengukuran geometri menggunakan roll meter (50 m).

Pengolahan foto fragmentasi hasil peledakan di lapangan menggunakan perangkat lunak yang terdapat pada komputer/laptop sehingga didapatkan nilai persentase fragmentasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ukuran geometri peledakan mempunyai pengaruh besar dalam proses pemecahan dan pembentukan fragmentasi batuan. Penentuan geometri peledakan mulai dari *burden*, spasi, panjang kolom isian, *stemming*, tinggi jenjang, *subdrilling*, dan kedalaman

lubang ledak harus memperhatikan karakteristik massa batuan dan kondisi geologi setempat agar dapat memperoleh fragmentasi yang diharapkan. Data karakteristik massa batuan secara umum yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh Departemen Geoteknik PT Adaro Indonesia.

Kegiatan pengeboran di lokasi Pit Central dilakukan oleh PT SIS yang merupakan kontraktor yang bekerja untuk PT Adaro Indonesia. PT SIS yang merupakan Kontraktor dari PT Adaro membuat pola pengeboran sebelum kegiatan pengeboran dilakukan sebagai acuan pelaksanaan pengeboran lapangan. Pola pengeboran yang diterapkan di lokasi Pit Central adalah pola *zigzag* (*straggered pattern*). Pola *zigzag* ini bertujuan agar mendapatkan hasil fragmentasi yang lebih baik. Distribusi energi peledakan yang dihasilkan pada pola *zigzag* (*straggered pattern*) lebih optimal. Perencanaan awal dengan burden 8 meter dan spasi 9 meter setelah dilakukan pengukuran di lapangan didapatkan nilai rata rata burden 8,15 meter, spasi 9,2 meter dan kedalaman lubang ledak 7 meter.

Tabel 2. Hubungan *powder factor* dengan fragmentasi

No.	Waktu	Lokasi (Pit Central)	Ukuran Fragmentasi		Burden	PF	Digging
			Rata – rata	>100 cm			
1.	16 Juni 2019	CT 2 HW Atas	66,8	25,91 %	8,12	0,2	17.11
2.	17 Juni 2019	CT 1 Floor D	53,1	17,84 %	8,05	0,27	14.19
3.	19 Juni 2019	CT 1 Floor OB2	53,3	23,13 %	8,03	0,3	15.87
4.	20 Juni 2019	CT 1 Floor C	62	22,62 %	8,1	0,23	15.87
5.	24 Juni 2019	CT 2 HW	56,14	22,05 %	8,07	0,27	16.46
6.	26 Juni 2019	CT 1 Roof D	60,12	19,53 %	8,08	0,23	15.53
7.	30 Juni 2019	CT 1 Floor OB2	70,28	18,64 %	8,21	0,18	16.34
<b>Rata - rata</b>			<b>60,2 cm</b>	<b>21,4 %</b>	<b>8,15</b>	<b>0,24</b>	<b>16</b>

Pola peledakan yang digunakan per lokasi peledakan (*blasting area*) Pit Central adalah pola *echelon*, sedangkan pola penyalaan (*firing system*) yang digunakan adalah *hole by hole* menggunakan sistem peledakan elektronik yang memiliki tingkat ketelitian tinggi dengan akurasi 0,01 % dari ms yang ada serta delay yang dapat diatur sendiri mulai dari 1 ms – 20000 ms. Peledakan dengan sistem elektronik dapat memperkecil kemungkinan terjadinya lubang yang meledak secara bersamaan, memperkecil tingkat *misfire* serta dapat mengurangi getaran karena lebih leluasa dalam pengaturan *delay system*. Peledakan juga dilakukan lebih aman dengan menggunakan *Wireless Remote Firing Device* yang membuat *Blaster* menjadi lebih aman karena dapat melakukan *firing* dari jarak yang jauh tanpa harus kesulitan dalam menarik kabel seperti pada sistem peledakan *nonel* dan *electric*.

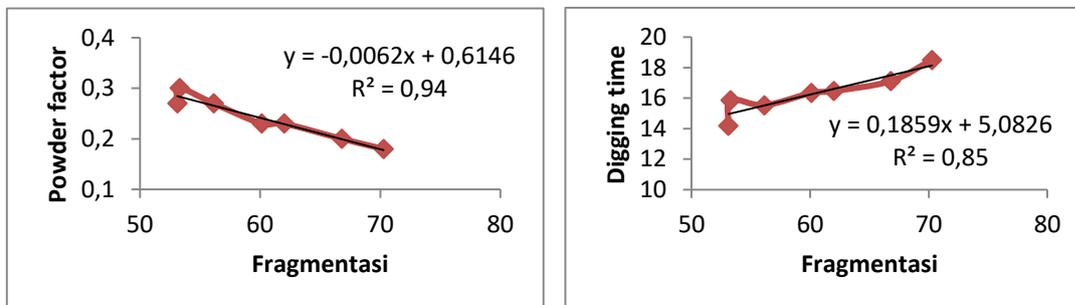
Bahan peledak yang digunakan pada kegiatan peledakan *overburden* dengan jenis batuan *mudstone* adalah *Emulsion* dengan merk dagang Dabex73 yang memiliki densitas 1,2 gr/cc dengan kecepatan detonasi sebesar 5300 m/s. Dabex73 merupakan pencampuran antara *Emulsion* dan ANFO dengan rasio adalah 70%:30%. *Primer (booster)* yang digunakan adalah *dayaprime 400gr* menggunakan satu detonator elektornik E\*Star (*electronic detonator*) pada setiap lubang ledak. Peledakan di pit central pada saat penelitian dilakukan sebanyak 7 kali dengan *powder faktor* yang berbeda.

