

Analisis Geometri Peledakan Guna Mendapatkan Fragmentasi Batuan yang Diinginkan untuk Mencapai Target Produktivitas Alat Gali Muat Pada Kegiatan Pembongkaran Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*) di Pit Menara Utara, PT. Arkananta Apta Pratista *Job Site* PT.KPUC, Malinau, Kalimantan Utara

Sahrul Ramadana^{1,*}, Raimon Kopa^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*sahrul.ramadana12@gmail.com

**raimon_unp@yahoo.co.id

Abstract. *Overburden* digging process at North Tower Pit was carried out by blasting. The results of the observation from the actual blasting geometry carried out by the company in blasting activities, it produces blasting fragmentation which *boulder* size is $\pm 25\%$, the effect is diggability of the digging tool is not maximum and productivity target of the tool at 800bcm/hour can not be achieved. This study aims to optimize blasting geometry to minimize the number of *boulder* so that the loading activities become more effective and productivity target can be achieved. The research method is carried out by giving blasting geometry recommendation based on R.L.Ash and ICI Explosives theories and it is done on the both applications which is carried out in the field so that it get the optimum blast plan. Based on the results of the both applications of blasting geometric plans, it is recommended that the geometry plan of blasting is *burden*: 5.3m, *space*: 8.5m, *stemming*: 4.6m, *subdrilling*: 1m, *bench height*: 8m, the depth of explosive hole: 9m, *powder column*: 4.4m, and *powder factor*: 0.33kg/bcm where the *boulder* of size fragmentation which is produced 10.82%, *digging time* is 10.76 seconds, *bucket fill factor* is 64.56%, and the productivity of the digging tool is 865.44bcm/hour.

Keywords: Blasting Geometry, Blasting Fragmentation, Digging Time, Bucket Fill Factor, Productivity of Digging Tool

1. Pendahuluan

Kegiatan peledakan merupakan metoda yang banyak dilakukan di industri pertambangan untuk membeberaikan material yang keras^[1]. Kegiatan peledakan ini bertujuan untuk menghancurkan batuan agar lebih mudah dan mempermudah proses penggalian yang akan dilakukan oleh alat gali muat^[2]. PT. Arkananta Apta Pratista *job site* 017C PT.KPUC, Malinau, Kalimantan Utara melakukan pengupasan tanah penutup (*Overburden*) dilakukan dengan metoda pemboran dan peledakan karena material batuan sudah tidak dapat lagi digali dengan alat gali muat. Dalam penggalian *overburden* menggunakan alat gali muat *Excavator Backhoe* Hitachi Ex 2600.

Perencanaan peledakan berupa geometri peledakan dan penggunaan jumlah bahan peledak akan mempengaruhi hasil peledakan^[3]. Adapun geometri peledakan aktual yang sering digunakan pada proses peledakan yaitu: *burden* 8m, spasi 9m, kedalaman lubang ledak 8,5m, *subdrilling* 0,5m, tinggi jenjang 8m. Dari geometri peledakan tersebut, *stiffness ratio* atau perbandingan tinggi jenjang dengan *burden* menghasilkan nilai 1. Jika nilai *stiffness ratio* 1 maka pengaruhnya pada hasil peledakan yaitu menghasilkan fragmentasi peledakan berukuran *boulder* dalam jumlah yang banyak dan adanya potensi terjadi *fly rock* sehingga harus dirancang ulang geometri peledakan tersebut^[4].

Ukuran fragmentasi hasil peledakan selalu menjadi hambatan pada proses pemuatan dan pengangkutan pada *pit* ini. Terkadang dapat terjadi ketidaksempurnaan

ukuran fragmentasi batuan berupa bongkahan (*boulder*) sehingga terjadi hambatan dalam proses penggalian maupun proses pemuatan dimana mempengaruhi terhadap waktu gali alat muat (*digging time*) dan *bucket fill factor* alat gali muat [5].

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dari geometri peledakan yang diterapkan saat ini oleh perusahaan menghasilkan ukuran fragmentasi *boulder* yang cukup banyak dimana perusahaan mengkategorikan ukuran *boulder* yaitu ≥ 100 cm. Dari hasil pengukuran dan analisis terhadap fragmentasi peledakan yang berukuran *boulder*, adapun persentase fragmentasi berukuran *boulder* yang dihasilkan saat ini dilapangan yaitu $\pm 25\%$. Tentu hal ini mempengaruhi terhadap *diggability* dari alat gali muat yaitu waktu gali (*digging time*) dan *bucket fill factor* dari alat gali muat yang beroperasi untuk menggali dan memindahkan material hasil peledakan tersebut. Adapun rata-rata *digging time* dari alat gali muat *excavator* Hitachi Ex.2600 terhadap material hasil peledakan dari kegiatan peledakan aktual yaitu ± 15 detik. *Digging time* ini masih jauh dari waktu *digging time* standar yang ditetapkan perusahaan yaitu berada dikisaran 10 – 12 detik. Sementara itu, untuk rata-rata *bucket fill factor* alat gali muat yang dihasilkan yaitu $\pm 55\%$ sehingga bisa diartikan bahwasanya material hasil peledakan yang digali oleh alat gali muat tidak termuat secara penuh pada *bucket* alat gali muat. Selain itu, rata-rata produktivitas alat gali muat dari kegiatan peledakan aktual yang dilakukan oleh PT. Arkananta Apta Pratista yaitu ± 600 bcm/jam sedangkan target produktivitas rencana perusahaan (*plan productivity*) yaitu 800 bcm/jam sehingga target produktivitas alat gali muat dari kegiatan penggalian dan pemindahan material hasil peledakan belum tercapai.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka diajukanlah geometri peledakan usulan baru yang diharapkan dapat mengurangi fragmentasi batuan hasil peledakan yang berukuran *boulder* dan mengurangi waktu menggali material hasil peledakan (*digging time*) oleh alat gali muat sehingga *bucket fill factor* alat gali muat dapat meningkat dan target produktivitas alat gali muat bisa tercapai.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang geometri peledakan optimum untuk meminimalisir persentase jumlah *boulder* sehingga kegiatan pemuatan (*loading material*) menjadi lebih efektif dan target produktivitas alat gali muat tercapai. Dalam penelitian ini juga menggunakan analisis statistik yang menghasilkan pendekatan hubungan antara kegiatan peledakan terhadap *diggability* untuk pencapaian target produktivitas alat gali muat. Dari pendekatan statistik tersebut dapat diestimasi kondisi ideal kegiatan peledakan untuk mendukung peningkatan *diggability* dalam memenuhi target produktivitas alat gali muat di Pit Menara Utara, PT. Arkananta Apta Pratista.

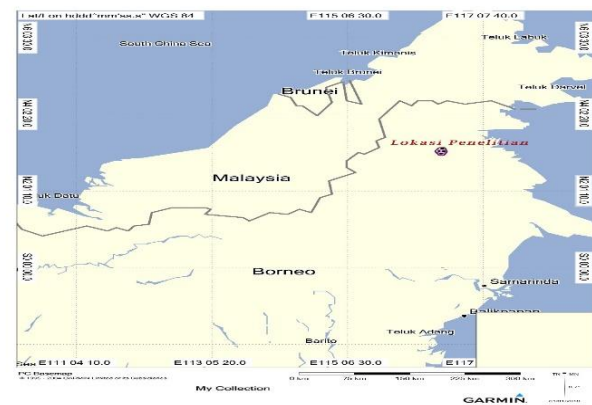
2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Arkananta Apta Pratista yang merupakan kontraktor penambangan dengan perjanjian kontraknya pengupasan *overburden* di PT. Kayan Putra Utama Coal (PT.KPUC), dimana wilayah kuasa penambangan (KP) milik PT. KPUC yang dikerjakan oleh

PT. Arkananta Apta Pratista secara administratif termasuk ke dalam wilayah Desa Langap, Kecamatan Malinau Selatan, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara. Berikut koordinat batas izin usaha penambangan (IUP) PT. Kayan Putra Utama Coal (PT.KPUC) bisa dilihat pada Tabel 1 sementara itu adapun peta lokasi penelitian bisa dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Koordinat Batas KP PT. KPUC

No	Koordinat	
	Bujur Timur (BT)	Lintang Utara (LU)
1.	116 ⁰ 30' 19,98''	3 ⁰ 7' 44,92''
2.	116 ⁰ 29' 59,98''	2 ⁰ 59' 59,97''
3.	116 ⁰ 27' 59,97''	3 ⁰ 3' 59,97''
4.	116 ⁰ 31' 52,98''	3 ⁰ 3' 29,99''



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 23 Juni 2017 s/d 23 Agustus 2017. Lokasi penelitian di Pit Menara Utara, PT. Arkananta Apta Pratista *Job Site* PT.KPUC, Malinau, Kalimantan Utara.

