

Kajian Geometri Peledakan untuk Menapatkan Fragmentasi yang Optimal Pada Penambangan Batu *Andesite* PT. Koto Alam Sejahtera, Kabupaten 50 Kota Provinsi Sumatera Barat

Mia Fazira^{1*}, Dedi Yulhendra^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[*mfazira21@gmail.com](mailto:mfazira21@gmail.com)

**dediyulhendra@ft.unp.ac.id

Abstract. Andesite Stone Mining at PT. Koto Alam Sejahtera with an open mining system using the Quarry mining method. The percentage of boulder-sized blasting fragmentation produced currently in the field is $\pm 35\%$ as a result the diggability of the loading and unloading equipment is not maximal and the planned productivity of the loading and unloading equipment planned by the company at 100 bcm / hour is not achieved. This study aims to design a new blasting geometry to obtain optimal fragmentation results so that loading activities are effective and productivity targets are achieved. The research method was carried out by giving recommendations on blasting geometry based on R.L.'s theory. Ash and C.J. Konya and carried out the application of one of the blasting geometry designs in the field so that the optimum blasting geometry design from one of the blasting geometry designs can be applied in the future for the company. Basic results of field application to one of the blasting geometry design proposals are: burden: 2 m, space: 2 m, stemming: 1,4 m, subdrilling: 0,6 m, level height: 6 m, depth of blast hole 6,5 m, powder column: 5,1 m, and powder factor: 0,68 kg / m³ where the boulder size fragmentation resulting from the desktop split software analysis is 0%. The digging time produced is 9,23 seconds, the bucket fill factor is 60%, and the productivity of the digging tool is 108,54 bcm / hour.

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

1 Pendahuluan

PT. Koto Alam Sejahtera (PT. KAS) adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri pertambangan *andesite* dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metoda penambangan *Quarry*. Pemberaian batuan *andesite* hanya bisa dilakukan dengan kegiatan pemboran dan peledakan, karena material yang akan diberai memiliki kekuatan yang sangat keras. Kegiatan peledakan bertujuan untuk melepas atau memberaikan material dari batuan induknya agar ukuran fragmentasi yang dihasilkan dapat memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya ^[1].

Dalam suatu perencanaan kegiatan peledakan ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, diantaranya tipe

material, ketepatan pemboran, pola geometri, dan bahan peledak yang digunakan. Peledakan dan penggunaan bahan peledak akan mempengaruhi hasil peledakan ^[2]. Adapun geometri peledakan aktual yang sering digunakan pada proses peledakan yaitu: *burden* 2 m, *spasi* 2 m, kedalaman lubang ledak 6 m, isian bahan peledak 15 kg/lubang, *subdrilling* 0,3 m, tinggi jenjang 6 m.

Ukuran fragmentasi hasil peledakan selalu menjadi hambatan pada proses pemuatan dan pengangkutan. Terkadang dapat terjadi ketidak sesuaian ukuran fragmentasi batuan berupa bongkahan (*boulder*) sehingga terjadi hambatan dalam proses penggalian maupun proses pemuatan dimana mempengaruhi

terhadap waktu gali alat muat (*digging time*), *bucket fill factor* alat gali muat dan proses pengolahan (*crusher*) [3].

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dari geometri peledakan yang diterapkan saat ini oleh perusahaan menghasilkan ukuran fragmentasi yang tidak seragam, ada yang ukuran 10 cm sampai ukuran 100 cm, bahkan ada yang berukuran > 100 cm. Perusahaan mengkategorikan fragmentasi hasil peledakan berukuran *boulder* yang cukup banyak dimana perusahaan mengkategorikan ukuran *boulder* yaitu ≥ 80 cm. Dari hasil pengukuran dan analisis terhadap fragmentasi peledakan yang berukuran *boulder*, adapun persentase fragmentasi berukuran *boulder* yang dihasilkan saat ini dilapangan yaitu $\pm 35\%$. Maka hal ini mempengaruhi terhadap *digging time* 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 Zaxis 350* terhadap material hasil peledakan dari kegiatan peledakan aktual yaitu ± 13 detik. *Digging time* ini masih jauh dari waktu *digging time* standar yang ditetapkan perusahaan yaitu berada dikisaran 8 – 10 detik. Sementara itu, untuk rata-rata *bucket fill factor* alat gali muat yang dihasilkan yaitu $\pm 60\%$ 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. Koto Alam Sejahtera yaitu $\pm 80,33$ bcm/jam sedangkan target produktivitas rencana perusahaan (*plan productivity*) yaitu 100 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.