Fragmentasi aktual di lapangan selama 7 kali peledakan berdasarkan analisis *software split desktop* didapatkan rata - rata *boulder* sebesar 21,4 %, hal ini dapat terjadi karena geometri peledakan (*burden*) yang diterapkan belum baik. Sedangkan perusahaan menginginkan ukuran fragmentasi > 100 cm sebesar

$\leq 15\%$  agar mempermudah dalam proses penggalian dan pemuatan dilapangan.

Perubahan ukuran geometri peledakan akan mempengaruhi ukuran fragmentasi hasil peledakan. Menurut R. L Ash suatu operasi peledakan dikatakan baik apabila jumlah bahan peledak yang digunakan menghasilkan produk setara dengan jumlah volume batuan yang diledakan. *Powder factor* memiliki

pengaruh yang signifikan terhadap fragmentasi hasil peledakan. Hasil pengamatan hubungan PF peledakan dengan fragmentasi memperlihatkan bahwa selama tujuh kali peledakan menghasilkan *powder factor* yang beragam antara 0,18 kg/BCM sampai dengan 0,30 kg/BCM. Hal ini menunjukkan hubungan yang linier antara *powder factor* dan fragmentasi pada grafik.



**Gambar 2.** Grafik fragmentasi: (a) fragmentasi terhadap *Powder Factor* (PF), (b) fragmentasi terhadap *digging time*

Pada grafik di atas menunjukkan trend turun dengan persamaan  $y = -0,0062x + 0,6146$  dengan nilai  $r^2$  0,94 yang artinya *powder factor* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap fragmentasi hasil peledakan. Hasil pengamatan hubungan PF dengan fragmentasi memperlihatkan bahwa selama tujuh kali peledakan menghasilkan hubungan antara fragmentasi dan *powder factor* yang berbanding terbalik yaitu jika *powder factor* menurun ukuran fragmentasi semakin besar dan sebaliknya jika *powder factor* meningkat maka ukuran fragmentasi semakin kecil.

Parameter untuk mengevaluasi keberhasilan peledakan selain dengan melihat distribusi fragmentasi peledakan dengan mengukur waktu penggalian dari alat gali muat *excavator type Liebherr R 9400 kelas 4000*. Penilaian terhadap optimal atau tidak *excavator* dilihat dari mudah tidaknya material hasil peledakan tersebut digali. Metode yang digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui optimal tidaknya dengan menghitung waktu *digging time excavator* di lapangan menggunakan *stopwatch* sebanyak 32 *sample* setiap kali peledakan sehingga didapatkan *digging time* rata - rata sebesar 16 ms. Pengambilan data *digging time* diambil pada 7 lokasi yang berbeda namun masih di pit yang sama (pit *central*) dan nilai *digging time* di akumulasi dalam bentuk grafik trend linier.

Hubungan fragmentasi dan *digging time* menunjukkan bahwa waktu *digging time* terendah pada lokasi CT 1 Floor D dengan waktu 14,19 detik dengan ukuran fragmentasi rata - rata sebesar 53,1 cm dan *digging time* tertinggi berada di lokasi CT 2 Hw dengan waktu 17,11 detik dengan ukuran fragmentasi rata - rata sebesar 66,8 cm. Perbedaan waktu *digging* mencapai 2,92 detik dikarenakan ukuran boulder mempengaruhi sulit atau tidaknya suatu material

*overburden* dengan jenis *mudstone* untuk di gali. Lokasi CT 2 Hw dengan *digging time* tertinggi disebabkan fragmentasi hasil peledakan pada lokasi tersebut masih berukuran besar (66,8 cm) dan bersifat heterogen atau tidak seragam sehingga *excavator* sulit untuk menggali material, sedangkan pada lokasi CT 1 Floor D menunjukkan waktu *digging* yang rendah karena fragmentasi hasil peledakan pada lokasi tersebut lebih kecil dan bersifat homogen dengan ukuran 53,1 cm sehingga *excavator* lebih mudah menggali material *overburden*.

Persamaan *trend linier* antara fragmentasi dengan *digging time excavator* yaitu  $y = 0,1859x + 5,0826$  dan  $r^2=0,85$  yang menandakan bahwa adanya hubungan yang erat antara fragmentasi dengan *digging time*. Peningkatan tersebut dikarenakan ukuran boulder mempengaruhi sulit atau tidaknya suatu material *overburden* dengan jenis *mudstone* untuk di gali. Grafik tersebut menunjukkan pengaruh ukuran fragmentasi diatas 60 cm akan mempengaruhi besarnya *digging time* mencapai 3 detik jika dibandingkan dengan ukuran 50 cm. Persamaan linier fragmentasi dan *digging time* dapat dijadikan acuan untuk memperkirakan besarnya *digging time* pada peledakan selanjutnya.