Jenis penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian terapan (*Applied Rresearch*). Penelitian terapan berfungsi untuk mencari solusi tentang masalah-masalah tertentu, tujuan utamanya adalah pemecah masalah sehingga hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia baik secara individu atau kelompok maupun keperluan industri atau politik dan bukan untuk wawasan keilmuan semata [6].

Metode penelitian dilakukan dengan memberikan rekomendasi geometri peledakan berdasarkan teori R.L. Ash dan ICI Explosives dan dilakukan penerapan kedua rancangan geometri peledakan tersebut di lapangan sehingga didapatkan rancangan geometri peledakan optimum dari kedua rancangan geometri peledakan tersebut untuk bisa diterapkan kedepannya bagi perusahaan.

Adapun tahapan – tahapan dalam penelitian yaitu sebagai berikut.

3.1 Tahap Pengumpulan Data

3.1.1 Studi Literatur

Dengan mengumpulkan informasi-informasi yang ada berupa *performance handbook* alat, jurnal, referensi, dan penelitian-penelitian sebelumnya, dan memahami aspek teori dari literatur-literatur yang ada.

3.1.2 Observasi Lapangan

Observasi di lapangan dengan melakukan peninjauan lapangan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut.

3.1.3 Pengambilan Data Lapangan

Data yang diambil dapat dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder.

3.1.3.1 Data Primer

Adapun data primer meliputi data pengukuran geometri peledakan aktual, data fragmentasi batuan hasil peledakan, data *diggability* alat gali muat yaitu berupa data *cyle time* alat gali muat, efisiensi kerja alat gali muat, data *digging time*, *bucket fill factor* alat gali muat dan produktivitas alat gali muat.

3.1.3.1 Data Sekunder

Data sekunder berupa data peta lokasi daerah penelitian, peta lokasi kesampaian daerah penelitian, kondisi geologi setempat, peta topografi daerah penelitian, peta stratigrafi regional daerah penelitian, peta sekuen penambangan, peta lokasi wilayah *drilling and blasting*, peralatan dan perlengkapan peledakan yang digunakan, pola peledakan yang dipakai di lapangan, jenis dan spesifikasi alat gali muat dan alat pemboran yang digunakan, dan data densitas batuan di Pit Menara Utara.

3.2 Tahap Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu pengambilan data geometri peledakan aktual di lapangan, perhitungan fragmentasi hasil peledakan aktual menggunakan *software split desktop* dan teoritis menggunakan rumusan Kuz-Ram, analisis *diggability* alat gali muat dan produkivitas alat gali muat, analisis statistik untuk melihat hubungan kegiatan peledakan dan *diggability* alat gali muat terhadap produktivitas alat gali muat, dan desain ulang geometri peledakan serta melakukan penerapan desain tersebut di lapangan.

3.2.1 Geometri Peledakan

Geometri Peledakan berdasarkan *blasting report* dan melalui pengukuran di lapangan. Data dari pengambilan geometri peledakan aktual di lapangan diolah dengan *ms.excel* sehingga nantinya didapatkan parameter-parameter geometri peledakan dari kegiatan peledakan aktual perusahaan.

3.2.2 Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan

Data fragmentasi hasil peledakan diolah dengan dua cara yaitu dengan cara teoritis dan aktual. Untuk teoritis diolah

dengan menggunakan teori serta rumusan Kuz-Ram. Sementara untuk fragmentasi aktual diolah dengan program *Split-Desktop*.

Perhitungan fragmentasi hasil peledakan berdasarkan rumusan Kuz-Ram meliputi perhitungan ukuran rata-rata fragmentasi batuan (X), perhitungan indeks keseragaman (n), perhitungan karekteristik batuan (Xc) dan perhitungan jumlah *boulder* [7].

Perhitungan Ukuran Rata-rata Fragmentasi Batuan (X)

Ukuran rata-rata fragmentasi batuan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini [8].

$$x = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63} \quad (1)$$

Keterangan:

x = Ukuran rata-rata fragmentasi batuan (cm)
A = Faktor batuan
V = Volume batuan yang terbongkar (m³)
Q = Berat bahan peledak tiap lubang ledak (kg)
E = *Relative weight strength* (ANFO = 100)

Perhitungan Indeks Keseragaman (n)

Indeks Keseragaman dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini [9].

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{De}\right) x \left(\frac{1+A}{2}\right)^{0,5} x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left(\frac{PC}{L}\right) \quad (2)$$

Keterangan:

De = Diameter bahan peledak atau lubang ledak (mm)
B = *Burden* (m)
W = Standar deviasi pemboran (m)
S = *Spacing* (m)
A = Nisbah spasi dan *burden*
L = Tinggi jenjang (m)
PC = Panjang isian bahan peledak (m)

Perhitungan Karekteristik Batuan (Xc)

Karekteristik batuan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini [10].

$$Xc = \frac{x}{(0,693)^{1/n}} \quad (3)$$

Keterangan:

X = Ukuran rata-rata fragmentasi batuan (cm)
n = Indeks keseragaman

Perhitungan Distribusi Ukuran Fragmentasi Peledakan

Distribusi ukuran fragmentasi peledakan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini [11].

$$R = e^{-(x/Xc)^n} \quad (4)$$

Keterangan:

x = Ukuran ayakan (cm)
Xc = Karekteristik batuan
n = Indeks keseragaman

3.2.3 Analisis Diggability dan Produktivitas Alat Gali Muat

Adapun *diggability* alat gali muat yang akan dianalisis yaitu *bucket fill factor* alat gali muat, *digging time*, *digging rate* dan yang menggali material hasil peledakan.

Digging time adalah waktu yang digunakan oleh alat gali muat untuk menggaru material yang akan dipindahkan. *Digging time* merupakan bagian dari *cycle time* yang dapat menjadi salah satu acuan menentukan produktivitas dari alat gali muat [12].

Waktu Edar (*cycle time*) merupakan jumlah waktu yang diperlukan oleh alat mekanis baik alat muat maupun alat angkut untuk melakukan satu siklus kegiatan produksi dari awal sampai akhir dan siap untuk memulai lagi [13].

Adapun waktu edar alat gali muat, dapat dinyatakan dalam persamaan [14].:

$$CTm = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4 \quad (5)$$

Keterangan :

CTm = Total waktu edar alat muat (menit)

Tm₁ = Waktu untuk mengisi muatan (menit)

Tm₂ = Waktu ayunan bermuatan (menit)

Tm₃ = Waktu untuk menumpahkan muatan (menit)

Tm₄ = Waktu ayunan kosong (menit)

Faktor pengisian *bucket* (*bucket fill factor*) yaitu perbandingan antara volume material nyata yang dimuat *bucket* dengan kapasitas munjung *bucket* dan dinyatakan dalam persen (%). Faktor pengisian *bucket* alat gali muat dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut [15].

$$F = \frac{V_n}{V_t} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan :

F = Faktor pengisian *bucket* (%)

V_n = Volume nyata / kapasitas nyata (m³)

V_t = Volume munjung teoritis *bucket* (m³)

Digging rate adalah jumlah material yang dapat digali oleh alat gali muat pada kegiatan pemindahan material per jam (bcm/jam). Perhitungan *digging rate* berdasarkan data *digging time*, *cyle time*, kapasitas *bucket* dan faktor pengisian *bucket* dengan rumusan sebagai berikut [16].

$$Digging\ rate = \frac{BC \times BFF \times 3600}{CT} \quad (7)$$

Keterangan :

DR = *Digging Rate* (bcm/jam)

BC = Kapasitas *Bucket* (m³)

BFF = *Bucket Fill Factor* (Faktor Pengisian *Bucket*)

CT = Waktu siklus alat gali (detik)

Perhitungan produktivitas alat gali muat dapat menggunakan persamaan berikut [13,15].

$$Q = \frac{q_1 \times k \times 60 \times E}{Cm} \quad (8)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas alat gali muat (m³/jam)

q₁ = Kapasitas *Bucket* Maksimal (m³)

k = *Bucket Fill Factor* (Faktor Pengisian *Bucket*)

E = Efisiensi Kerja

Cm = Waktu siklus alat gali (detik)

3.2.4 Desain Ulang Geometri Peledakan

Desain ulang geometri peledakan menggunakan teori R.L. Ash dan ICI Explosives dilakukan dalam rangka optimasi geometri peledakan terhadap target fragmentasi dalam pemenuhan target produktivitas alat gali muat.