2 Lokasi Penelitian

Secara administrasi, wilayah IUP No: 37/BPMPT-LK/2014 berada di Jorong Polong Duo Nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Koto baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Adapun secara geografis wilayah tersebut terletak di antara $0^{\circ} 0' 35,7''$ LU sampai $0^{\circ} 0' 48,5''$ LU dan $100^{\circ} 43' 49,4''$ BT sampai $100^{\circ} 43' 58,6''$ BT. Lokasi penambangan ini secara geografis berbatasan langsung dengan:

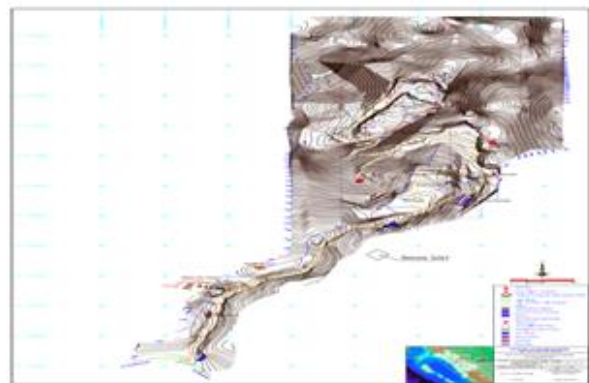
1. Sebelah Barat berbatasan dengan Pauh Anok
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Bukit Lacan
3. Sebelah Utara berbatasan dengan Pauh Anok
4. Sebelah Selatan berbatasan dengan Daerah Subasa

Peta lokasi kesampaian daerah tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



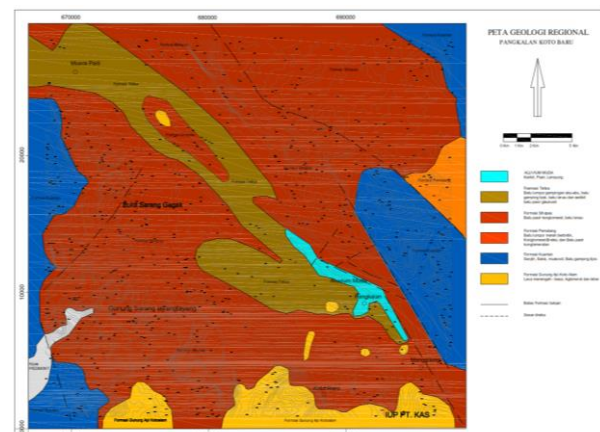
Gambar 1. Peta Lokasi Kesampaian Daerah^[4]

Bentuk topografi daerah penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 2 terlihat bahwa bentuk topografi PT Koto Alam Sejahtera merupakan daerah perbukitan terjal yang mempunyai ketinggian antara 404 - 550 mdpl.



Gambar 2. Peta Topografi PT. KAS^[4]

Lokasi secara fisiografi termasuk dalam zona gunung api sehingga kondisi geologi baik litologi batuan ataupun strukturnya secara umum akan sama dengan daerah lain di zona tersebut di Indonesia, walaupun intensitas intrusi akan berlainan, namun pola atau model intrusi dan dampak yang ditimbulkan relatif akan sama. Gambar 3 merupakan peta geologi dari PT Koto Alam Sejahtera, dimana IUP PT Koto Alam Sejahtera berada di formasi gunung api Koto Alam yang terdiri dari lava menengah, basa, konglomerat dan lahar.



Gambar 3. Peta Geologi Regional Lokasi Penelitian^[4]

3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 14 Agustus 2019 – 22 September 2019. Lokasi penelitian ini terletak di Jorong Polong Duo, Nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat.

3.1 Jenis Penelitian

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^[5].