Perhitungan geometri peledakan perlu dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan peledak di setiap peledakan dan mampu menghasilkan fragmentasi yang diharapkan sehingga nilai *digging rate* alat gali muat dapat ditingkatkan. Sebagai perbandingan terhadap geometri yang diterapkan saat ini, dilakukan perhitungan geometri usulan berdasarkan rumusan R.L. Ash dan pertimbangan karakteristik massa batuan yang akan diledakkan. Secara umum, perbandingan antara geometri aktual dan usulan (Tabel 4).

**Tabel 4.** Perbandingan geometri aktual dan usulan

Geometri Peledakan	Aktual	R. L. Ash
Diameter Lubang	200 mm	200 mm
Burden (B)	8,15 m	6,3 m
Spasi (S)	9,2 m	7,56 m
Stemming (T)	3 m	5,04 m
Subdrilling (J)	0,7 m	1,26 m
Kedalaman (H)	7 m	9,45 m
Tinggi Jenjang (L)	6,5 m	8,19 m
Isian Kolom (PC)	3,3 m	4,41 m
Powder Factor	0,24 kg/BCM	0,37 kg/BCM

Geometri yang diterapkan pada peledakan aktual memiliki nilai *powder factor* sebesar 0,24 kg/BCM. Sedangkan untuk geometri usulan, nilai *powder factor* yang digunakan sebesar 0,37 kg/BCM. Dalam hal ini, terjadi peningkatan nilai *powder factor* yang digunakan sebesar 0,13 kg/BCM, akan tetapi nilai *powder factor* masih dalam batas yang diperbolehkan berdasarkan teori *Bhandari*. Semakin tinggi nilai *powder factor* maka fragmentasi berukuran *boulder* yang dihasilkan semakin sedikit (Gambar 3).

Diperolehnya fragmentasi batuan yang merata dengan ukuran *boulder* kurang 15 % dari jumlah massa batuan yang diledakkan merupakan salah satu syarat peledakan yang berhasil. Dari hasil perhitungan

perkiraan distribusi ukuran fragmentasi berdasarkan split desktop menghasilkan *boulder* sebesar 21 %. Sedangkan pada geometri usulan hasil perhitungan R.L. Ash memiliki persentase sebesar 13 %. Dalam hal ini, penggunaan geometri usulan memiliki persentase distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan berukuran *boulder* kurang dari 15 %, lebih kecil daripada penggunaan geometri aktual. Dengan lebih sedikitnya persentase *boulder* hasil peledakan maka korelasinya *digging rate excavator* Liebherr R 9400 kelas 4000 diperkirakan akan lebih bagus dan akan meningkatkan kinerja excavator.

## KESIMPULAN

Geometri peledakan yang baik untuk diterapkan adalah *burden* sebesar 6,3 m, *spasi* 7,56 m, kedalaman lubang ledak 9,45 meter, *subdrilling* 1,26 meter, tinggi jenjang 8,19 meter, *stemming* 5,2 meter, dan panjang kolom isian 4,25 meter serta *powder factor* 0,35 kg/BCM yang mana dari geometri usulan tersebut menghasilkan persentase *boulder* yang lebih kecil dibandingkan dengan geometri yang diterapkan saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R.L., 1963. *The Mechanics Of Rock Breakage*. Nevada: Pit and Quarry Magazine
- Aziz, G., 2017. *Kajian Teknis Peledakan Dalam Kontrol Fragmentasi dan Vibrasi*. Universitas Islam Bandung.
- Bhandari, S., 1997. *Engineering Rock Blasting Operations*. Rotterdam: AA Balkema.
- Farmer, A., 1976, *Mekanika Tanah dan Batuan*. American Geological Institute.
- Gokhale, B.V., 2009. *Rotary drilling and blasting in large surface mines*. CRC Press/Balkema: Leiden (Netherlands)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih atas publikasi artikel ilmiah kepada Universitas Bangka Belitung dengan memberikan kesempatan kepada peneliti sehingga bisa berpartisipasi dalam kegiatan Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Fakultas Teknik (SNPPM-FT).

- Irwan, 1987. *Pengetahuan Dasar Bahan Peledak*. Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral.
- Kartodharmo, M., 1989. *Teknik Peledakan*. Laboratorium Geoteknik Pusat Antar Universitas-Ilmu Rekayasa.ITB:Bandung.
- Riyadi, O., 2016. *Kajian Teknis Fragmentasi Hasil Peledakan Lapisan Tanah Penutup Terhadap Produktivitas Excavator*. Universitas Sriwijaya.
- Singgih, S., 2006. *Teknik Peledakan*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Yogyakarta.
- Hustrulid, W., 1999. "*Blasting Principles For Open Pit Mining*", General Design Concepts, Rotterdam.