RL Ash (1967) membuat pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh diberbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda – beda. Sehingga R.L. Ash berhasil mengajukan empirik yang digunakan sebagai pedoman dalam rancangan awal peledakan batuan. Faktor koreksi untuk geometri ini adalah kesesuaian terhadap batuan standar dan bahan peledak standar [17].

ICI Explosives membuat pedoman perhitungan geometri peledakan dengan “coba-coba” atau *trial and error* atau *rule of thumb*. Tinggi jenjang dan diameter lubang ledak (D) merupakan pertimbangan yang dijadikan pedoman dalam perhitungan geometri peledakan [18].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Gambaran Kegiatan Penambangan dan Pembongkaran *Overburden* di Pit Menara Utara PT. Arkananta Apta Pratista

Metode penambangan di Pit Menara Utara dilakukan dengan metode *open pit mining*. Metode ini dilakukan dengan cara mengupas terlebih dahulu lapisan material penutup batubara kemudian dilanjutkan dengan menambang batubaranya. Adapun tahapan penambangan di Pit Menara Utara, antara lain : (1) *Land Clearing*, (2) Pengupasan Tanah *Top Soil*, (3) Pengupasan Tanah Penutup (*Overburden*), dan (4) Penambangan Batubara.



Gambar 2. Pit Menara Utara PT. Arkananta Apta Pratista

Kegiatan pembongkaran *overburden* di Pit Menara Utara dilakukan dengan cara peledakan karena *overburden* sudah tidak dapat digali lagi oleh alat gali muat. Bahan peledak yang digunakan dalam kegiatan peledakan yaitu menggunakan bahan peledak ANFO.

Dalam kegiatan peledakan di Pit Menara Utara PT. Arkananta Apta Pratista, material yang diledakkan yaitu *overburden* dimana jenis *overburden* yaitu *claystone* (Batulempung) dengan densitas material *overburden* yaitu 2,5 ton/m³.

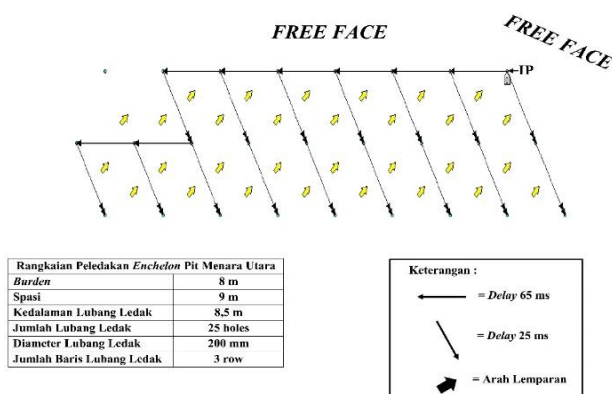
Proses peledakan di Pit Menara Utara yaitu : (1) pembersihan area peledakan oleh dozer, (2) pemasangan patok lubang ledak, (3) kegiatan pemboran dimana menggunakan alat bor Sandvik D-245 S dengan diameter lubang ledak yang dihasilkan 7,875 inchi atau 200 mm dan kedalaman lubang pemboran rata-rata 8,5 – 9 meter, (4) pengecekan kondisi lubang, (5) pengecekan kedalaman aktual, (5) pengisian bahan peledakan ke dalam lubang ledak, (6) perangkaian peledakan, (7) melakukan penembakan (*shot blasting*).

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis terhadap geometri peledakan aktual yang digunakan oleh perusahaan pada kegiatan peledakan di Pit Menara Utara maka didapatkanlah rata-rata geometri peledakan aktual dari tujuh kali kegiatan peledakan dari tanggal 28 Juni-25 Juli 2017 yaitu bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Geometri Peledakan Aktual Pit Menara Utara PT. Arkananta Apta Pratista

No.	Parameter Geometri Peledakan	Nilai
1.	Burden (B)	8 m
2.	Spasi (S)	9 m
3.	Kedalaman Lubang Ledak (H)	8,5 m
4.	Tinggi Jenjang (L)	8 m
5.	Subdrilling (J)	0,5 m
6.	Stemming (T)	4,3 m
7.	Powder Colonn (PC)	4,2 m
8.	Diameter Lubang Ledak (De)	0,2 m
9.	Densitas Pengisian Bahan Peledak (de)	26,70 kg
10.	Volume Peledakan (V)	19227,4 m ³
11.	Jumlah Lubang Ledak (n)	35 lubang
12.	Jumlah Total Bahan Peledak (E)	3827,64 kg
13.	Powder Factor (PF)	0,20 kg/m ³

Rangkaian peledakan yang sering digunakan oleh PT. Arkananta Apta Pratista dalam kegiatan peledakan yaitu menggunakan rangkaian peledakan *Echelon* dengan waktu tunda yang digunakan adalah 25 ms dan 65 ms. Adapun salah satu gambaran rangkaian peledakan yang digunakan dalam kegiatan peledakan oleh perusahaan bisa dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Rangkaian Peledakan *Echelon* Pit Menara Utara

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap fragmentasi hasil peledakan aktual yang dilakukan oleh PT. Arkananta Apta Pratista, penulis menemukan masih banyaknya fragmentasi hasil peledakan yang ukurannya melebihi dari 100 cm (*boulder*) sehingga menyebabkan proses pemuatan alat gali muat ke alat angkut terganggu. Berikut gambaran fragmentasi hasil peledakan bisa dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Fragmentasi Hasil Peledakan PT. Arkananta Apta Pratista

4.2 Fragmentasi Hasil Peledakan Dari Geometri Peledakan Aktual PT. Arkananta Apta Pratista

Untuk menentukan persentase dari fragmentasi hasil peledakan aktual, penulis menggunakan *software split dekstop* dalam perhitungannya karena hasil fragmentasi yang dihasilkan lebih sesuai dengan keadaan aktual di lapangan. Adapun kategori *boulder* di Pit Menara Utara yaitu ukuran ≥ 100 cm karena bisa mempengaruhi terhadap *diggability* alat gali muat dalam melakukan proses penggalian dan pemindahan material hasil peledakan.

Adapun persentase fragmentasi peledakan yang berukuran *boulder* dari hasil pengolahan dengan *software split dekstop* seperti Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Persentase Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Ukuran *Boulder* Dari Kegiatan Peledakan Aktual Tanggal 28 Juni – 25 Juli 2017

No	Tanggal Kegiatan Peledakan	Persentase Fragmentasi Ukuran <i>Boulder</i> (%)
1.	28 Juni 2017	28,45
2.	29 Juni 2017	23,65
3.	30 Juni 2017	20,58
4.	5 Juli 2017	32,39
5.	13 Juli 2017	18,98
6.	24 Juli 2017	26,18
7.	25 Juli 2017	30,70
Rata-Rata		25,85

Berdasarkan Tabel 3 di atas, rata-rata persentase bongkahan (*boulder*) yang berukuran ≥ 100 cm dari hasil kegiatan peledakan aktual Pit Menara Utara yaitu 25,85% maka dengan masih banyaknya persentase ukuran *boulder* akan menyebabkan kinerja dari alat gali muat tidak optimal dalam menggali material hasil peledakan sehingga berpengaruh terhadap *diggability* alat gali muat yaitu *digging time* dan *bucket fill factor* alat gali muat.