Metode penelitian dilakukan dengan memberikan rekomendasi geometri peledakan berdasarkan teori R.L. Ash dan C.J. Konya dan dilakukan penerapan dari salah satu rancangan geometri peledakan tersebut di lapangan sehingga didapatkan rancangan geometri peledakan optimum dari rancangan geometri peledakan tersebut untuk bisa diterapkan kedepannya bagi perusahaan.

Adapun tahapan – tahapan dalam penelitian yaitu sebagai berikut.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah teknik observasi dan sebagian besar data yang dipakai adalah data sekunder yang didapatkan dari perusahaan.

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan pencarian bahan pustaka terhadap masalah yang akan dibahas meliputi studi tentang analisis mengenai produksi penambangan melalui berbagai percobaan, buku–buku, jurnal atau laporan studi yang sudah ada.

3.2.2 Pengambilan Data

Pelaksanaan penelitian ini penulis menggunakan dua metode pengambilan data yaitu data primer dan data sekunder.

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.

2. 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 singkapan penambangan, 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 PT. KAS.

4.3 Tahap Pengelolaan dan Analisis Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu pengambilan data geometri peledakan aktual di lapangan, perhitungan fragmentasi hasil peledakan aktual menggunakan *software split dekstop* dan teoritis menggunakan rumusan Kuz-Ram, analisis *diggability* alat gali muat dan produktivitas alat gali muat, dan rancangan ulang geometri peledakan serta melakukan penerapan rancangan geometri tersebut di lapangan.

4.2.1 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.

4.2.2 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*^[6,7]

Perhitungan fragmentasi hasil peledakan berdasarkan rumusan Kuz-Ram meliputi perhitungan ukuran rata-rata fragmentasi batuan (X), perhitungan indeks keseragaman (n), perhitungan karakteristik batuan (Xc) dan perhitungan jumlah *boulder*^[8].

Perhitungan Ukuran Rata-rata Fragmentasi Batuan (X)

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

$$X = A \cdot x \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} Q^{0,17} x \left[\frac{100^{-0,63}}{115} \right] \quad (1)$$

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^[8].

$$n = \left[2, 2 - 14 \frac{B}{De} \right] x \left[\frac{1+S/B}{2} \right]^{0.5} x \left[1 - \frac{W}{B} \right] x \left[\frac{PC}{L} \right] \quad (2)$$

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 Karakteristik Batuan (Xc)

Karakteristik batuan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini [7].

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

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 [8].

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

Keterangan:

x = Ukuran ayakan (cm)

Xc = Karakteristik batuan

n = Indeks keseragaman

4.2.3 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 [9].

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 [10,11,12].

Adapun waktu edar alat gali muat, dapat dinyatakan dalam persamaan [13].:

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

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 menggunakan ketentuan dari Tabel 1 *bucket fill factor* menurut Perhitungan Biaya Peralatan [14,15].

Tabel 1. *Bucket Fill Factor* menurut Perhitungan Biaya Peralatan [14]

Jenis Pekerjaan	Kondisi Kerja	Faktor Bucket
Ringan	Menggali dan memuat stockroom dan stockpile atau material yang telah dikeruk oleh excavator yang lain yang tidak membutuhkan daya gali dan dapat dimuat munjung	1,0 – 0,8
Sedang	Menggali dan memuat dari stockroom atau stockpile dengan kondisi tanah yang sulit digali dan dikeruk akan tetapi dapat dimuat hampir munjung	0,8 – 0,6
Agak Sulit	Menggali dan memuat batu pecah, tanah liat yang keras, pasir dan kerikil yang telah dikumpulkan, sulit mengisi bucket dengan material tersebut	0,6 – 0,5
Sulit	Bongkahan batu besar dengan bentuk tidak teratur dengan banyak rongga diantaranya	0,5 – 0,4

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]

$$Digging Rate = BC x \frac{BFF}{CT} x 3600 \quad (7)$$

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 [9] [13].

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

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)

4.2.4 Rancangan Ulang Geometri Peledakan

Rancangan ulang geometri peledakan menggunakan teori R.L. Ash dan C.J. Konya dilakukan dalam rangka optimasi geometri peledakan terhadap target fragmentasi dalam pemenuhan target produktivitas alat gali muat.

RL Ash 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].