4.3 Hasil Diggability dan Produktivitas Alat Gali Muat Dari Kegiatan Peledakan Aktual PT. Arkananta Apta Pratista

Adapun pengamatan langsung pada penggalian dan pemuatan material hasil peledakan aktual oleh alat gali muat, penulis melakukan pengambilan data *cyle time*, *digging time*, dan *bucket fill factor* alat gali muat *Excavator Backhoe Hitachi Ex.2600* dengan kapasitas bucket 17 m³.

4.3.1 Bucket Fill Factor Alat Gali Muat

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, adapun *bucket fill factor* alat gali muat dalam menggali material hasil peledakan dan pemuatannya ke alat angkut, bisa dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. *Bucket Fill Factor* Alat Gali Muat Dari Material Hasil Peledakan Aktual PT. Arkananta Apta Pratista

No.	Tanggal Peledakan	<i>Bucket Fill Factor</i> Alat Gali Muat (%)
1.	28 Juni 2017	55,75
2.	29 Juni 2017	56,82
3.	30 Juni 2017	57,23
4.	5 Juli 2017	55,15
5.	13 Juli 2017	57,65
6.	24 Juli 2017	56,28
7.	25 Juli 2017	55,40
Rata – Rata		56,33

Dari Tabel 4 di atas, rata-rata keseluruhan *bucket fill factor* alat gali muat pada kegiatan peledakan aktual yaitu 56,33 % sehingga bisa diartikan bahwasanya material hasil peledakan yang digali oleh alat gali muat tidak termuat secara penuh pada *bucket* alat gali muat jadi alat gali muat tersebut sedikit mengalami kesulitan pada saat mengisi *bucket* alat gali muat dari penggalian dan pemuatan material hasil peledakan tersebut.

4.3.2 Digging Time Material Hasil Peledakan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka didapatkan nilai *digging time* dari alat gali muat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. *Digging Time* Material Hasil Peledakan Aktual

Tanggal Kegiatan Peledakan	<i>Digging Time</i> (s/bucket)		
	Maksimum (Detik)	Minimum (Detik)	Rata – Rata (Detik)
28 Juni 2017	22,41	11,98	16,11
29 Juni 2017	21,06	11,67	15,15
30 Juni 2017	19,34	11,22	14,84
5 Juli 2017	23,45	11,95	16,86
13 Juli 2017	18,98	11,32	14,50
24 Juli 2017	22,13	11,76	15,70
25 Juli 2017	22,87	11,65	16,45
Rata - Rata	21,46	11,65	15,66

Adapun rata-rata standar *digging time* (waktu gali) yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu di kisaran 10 – 12 detik. Sementara itu, rata-rata *digging time* material hasil

peledakan oleh alat gali muat yaitu 15,66 detik tentu hal ini masih jauh dari standar ketetapan *digging time* perusahaan. Dengan adanya penambahan waktu *digging time* seperti ini akan berdampak pada meningkatnya *cycle time* alat gali muat dan menyebabkan penurunan pada produktivitas alat gali muat.

4.3.3 Digging Rate Alat Gali Muat

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan maka didapatkanlah *digging rate* alat gali muat seperti Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. *Digging Rate* Alat Gali Muat Dari Material Hasil Peledakan Aktual PT. Arkananta Apta Pratista

No.	Tanggal Peledakan	<i>Digging Rate</i> Alat Gali Muat (bcm/jam)
1.	28 Juni 2017	1088,33
2.	29 Juni 2017	1144,25
3.	30 Juni 2017	1165,16
4.	5 Juli 2017	1052,77
5.	13 Juli 2017	1189,14
6.	24 Juli 2017	1113,59
7.	25 Juli 2017	1068,88
Rata – Rata		1117,45

Adapun faktor yang mempengaruhi terhadap nilai *digging rate* yaitu *digging time* dan *bucket fill factor* alat gali muat. Jika semakin lama waktu alat gali muat menggali (*digging time*) material hasil peledakan maka *cyle time* alat gali muat akan bertambah sehingga menyebabkan pengaruhnya terhadap *digging rate* alat gali muat. Selain itu, jika persentase *bucket fill factor* alat gali muat dalam penggalian material hasil peledakan rendah maka *digging rate* alat gali muat akan mengalami penurunan, begitupun sebaliknya.

4.3.3 Produktivitas Alat Gali Muat

Dari hasil pengolahan yang dilakukan maka didapatkanlah hasil produktivitas alat gali muat dari penggalian dan pemindahan material hasil peledakan aktual, seperti Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Produktivitas Alat Gali Muat *Excavator Hitachi Ex.2600* Dari Material Hasil Peledakan Aktual

Tanggal Kegiatan Peledakan	Target Produktivitas (bcm/jam)	Produktivitas Aktual (bcm/jam)	<i>Achievement</i> (%)
28 Juni 2017	800	610,55	76,32
29 Juni 2017	800	651,65	81,46
30 Juni 2017	800	663,56	82,94
5 Juli 2017	800	590,60	73,83
13 Juli 2017	800	677,22	84,65
24 Juli 2017	800	624,72	78,09
25 Juli 2017	800	599,64	74,96
Rata-Rata	800	631,13	78,89

Berdasarkan Tabel 7 di atas, adapun rata – rata produktifitas alat gali muat *Excavator Backhoe Hitachi Ex.2600* yang menggali material hasil peledakan yaitu 631,13 bcm/jam dengan tingkat tercapainya target produktifitas aktual terhadap target produktifitas yaitu sekitar 78,89 %. Selain itu, juga terlihat bahwasanya produktifitas aktual alat gali muat yang menggali material

hasil peledakan masih belum bisa mencapai target produktifitas alat gali muat yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu 800 bcm/jam.

4.4 Analisis Statistik Hubungan Geometri Peledakan, Hasil Fragmentasi Peledakan Ukuran Boulder, dan Diggability Alat Gali Muat Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat

4.4.1 Analisis Statistik Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi Ukuran Boulder

Adapun hasil analisis korelasi hubungan geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder* bisa dilihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Hasil Analisis Korelasi Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan Ukuran *Boulder*

No.	Parameter	Koefisien Korelasi Terhadap Fragmentasi	Uji Hipotesis (pValue)
1.	Burden	0	0
2.	Spasi	-0,199	0,669
3.	Tinggi Jenjang	0	0
4.	Kedalaman Lubang Ledak	-0,280	0,544
5.	Stemming	+0,898	0,006
6.	Subdrilling	-0,280	0,544
7.	Powder Colonn	-0,953	0,001
8.	Diameter Lubang Ledak	0	0
9.	Powder Factor	-0,756	0,049

Berdasarkan Tabel 8 di atas, terlihat bahwasanya *stemming* dan panjang kolom isian (*powder colonn*) memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap fragmentasi hasil peledakan. Adapun *stemming* berdasarkan analisis korelasi termasuk korelasi positif kuat artinya jika *stemming* mengalami kenaikan maka akan diikuti juga kenaikan terhadap fragmentasi peledakan ukuran *boulder*, begitupun sebaliknya. Sementara itu, *powder colonn* termasuk kedalam korelasi negatif kuat artinya jika *powder colonn* mengalami kenaikan maka fragmentasi peledakan ukuran *boulder* akan mengalami penurunan, begitupun sebaliknya.

Dari hasil analisis regresi linear berganda yang dilakukan maka didapatkan persamaan regresi linear berganda pengaruh geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder* yaitu sebagai berikut.

$$Y = 0,057 X_1 - 0,224 X_2 + 0,257 X_3 + 1,275 X_4 + 0,294 \quad (9)$$

Keterangan :

Y = Hasil Fragmentasi Ukuran *Boulder* Dari Model Regresi Linear Berganda

X₁ = Spasi

X₂ = Kedalaman Lubang Ledak

X₃ = *Stemming*

Selain itu, dari hasil analisis regresi linear berganda yang dilakukan juga didapatkan koefisien korelasi hubungan geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi ukuran *boulder* sebesar 0,990, sedangkan, nilai R Square

(R²) sebesar 0,980, artinya variabel independen (parameter geometri peledakan) dapat menjelaskan variabel dependen (fragmentasi peledakan ukuran *boulder*) sebesar 98 % sedangkan 2 % lainnya dijelaskan oleh variabel lain. Gambaran hasil regresi linear bisa dilihat pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan Ukuran *Boulder*

Keterangan	Nilai
Nilai R (Koefisien Korelasi)	0,990
Nilai R Square (%)	0,980
Uji Hipotesis (pvalue) < 0,05	0,039

4.4.2 Analisis Statistik Pengaruh Fragmentasi Peledakan Ukuran Boulder Terhadap Diggability Alat Gali Muat

4.4.2.1 Analisis Statistik Pengaruh Fragmentasi Peledakan Ukuran Boulder Terhadap Digging Time Alat Gali Muat

Dari hasil pengolahan yang dilakukan dengan *software* SPSS maka didapatkan persamaan regresi linear sederhana yaitu sebagai berikut:

$$Y = 17,176 X + 11,219 \quad (10)$$

Keterangan :

Y = *Digging Time* Dari Model Regresi Linear Sederhana
X = Hasil Fragmentasi Peledakan Ukuran *Boulder*

Dari analisis data yang dilakukan dengan *software* SPSS didapatkan nilai korelasi pengaruh hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder* terhadap *digging time* alat gali muat sebesar 0,996 dimana korelasi ini menunjukkan bahwasanya hubungan kedua variabel tersebut sangat kuat atau saling berpengaruh. Sedangkan, nilai R Square (R²) sebesar 0,993 artinya variabel independen (hasil fragmentasi ukuran *boulder*) dapat menjelaskan variabel dependen (*digging time* alat gali muat) sebesar 99,3 % sedangkan 0,7 % lainnya dijelaskan oleh variabel lain. Gambaran ringkas hasil analisis regresi linear berganda tersebut dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Hasil Analisis Regresi Linear Sederhana Pengaruh Fragmentasi Peledakan Ukuran *Boulder* Terhadap *Digging Time* Alat Gali Muat

Keterangan	Nilai
Nilai R (Koefisien Korelasi)	0,996
Nilai R Square (%)	0,993
Uji Hipotesis (pvalue) < 0,05	0,000

4.4.2.2 Analisis Statistik Regresi Linear Sederhana Pengaruh Fragmentasi Peledakan Ukuran Boulder Terhadap Bucket Fill Factor Alat Gali Muat

Dari hasil pengolahan yang dilakukan dengan *software* SPSS maka didapatkan persamaan regresi linear sederhana yaitu sebagai berikut:

$$Y = -0,187 X + 0,612 \quad (11)$$

Keterangan :

Y = *Bucket Fill Factor* Dari Model Regresi Linear Sederhana

X = Hasil Fragmentasi Peledakan Ukuran *Boulder*

Dari analisis data regresi linear sederhana yang dilakukan dengan *software* SPSS didapatkan nilai korelasi pengaruh hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder* terhadap *bucket fill factor* alat gali muat sebesar 0,998 dimana korelasi ini menunjukkan bahwasanya hubungan kedua variabel tersebut sangat kuat atau saling berpengaruh. Sedangkan, nilai R Square (R^2) sebesar 0,995 artinya variabel independen (hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder*) dapat menjelaskan variabel dependen (*bucket fill factor* alat gali muat) sebesar 99,50 % sedangkan 0,5 % lainnya dijelaskan oleh variabel lain. Gambaran ringkas hasil analisis regresi linear berganda tersebut dapat dilihat pada Tabel 11 berikut ini.

Tabel 11. Hasil Analisis Regresi Linear Sederhana Pengaruh Fragmentasi Peledakan Ukuran *Boulder* Terhadap *Bucket Fill Factor* Alat Gali Muat

Keterangan	Nilai
Nilai R (Koefisien Korelasi)	0,998
Nilai R Square (%)	0,995
Uji Hipotesis (<i>pvalue</i>) < 0,05	0,000

4.4.3 Analisis Statistik Pengaruh *Diggability* Alat Gali Muat Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat

Adapun hasil dari analisis korelasi pengaruh *diggability* alat gali muat (*digging time* dan *bucket fill factor* alat gali muat) terhadap produktivitas alat gali muat bisa dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Hasil Analisis Korelasi Pengaruh *Diggability* Alat Gali Muat Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat

No.	Parameter	Koefisien Korelasi Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat	Uji Hipotesis (<i>pValue</i>)
1.	<i>Digging Time</i> Alat Gali Muat	-0,995	0,000
2.	<i>Bucket Fill Factor</i> Alat Gali Muat	+0,997	0,000

Dari Tabel 12 diatas terlihat bahwasanya *digging time* dan *bucket fill factor* alat gali muat memiliki pengaruh atau hubungan yang sangat kuat terhadap produktivitas alat gali muat yang menggali material hasil peledakan di Pit Menara Utara, PT. Arkananta Apta Pratista.

Adapun hasil analisis regresi linear berganda yang diolah dengan *software* SPSS didapatkan model atau persamaan sebagai berikut :

$$Y = -4,121 X_1 + 3138,545 X_2 - 1072,152 \quad (12)$$

Keterangan :

Y = Produktivitas Alat Gali Muat dari Persamaan Analisis Regresi Linear Berganda

X_1 = *Digging Time* Alat Gali Muat

X_2 = *Bucket Fill Factor* Alat Gali Muat

Dari analisis regresi linear berganda didapatkan nilai R Square (R^2) sebesar 0,995 artinya variabel independen (*digging time* dan *bucket fill factor* alat gali muat) dapat menjelaskan variabel dependen (produktivitas alat gali muat) sebesar 99,5 % sedangkan 0,5 % lainnya dijelaskan oleh variabel lain. Gambaran ringkas hasil analisis regresi linear berganda tersebut dapat dilihat pada Tabel 13 berikut ini.

Tabel 13. Hasil Analisis Regresi Linear Sederhana Pengaruh *Diggability* Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat

Keterangan	Nilai
Nilai R (Koefisien Korelasi)	0,997
Nilai R Square (%)	0,995
Uji Hipotesis (<i>pvalue</i>) < 0,05	0,000

4.4.4 Estimasi Model Optimum Untuk Menentukan Kondisi Ideal Hubungan Kegiatan Peledakan Dengan *Diggability* Alat Gali Muat Untuk Memenuhi Target Produktivitas Alat Gali Muat

Target produktivitas yang harus dicapai di PT. Arkananta Apta Pratista adalah 800 bcm/jam. Untuk mendapatkan target tersebut maka dilakukan estimasi menggunakan persamaan regresi linear berganda. Dari hasil analisis regresi linear berganda yang dilakukan maka didapatkanlah persamaan regresi sebagai berikut.

$$Y = 173,306 X_1 - 7,284 X_2 + 3770,148 X_3 - 1423,171 \quad (13)$$

Keterangan :

Y = Produktivitas Alat Gali Muat

X_1 = Fragmentasi *Boulder*

X_2 = *Digging Time*

X_3 = *Bucket Fill Factor*

Selanjutnya dari persamaan tersebut dilakukanlah perhitungan produktivitas alat gali muat dari beberapa pasangan data meliputi data fragmentasi peledakan ukuran *boulder*, data *digging time*, dan data *bucket fill factor* alat gali muat.

Dari perhitungan yang dilakukan maka menghasilkan beberapa kombinasi data dimana dari beberapa kombinasi data tersebut didapatkan titik optimum yang menunjukkan kondisi ideal seperti Tabel 14 berikut ini.

Tabel 14. Titik Optimum Dari Kombinasi Data Produktivitas

Parameter	Nilai
Fragmentasi Ukuran <i>Boulder</i> (%)	13
<i>Digging Time</i> (detik)	12
<i>Bucket Fill Factor</i> (%)	61
Produktivitas Alat Gali Muat (bcm/jam)	812

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwasanya kondisi ideal hubungan kegiatan peledakan dan

diggability alat gali muat untuk memenuhi target produktifitas alat gali muat sebesar 800 bcm/jam adalah fragmentasi ukuran *boulder* maksimal sebesar 13 %, *digging time* alat gali muat maksimal yaitu 12 detik, dan *bucket fill factor* alat gali muat minimal sebesar 61 %. Dari hasil tersebut maka diberikanlah beberapa rekomendasi geometri peledakan dimana fragmentasi peledakan yang telah didapatkan sebelumnya yaitu maksimal 13 %.