C.J. Konya tidak hanya mempertimbangkan faktor bahan peledak, sifat batuan, dan diameter lubang ledak tetapi juga faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan, keadaan struktur geologi, serta koreksi terhadap jumlah lubang ledak yang diledakan. Faktor terpenting untuk koreksi menurut C.J. Konya adalah masalah penentuan besar nilai *burden* [18].

5 Hasil dan Pembahasan

5.1 Data Pembongkaran Batu *Andesite*

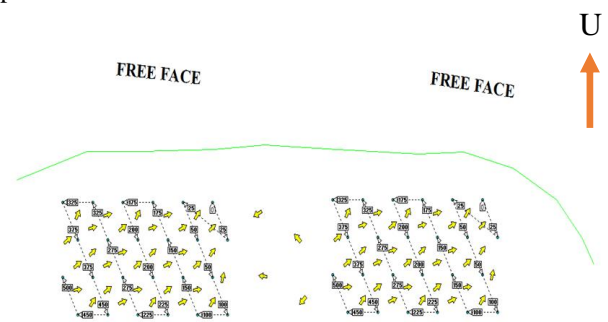
Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis terhadap geometri peledakan aktual yang digunakan oleh perusahaan pada kegiatan peledakan di Pit PT. KAS maka didapatkanlah rata-rata geometri peledakan aktual dari tujuh kali kegiatan peledakan dari tanggal 14 Agustus – 22 September 2019 yaitu bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Geometri Peledakan Aktual PT. KAS

No.	Parameter Geometri Peledakan	Nilai
1	<i>Burden</i> (B)	2 m
2	<i>Spasi</i> (S)	2 m
3	Kedalaman Lubang Ledak (L)	6 m
4	Tinggi Jenjang (H)	6 m
5	<i>Subdrilling</i> (J)	0,3 m
6	<i>Stemming</i> (T)	2,4 m
7	<i>Powder Colomn</i> (PC)	4 m
8	Diameter Lubang Ledak (D_e)	0,762 m
9	Densitas Pengisian Bahan Peledak (d_e)	3,874 kg
10	Volume Peledakan (V)	1176 m ³
11	Jumlah Lubang Ledak (n)	49 lubang
12	Jumlah Total Bahan Peledak (E)	759, 3 kg
13	<i>Powder Factor</i> (PF)	0,64 kg/m ³

Rangkaian peledakan yang sering digunakan oleh PT. KAS dalam kegiatan peledakan yaitu menggunakan rangkaian peledakan *Echelon* dengan waktu tunda yang digunakan adalah 25 ms sampai 500 ms. Adapun salah satu gambaran rangkaian peledakan yang digunakan

dalam kegiatan peledakan oleh perusahaan bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Peledakan *Echelon* Aktual

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap fragmentasi hasil peledakan aktual yang dilakukan oleh PT. KAS, penulis menemukan masih banyaknya fragmentasi hasil peledakan yang ukurannya melebihi dari 80 cm (*boulder*) sehingga menyebabkan proses pemuatan alat gali muat ke alat angkut terganggu. Berikut gambaran fragmentasi hasil peledakan bisa dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Fragmentasi Hasil Peledakan PT. KAS

5.1 Fragmentasi Hasil Peledakan Dari Geometri Peledakan Aktual PT. KAS

Untuk menentukan persentase dari fragmentasi hasil peledakan aktual, penulis menggunakan *software split dektop* dalam perhitungannya karena hasil fragmentasi yang dihasilkan lebih sesuai dengan keadaan aktual di lapangan¹. Adapun kategori *boulder* di PT. KAS yaitu ukuran ≥ 80 cm karena bisa mempengaruhi terhadap *diggability* alat gali muat dalam melakukan proses penggalan dan pemindahan material hasil peledakan.

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

Tabel 3. Persentase Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Ukuran *Boulder* Dari Kegiatan Peledakan Aktual Tanggal 14 Agustus – 22 September 2019

No	Tanggal Kegiatan Peledakan	Persentase Fragmentasi Ukuran <i>Boulder</i> (%)
1	14-Agu-19	35,93
2	15-Agu-19	40,94
3	19-Agu-19	43,81
4	21-Agu-19	34,04
5	24-Agu-19	34,23
6	26-Agu-19	36,04
7	29-Agu-19	32,58
Rata - rata		36,80

Berdasarkan Tabel 3 di atas, rata-rata persentase bongkahan (*boulder*) yang berukuran ≥ 80 cm dari hasil kegiatan peledakan aktual Pit Menara Utara yaitu 36,8 % 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.