4.5 Rancangan Usulan Geometri Peledakan Untuk Mengurangi Fragmentasi *Boulder* Agar Tercapai Target Produktivitas Alat Gali Muat

4.5.1 Rancangan Usulan Geometri Peledakan Berdasarkan Teori R.L. Ash dan Fragmentasi Hasil Peledakan Yang Dihasilkan

Dari hasil perhitungan yang dilakukan maka didapatkanlah beberapa rekomendasi geometri peledakan berdasarkan teori R.L. Ash yang bisa memperbaiki hasil fragmentasi peledakan seperti Tabel 15 berikut ini.

Tabel 15. Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Teori R.L Ash

No	Parameter	Geometri Peledakan				
		Rekomendasi ke -				
		1	2	3	4	5
1.	Geometri Peledakan					
	a. <i>Burden</i> (B)	5,3 m	5,3 m	5,3 m	5,3 m	5,3 m
	b. <i>Spasi</i> (S)	6,9 m	7,4 m	8 m	8,5 m	9 m
	c. <i>Stemming</i> (T)	5,0 m	4,9 m	4,8 m	4,6 m	4,7 m
	d. <i>Subdrilling</i> (J)	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
	e. <i>Tinggi Jenjang</i> (L)	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m
	f. Kedalaman Lubang Ledak (H)	9 m	9 m	9 m	9 m	9 m
	g. <i>Powder Column</i> (PC)	4 m	4,1 m	4,2 m	4,4 m	4,3 m
	h. Densitas Pengisian Bahan Peledak (de)	26,70 kg/m	26,70 kg/m	26,70 kg/m	26,70 kg/m	26,70 kg/m
	i. Berat Total Isian ANFO	106,8 kg/lubang	109,47 kg/lubang	112,14 kg/lubang	117,48 kg/lubang	114,81 kg/lubang
	j. Volume Batuan yang Akan Diledakkan	292,56 m ³	313,76 m ³	339,2 m ³	360,4 m ³	381,6 m ³
	k. <i>Powder Factor</i> (PF)	0,37 kg/m ³	0,35 kg/m ³	0,33 kg/m ³	0,33 kg/m ³	0,30 kg/m ³
2.	Hasil Fragmentasi Peledakan Berdasarkan Rumusan Kuz-Ram					
	a. Ukuran Rata-rata Fragmentasi Hasil Peledakan ($X_{rata-rata}$)	25,16 cm	26,19 cm	27,46 cm	27,99 cm	29,73 cm
	b. Indeks Keceragaman Ukuran (n)	0,981	1,027	1,074	1,147	1,142
	c. Karakteristik Batuan (Xc)	36,57	37,43	38,64	38,54	40,99
	d. Persentase Fragmentasi Peledakan Ukuran <i>Boulder</i>	6,84 %	6,44 %	6,23 %	5,05 %	6,27 %

Berdasarkan Tabel 15 di atas, maka dipilihlah salah satu dari kelima rekomendasi geometri peledakan pada tabel tersebut agar di ujicobakan atau diterapkan di lapangan dimana untuk penerapan di lapangan penulis mengusulkan rekomendasi ke empat hal ini dikarenakan persentase fragmentasi hasil peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan lebih sedikit.

4.5.2 Rancangan Usulan Geometri Peledakan Berdasarkan Teori ICI Explosives dan Fragmentasi Hasil Peledakan Yang Dihasilkan

Adapun rancangan usulan geometri peledakan berdasarkan teori ICI Explosives bisa dilihat pada Tabel 16 berikut ini.

Tabel 16. Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Teori ICI Explosives

No	Parameter	Geometri Peledakan				
		Rekomendasi ke -				
		1	2	3	4	5
1.	Geometri Peledakan					
	a. <i>Burden</i> (B)	5,4 m	5,6 m	5,8 m	6 m	6,2 m
	a. <i>Spasi</i> (S)	8,1 m	8,4 m	8,7 m	9 m	9,3 m
	b. <i>Stemming</i> (T)	4,8 m	4,6 m	4,8 m	4,6 m	4,6 m
	c. <i>Subdrilling</i> (J)	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
	d. <i>Tinggi Jenjang</i> (L)	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m
	e. Kedalaman Lubang Ledak (H)	9 m	9 m	9 m	9 m	9 m
	f. <i>Powder Column</i> (PC)	4,2 m	4,4 m	4,2 m	4,4 m	4,4 m
	g. Densitas Pengisian Bahan Peledak (de)	26,70 kg/m	26,70 kg/m	26,70 kg/m	26,70 kg/m	26,70 kg/m
	h. Berat Total Isian ANFO	112,14 kg/lubang	117,48 kg/lubang	112,14 kg/lubang	117,48 kg/lubang	117,48 kg/lubang
	i. Volume Batuan yang Akan Diledakkan	349,9 m ³	376,3 m ³	403,7 m ³	432 m ³	403,7 m ³
	j. <i>Powder Factor</i> (PF)	0,32 kg/m ³	0,31 kg/m ³	0,28 kg/m ³	0,27 kg/m ³	0,25 kg/m ³
2.	Fragmentasi Peledakan Ukuran <i>Boulder</i>					
	a. Ukuran Rata-rata Fragmentasi Hasil Peledakan ($X_{rata-rata}$)	28,15 cm	28,98 cm	31,56 cm	32,36 cm	34,10 cm
	b. Indeks Keceragaman Ukuran (n)	1,069	1,112	1,053	1,095	1,086
	c. Karakteristik Batuan (Xc)	39,66	40,30	44,71	45,24	47,80
	d. Persentase Fragmentasi Peledakan Ukuran <i>Boulder</i>	6,80 %	6,42 %	9,69 %	9,23 %	10,76 %

Berdasarkan Tabel 16 di atas, maka dipilihlah salah satu dari kelima rekomendasi geometri peledakan pada tabel tersebut agar di ujicobakan atau diterapkan di lapangan dimana untuk penerapan di lapangan penulis mengusulkan rekomendasi kedua hal ini dikarenakan persentase fragmentasi hasil peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan lebih sedikit sehingga akan berdampak baik terhadap peningkatan produktivitas alat gali muat yang menggali material hasil peledakan karena bisa mengurangi *digging time* dan dapat meningkatkan *bucket fill factor* alat gali muat.

4.6 Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan R.L. Ash dan ICI Explosives di Lapangan

Rancangan usulan geometri peledakan R.L.Ash dan ICI Explosives dilakukan penerapan di lapangan untuk melihat perbandingan hasil dari kedua rancangan geometri peledakan tersebut.

4.6.1 Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan R.L. Ash

4.6.1.1 Gambaran Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan R.L. Ash di Lapangan

Rancangan usulan geometri peledakan berdasarkan teori R.L. Ash dilakukan uji coba atau penerapan di lapangan dimana dilakukan percobaan sebanyak satu kali pada tanggal 31 Juli 2017 dengan jumlah lubang ledak yaitu sebanyak 71 lubang.

Adapun gambaran dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan R.L. Ash di lapangan bisa dilihat pada Tabel 17 berikut ini.