5.2 Hasil *Diggability* dan Produktivitas Alat Gali Muat Dari Kegiatan Peledakan Aktual PT. Koto Alam Sejahtera

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 Hitachi Zaxis 350* dengan kapasitas bucket $1,87 \text{ m}^3$.

5.2.1 *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 1 dengan besaran nilai 0,6 atau 60 % dari kapasitas *bucket*, dikarenakan material berbentuk batu pecah, kerikil dan bongkahan yang sulit untuk digali tetapi mampu dimuat oleh *bucket* alat gali muat hingga kondisi munjung.

5.2.2 *Digging Time* Material Hasil Peledakan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka didapatkan nilai *digging time* dari alat gali muat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Digging Time* Material Hasil Peledakan Aktual

Tanggal Kegiatan Peledakan	<i>Digging Time</i> (s/bucket)		
	Maksimum	Minimum	Rata - rata
	(detik)	(detik)	(detik)
14-Agu-19	28,33	8,23	12,77
15-Agu-19	27,12	8,03	13,16
19-Agu-19	23,75	8,08	12,46
21-Agu-19	26,36	8,01	14,01
24-Agu-19	28,44	8,11	12,53
26-Agu-19	25,67	8,31	12,30
29-Agu-19	25,62	8,13	11,91
Rata - rata	26,47	8,13	12,73

Adapun rata-rata standar *digging time* (waktu gali) yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu di kisaran 8 – 10 detik. Sementara itu, rata-rata *digging time* material hasil peledakan oleh alat gali muat yaitu 12,73 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.

5.2.3 *Digging Rate* Alat Gali Muat

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan maka didapatkanlah *digging rate* alat gali muat seperti Tabel 5.

Tabel 5. *Digging Rate* Alat Gali Muat Dari Material Hasil Peledakan Aktual PT. KAS

No	Tanggal Peledakan	<i>Digging Rate</i> Alat Gali Muat (bcm/jam)
1	14-Agu-19	155,53
2	15-Agu-19	151,22
3	19-Agu-19	163,46
4	21-Agu-19	147,42
5	24-Agu-19	167,67
6	26-Agu-19	175,77
7	29-Agu-19	172,62
Rata- rata		161,96

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.

5.2.4 Produktivitas Alat Gali Muat

Dari hasil pengolahan yang dilakukan maka didapatkanlah hasil produktivitas alat gali muat dari

penggalan dan pemindahan material hasil peledakan aktual, seperti Tabel 6.

Tabel 6. Produktivitas Alat Gali Muat *Excavator Hitachi Zaxis 350* dari Material Hasil Peledakan

No	Tanggal Peledakan	Target Produktivitas (bcm/jam)	Produktivitas Aktual (bcm/jam)	Achievement (%)
1	14-Agu-19	100	80,64	80,64
2	15-Agu-19	100	79,70	79,70
3	19-Agu-19	100	80,59	80,59
4	21-Agu-19	100	80,19	80,19
5	24-Agu-19	100	79,81	79,81
6	26-Agu-19	100	80,68	80,68
7	29-Agu-19	100	80,70	80,70
Rata - rata			80,33	80,33

Berdasarkan Tabel 6 di atas, adapun rata – rata produktifitas alat gali muat *Excavator Hitachi Zaxis 350* yang menggali material hasil peledakan yaitu 80,33 bcm/jam dengan tingkat tercapainya target produktifitas aktual terhadap target produktifitas yaitu sekitar 80,33 %. 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 100 bcm/jam.