Tabel 17. Penerapan Rancangan Geometri Peledakan Usulan Teori R.L. Ash di Lapangan

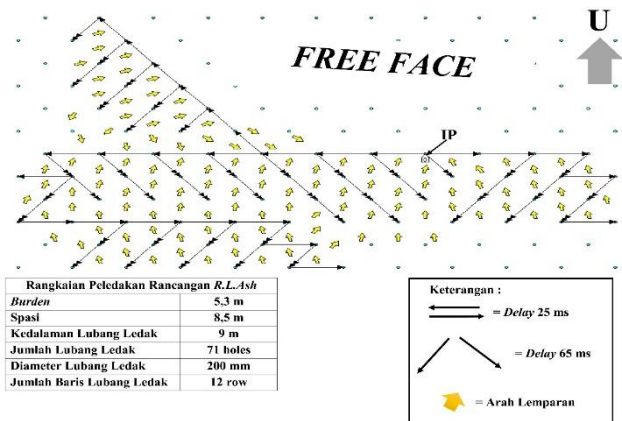
No.	Parameter Geometri Peledakan	Nilai
1.	Burden (B)	5,3 m
2.	Spasi (S)	8,5 m
3.	Kedalaman Lubang Ledak (H)	9 m
4.	Tinggi Jenjang (L)	8 m
5.	Subdrilling (J)	1 m
6.	Stemming (T)	4,6 m
7.	Powder Colomn (PC)	4,4 m
8.	Diameter Lubang Ledak (De)	0,2 m
9.	Densitas Pengisian Bahan Peledak (de)	26,70 kg
10.	Jumlah Total Bahan Peledak yang Digunakan (E)	8341,08 kg
11.	Volume Peledakan (V)	25588,40 m ³
12.	Jumlah Lubang Ledak (n)	71 lubang
13.	Powder Factor (PF)	0,33 kg/m ³
14.	Kondisi Lubang	Lubang Kering
15.	Jumlah Baris Lubang Ledak	12 Baris

Sementara itu, lokasi uji coba rancangan usulan geometri peledakan R.L. Ash di lapangan bisa dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Lokasi Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan Dengan Teori R.L. Ash di Lapangan

Adapun gambaran rangkaian peledakan yang digunakan pada saat pengujian di lapangan seperti Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Desain Pola Peledakan Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan Dengan Teori R.L. Ash di Lapangan

Setelah dilakukan uji coba di lapangan terhadap rancangan geometri peledakan usulan dengan teori R.L. Ash maka fragmentasi hasil peledakan yang dihasilkan lebih baik dan fragmentasi ukuran *boulder* berkurang, adapun gambaran fragmentasi hasil peledakan bisa dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan R.L. Ash di Lapangan

4.6.1.2 Hasil Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan R.L. Ash di Lapangan

Adapun hasil akhir dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan R.L. Ash di lapangan bisa dilihat pada Tabel 18 berikut ini. Adapun alat gali muat yang menggali material hasil peledakan yaitu alat gali muat *excavator backhoe hitachi ex.2600*.

Tabel 18. Hasil Dari Penerapan Rancangan Geometri Peledakan Usulan Teori R.L. Ash di Lapangan

No	Hasil Dari Penerapan	Nilai
1.	Fragmentasi Hasil Peledakan Ukuran <i>Boulder</i>	10,82 %
2.	<i>Digging Time</i> Alat Gali Muat	10,76 detik
3.	<i>Bucket Fill Factor</i> Alat Gali Muat	64,56 %
4.	<i>Digging Rate</i> Alat Gali Muat	1519,64 bcm/jam
5.	Produktivitas Alat Gali Muat	865,44 bcm/jam

Berdasarkan Tabel 18 di atas, terlihat bahwasanya persentase fragmentasi peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan jauh lebih baik dari persentase fragmentasi aktual yang selama ini didapatkan oleh perusahaan dimana terjadi pengurangan fragmentasi ukuran *boulder*. Selain itu, *diggability* alat gali muat yang dihasilkan juga jauh lebih baik dimana *bucket fill factor* alat gali muat mengalami peningkatan sehingga produktivitas alat gali muat juga mengalami peningkatan. Selain itu, *digging time* mengalami penurunan sehingga *cycle time* alat gali muat menurun dan produktivitas alat gali muat bisa mengalami peningkatan. Produktivitas alat gali muat juga mengalami peningkatan sehingga target produktivitas alat gali muat sebesar 800 bcm/jam terpenuhi.

4.6.2 Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan ICI Explosives di Lapangan

4.6.2.1 Gambaran Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan ICI Explosives

Rancangan usulan geometri peledakan berdasarkan teori ICI Explosives dilakukan uji coba atau penerapan di lapangan dimana dilakukan percobaan sebanyak satu kali

pada tanggal 3 Juli 2017 dengan jumlah lubang ledak yaitu sebanyak 34 lubang.

Adapun gambaran dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan tersebut bisa dilihat pada Tabel 19 berikut ini.

Tabel 19. Penerapan Rancangan Geometri Peledakan Usulan Teori ICI Explosives di Lapangan

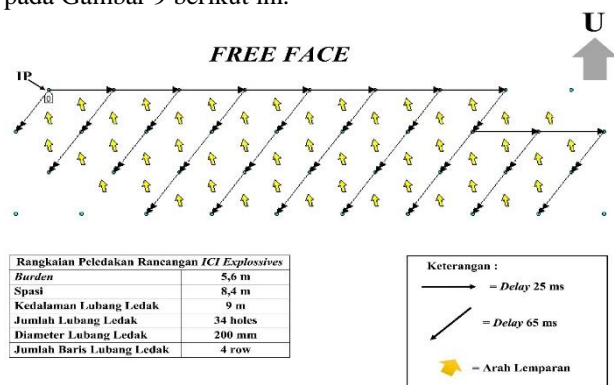
No.	Parameter Geometri Peledakan	Nilai
1.	Burden (B)	5,6 m
2.	Spasi (S)	8,4 m
3.	Kedalaman Lubang Ledak (H)	9 m
4.	Tinggi Jenjang (L)	8 m
5.	Subdrilling (J)	1 m
6.	Stemming (T)	4,6 m
7.	Powder Column (PC)	4,4 m
8.	Diameter Lubang Ledak (De)	0,2 m
9.	Densitas Isian Bahan Peledak (de)	26,70 kg
10.	Jumlah Total Bahan Peledak yang Digunakan (E)	3994,32 kg
11.	Volume Peledakan (V)	12794,88 m ³
12.	Jumlah Lubang Ledak (n)	34 lubang
13.	Powder Factor (PF)	0,31 kg/m ³
14.	Kondisi Lubang	Lubang Kering
15.	Jumlah Baris Lubang Ledak	4 Baris

Sementara itu, lokasi uji coba rancangan usulan geometri peledakan ICI Explosives di lapangan bisa dilihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Lokasi Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan Dengan Teori ICI Explosives di Lapangan

Adapun gambaran rangkaian peledakan yang digunakan pada saat pengujian di lapangan bisa dilihat pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Desain Pola Peledakan Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan Dengan Teori ICI Explosives di Lapangan

Adapun gambaran dari fragmentasi hasil peledakan yang dihasilkan yaitu bisa dilihat pada Gambar 10, dimana fragmentasi hasil peledakan yang dihasilkan sudah cukup baik dan fragmentasi berukuran *boulder* sedikit berkurang.



Gambar 10. Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan ICI Explosives di Lapangan

4.6.2.2 Hasil Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan ICI Explosives di Lapangan

Adapun hasil akhir dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan ICI Explosives di lapangan bisa dilihat pada Tabel 20 berikut ini. Adapun alat gali muat yang menggali material hasil peledakan yaitu alat gali muat *excavator backhoe hitachi ex.2600*.

Tabel 20. Hasil Dari Penerapan Rancangan Geometri Peledakan Usulan Teori ICI Explosives di Lapangan

No	Hasil Dari Penerapan	Nilai
1.	Fragmentasi Hasil Peledakan Ukuran <i>Boulder</i>	11,24 %
2.	<i>Digging Time</i> Alat Gali Muat	11,10 detik
3.	<i>Bucket Fill Factor</i> Alat Gali Muat	63,62 %
4.	<i>Digging Rate</i> Alat Gali Muat	1438,25 bcm/jam
5.	Produktivitas Alat Gali Muat	844,71 bcm/jam

Berdasarkan Tabel 20 di atas, terlihat bahwasanya persentase fragmentasi peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan jauh lebih baik dari persentase fragmentasi aktual yang selama ini didapatkan oleh perusahaan dimana terjadi pengurangan fragmentasi ukuran *boulder*. Selain itu, *diggability* alat gali muat yang dihasilkan juga jauh lebih baik dimana *bucket fill factor* alat gali muat mengalami peningkatan sehingga produktivitas alat gali muat juga mengalami peningkatan. Selain itu, *digging time* mengalami penurunan sehingga *cycle time* alat gali muat menurun dan produktivitas alat gali muat bisa mengalami peningkatan. Produktivitas alat gali muat juga mengalami peningkatan sehingga target produktivitas alat gali muat sebesar 800 bcm/jam terpenuhi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Adapun geometri peledakan yang digunakan perusahaan dalam kegiatan peledakan aktual dari tanggal 28 Juni – 25 Juli 2017 yaitu : *burden* 8m, *spasi* 9m, *kedalaman lubang ledak* 8,5m, *subdrilling* 0,5m,

tinggi jenjang 8m, panjang kolom isian (*powder column*) 4,2m, diameter lubang ledak 0,2m.