5.3 Rancangan Usulan Geometri Peledakan untuk Mengurangi Fragmentasi *Boulder* Agar Tercapai Target Produktivitas Alat Gali Muat

5.3.1 Rancangan Usulan Geometri peledakan Berdasarkan Teori R.L. Ash dan Hasil Fragmentasi 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 7 dan hasil perhitungan fragmentasi menurut rumusan Kuz-Ram dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 7. Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Teori R.L. Ash

No	Parameter	Geometri Peledakan		
		Rekomendasi ke-		
		1	2	3
A. Geometri Peledakan				
1	Faktor Batuan (A)	8,865	8,865	8,865
2	Burden (B)	2 m	2 m	2 m
3	Spasi (s)	2,4 m	2,6 m	2,8 m
4	Kedalaman Lubang Ledak (L)	6,5 m	6,5 m	6,5 m
5	Tinggi Jenjang (H)	6 m	6 m	6 m
6	Powder Colonn (PC)	5,1 m	5 m	4,7 m
7	Volume Batuan yang Akan Diledakkan ($V=B \times S \times H$)	28,8 m ³	31,2 m ³	33,6 m ³
8	Relatif Weight Strength (E ANFO = 100)	100	100	100
9	Diameter Lubang Ledak (De)	76,2 mm	76,2 mm	76,2 mm
10	Standar Deviasi Pemboran (W), Ket : W = 0	0	0	0
11	Nisbah Spasi dan Burden (S/B), Rumus : S/B	1,2	1,3	1,4
12	Densitas Pengisian Bahan Peledak (de)	3,874 kg/m	3,874 kg/m	3,874 kg/m
13	Berat Bahan Peledak Tiap Lubang Ledak, ($Q = PC \times de$)	19,76	19,37	18,21
B. Fragmentasi Peledakan		0,30%	0,55%	1,60%

Tabel 8. Hasil Fragmentasi Peledakan Berdasarkan Rumusan Kuz-Ram

No	Parameter	Nilai		
		Rekomendasi ke-		
		1	2	3
1	Ukuran rata-rata fragmentasi Hasil Peledakan ($X_{rata-rata}$)	21,61 cm	23,23 cm	25,62 cm
2	indeks keseragaman ukuran (n)	1,62	1,63	1,56
3	karakteristik batuan (xc)	27,01	29,03	32,43
4	persentase Fragmentasi hasil peledakan ukuran <i>boulder</i>	0,30%	0,55%	1,60%

Berdasarkan Tabel 7 di atas, maka dipilihlah salah satu dari ketiga rekomendasi geometri peledakan pada tabel tersebut agar di ujicobakan atau diterapkan di lapangan dimana untuk penerapan di lapangan penulis mengusulkan rekomendasi yang pertama hal ini dikarenakan persentase fragmentasi hasil peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan lebih sedikit.

5.4 Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan R.L. Ash di Lapangan

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

5.4.1 R 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 4 September 2019 dengan jumlah lubang ledak yaitu sebanyak 40 lubang.

Adapun gambaran dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan R.L. Ash di lapangan bisa dilihat pada Tabel 9 berikut ini

Tabel 9. Penerapan Rancangan Geometri Peledakan Usulan Teori R.L. Ash di Lapangan

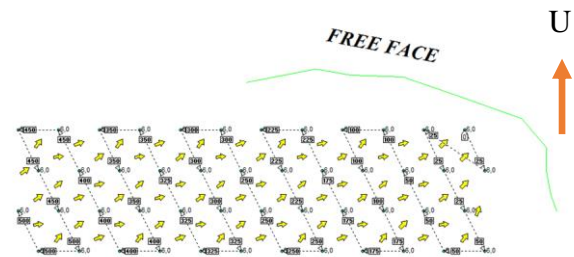
No	Parameter	Nilai
1	Burden (B)	2 m
2	Spasi (s)	2,4 m
3	Stemming (T)	1,4 m
4	Subdrilling (J)	0,6 m
5	Tinggi Jenjang (H)	6 m
6	Kedalaman Lubang Ledak (L)	6,5 m
7	Panjang kolom isian (PC) $PC = L - T$	5,1 m
8	Densitas Pengisian Bahan Peledak (d_e)	3,874 kg/m
9	Jumlah Lubang Ledak (n)	40 Lubang
10	Jumlah keseluruhan bahan peledak yang digunakan (E), $E = PC \times d_e \times n$	790,29 kg
11	Volume Batuan yang Akan Diledakkan (V) $V = B \times S \times H \times n$	1152 m ³
12	Powder factor (PF) $PF = E/V$	0,68 kg/m ³
13	Material Peledakan	Batu <i>Andesite</i>
14	Kondisi Lubang	Lubang Kering
15	Jumlah baris lubang Ledak	4