2. Dari hasil perhitungan fragmentasi peledakan dari kegiatan peledakan aktual perusahaan didapatkan rata-rata persentase fragmentasi ukuran *boulder* berdasarkan *software split dekstop* sebesar 25,85 % sehingga persentase *boulder* masih tergolong banyak.
3. Adapun hasil *diggability* alat gali muat didapatkanlah hasil rata – rata *digging time* yaitu 15,66 detik., *bucket fill factor* alat gali muat yaitu 56,33 %, *digging rate* yaitu 1117,45 bcm/jam, dan produktifitas alat gali muat yaitu 631,13 bcm sehingga target produktivitas alat gali muat 800 bcm/jam belum terpenuhi.
4. Untuk memenuhi target produktivitas alat gali muat sebesar 800 bcm/jam maka adapun titik optimum yang menunjukkan kondisi ideal hubungan kegiatan peledakan dan *diggability* alat gali muat terhadap produktivitas alat gali muat adalah jumlah persentase *boulder* 13 %, *digging time* 12 detik, dan *bucket fill factor* 61 %.
5. Untuk mengurangi ukuran fragmentasi *boulder* yang selama ini masih menjadi kendala dalam kegiatan peledakan di PT. Arkananta Apta Pratista maka adapun desain geometri peledakan yang diusulkan yaitu menggunakan rancangan geometri peledakan berdasarkan teori R.L Ash dan ICI Explosives.
 - a. Desain geometri peledakan dengan teori R.L. Ash yang diusulkan yaitu : (1) *burden*: 5,3 m, (2) spasi: 8,5 m, (3) *stemming*: 4,6 m, (4) *subdrilling*: 1 m, (5) tinggi jenjang: 8 m, (6) kedalaman lubang ledak: 9 m, (7) *powder column*: 4,4 m, (8) *powder factor*: 0,33 kg/bcm, (9) fragmentasi yang dihasilkan dari rumusan Kuz-Ram yaitu 5,05 %.
 - b. Desain geometri peledakan dengan teori ICI Explosives yang diusulkan yaitu : (1) *burden*: 5,6 m, (2) spasi: 8,4 m, (3) *stemming*: 4,6 m, (4) *subdrilling*: 1 m, (5) tinggi jenjang: 8 m, (6) kedalaman lubang ledak: 9 m, (7) *powder column* : 4,4 m, (8) *powder factor*: 0,31 kg/bcm, (9) fragmentasi yang dihasilkan dari rumusan Kuz-Ram yaitu 6,42 %.
6. Dari hasil penerapan *design* geometri peledakan usulan maka didapatkan hasil sebagai berikut.
 - a. Hasil dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan R.L.Ash di lapangan didapatkan hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder* dari *software split dekstop* yaitu 10,82 %. Adapun *digging time* alat gali muat yaitu 10,76 detik, *bucket fill factor* alat gali muat yaitu 64,56 %, *digging rate* Alat Gali Muat 1519,64 bcm/jam, dan produktifitas alat gali muat yaitu 865,44 bcm/jam.
 - b. Hasil dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan ICI Explosives di lapangan didapatkan hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder* dari *software split dekstop* yaitu 11,24 %. Adapun *digging time* alat gali muat yaitu 11,10 detik, *bucket fill factor* alat gali muat yaitu 63,62 %,

digging rate Alat Gali Muat 1438,25 bcm/jam, dan produktifitas alat gali muat yaitu 844,71 bcm/jam.

5.2 Saran

1. Pelaksanaan pengontrolan untuk kegiatan peledakan lebih ditingkatkan lagi.
2. Untuk kedepannya, penulis menyarankan agar dalam kegiatan peledakan yang dilakukan supaya mempersiapkan lokasi peledakan yang optimal, seperti dengan menyiapkan lokasi yang rata untuk kinerja alat bor, serta selalu mengawasi kinerja alat bor agar tidak didapatkan kedalaman dan kemiringan lubang yang tidak sesuai dengan direncanakan, karena dengan kedalaman dan kemiringan lubang yang berbeda-beda, peledakan akan tidak berjalan dengan optimal.

Daftar Pustaka

- [1] A.A Syafi'i, Riswan, U. Saismana, R.N. Hakim, Kartini. *Evaluasi Isian Bahan Peledak Menggunakan Analisis Distribusi Ukuran Fragemen Pada Peledakan Batuan Penutup di Tambang Terbuka Batubara*. Jurnal Himasapta, **Vol. 1, No. 1** (2016).
- [2] 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).
- [3] F. Rosyad, Zaenal, Solihin. *Evaluasi Geometri Peledakan untuk Menghasilkan Fragmentasi yang diinginkan pada Kegiatan Pembersihan Batuan Andesit di PT. Mandiri Sejahtera Sentra, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat*. Jurnal Teknik Pertambangan ISSN : 2460-6499, **Vol. 2, No. 1** (2016).
- [4] S. Saptono. *Teknik Peledakan*. Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran: Yogyakarta, (2016).
- [5] Safarudin, Purwanto, Djamiludin. *Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi dan Digging Time Material Blasting*. Jurnal Penelitian Engineering, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, **Vol. 20, No. 2** (2016).
- [6] N. Martono. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta : Rajawali Pers (2016).
- [7] D. Abimanyu, T. Trides, Sakhdillah. *Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan dan Biaya Peledakan Pada Pit Lisat PT. Teguh Sinarabadi, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, **Vol. 6, No. 1** (2018).
- [8] Sujiman, I. Hasyim, A. Putra. *Kajian Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan di Pit 4 TUC PT. Mega Prima Persada, Kecamatan Loa Kulu Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*. Jurnal Geologi Pertambangan, **Vol. 2, No. 16** (2014).

- [9] J.M.Adebola, O.D. Ajayi, P. Elijah. *Rock Fragmentation Prediction Using Kuz-Ram Model*. Journal of Environment and Earth Science ISSN: 2224-3216 (Paper) ISSN : 2225-0948, **Vol.6, No.5** (2016).
- [10] G.A. Nilasari, Nurhakim, Riswan, H. Gunawan. *Evaluasi Geometri Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan Pada Penambangan Batugamping di PT. Semen Tonasa*. Jurnal Himasapta, **Vol. 2, No. 2** (2017).
- [11] P.K. Singh dkk. *Rock Fragmentation Control in Opencast Blasting*. Journal Of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, **Vol. 8, No.1** (2016)
- [12] R. Hadi. *Alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum YBPPU: Jakarta (1992)
- [13] A. Tenrisukki. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma : Jakarta (2003).
- [14] R.N. Sofyan, dkk. *Evaluasi Desain Geometri Terhadap Payload Bucket Untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Gali Muat PC4000 Class*. Jurnal Geosapta, **Vol. 3, No. 1** (2017).
- [15] P. Prodjosumarto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Institut Teknologi Bandung : Bandung (2014).
- [16] Putri, M., Yulhendra, D., & Octova, A. (2018). *Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan Diggability Dalam Pemenuhan Target Produktivitas Ore Di Pit Durian Barat Dan Pit South Osela Site Bakan Pt J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara*. Bina Tambang, 3(1), 588-607.
- [17] R.L. Ash. *Design of Blasting Round*. "Surface Mining". B.A Kennedy. Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Explotion, Inc (1990).
- [18] Kursus Juru Ledak Kelas II. *Diktat Teknik Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara : Bandung (2014).