Sementara itu, lokasi uji coba rancangan usulan geometri peledakan R.L. Ash di lapangan bisa dilihat pada Gambar 6 berikut ini



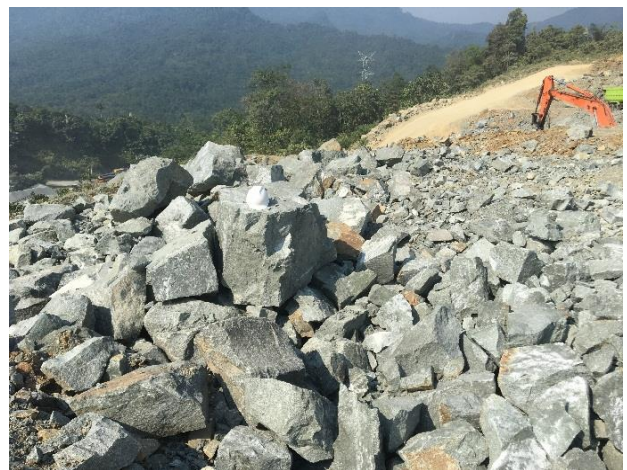
Gambar 6. Lokasi Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan Dengan Teori R.L. Ash di Lapangan

Adapun gambaran rangkaian peledakan yang digunakan pada saat pengujian di lapangan seperti Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. 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 8 berikut ini



Gambar 8. Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Dari Penerapan Rancangan Usulan Geometri Peledakan R.L. Ash di Lapangan

5.4.2 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 10 berikut ini. Adapun alat gali muat yang menggali material hasil peledakan yaitu alat gali muat *excavator hitachi zaxis 350*

Tabel 10. Hasil Dari Penerapan Rancangan Geometri Peledakan Usulan Teori R.L. Ash di Lapangan

No.	Hasil Dari Penerapan	Nilai
1	Fragmentasi Hasil Peledakan	0%
2	<i>Digging time</i> Alat Gali Muat	9,23 detik
3	<i>Bucket Fill Factor</i> Alat Gali Muat	60%
4	<i>Digging rate</i> e Alat Gali Muat	196,46 bcm/jam
5	Produktivitas Alat Gali muat	108,54 bcm/jam

Berdasarkan Tabel 10 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 *cyle 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 108,54 bcm/jam terpenuhi

Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

1. Geometri peledakan yang digunakan perusahaan dalam kegiatan peledakan aktual dari tanggal 14 Agustus – 22 September 2019 yaitu: *burden* 2m, *spasi* 2m, kedalaman lubang ledak 6m, *subdrilling* 0,3m, tinggi jenjang 6m, panjang kolom isian (*powder colomn*) 4m, diameter lubang ledak 0,0762m.
2. Fragmentasi peledakan dari kegiatan peledakan aktual perusahaan didapatkan rata-rata persentase fragmentasi ukuran *boulder* berdasarkan *software split dekstop* sebesar 36,80 % sehingga persentase *boulder* masih tergolong banyak.
3. *Diggability* alat gali muat didapatkanlah hasil rata – rata *digging time* yaitu 12,73 detik., *bucket fill factor* alat gali muat yaitu 60 %, *digging rate* yaitu 161,96 bcm/jam, dan produktifitas alat gali muat yaitu 80,33 bcm sehingga target produktivitas alat gali muat 100 bcm/jam belum terpenuhi.
4. Dari hasil penerapan rancangan geometri peledakan usulan Hasil dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan R.L.Ash di lapangan didapatkan hasil fragmentasi peledakan ukuran *boulder* dari *software split dekstop* yaitu 0 %. Adapun *digging time* alat gali muat yaitu 9,23 detik, *bucket fill factor* alat gali muat yaitu 60 %, *digging rate* Alat Gali Muat 196,46 bcm/jam, dan produktifitas alat gali muat yaitu 108,54 bcm/jam.

6.2 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] Bhandari, S. (1997). Engineering rock blasting operations. A.A Balkema. Rotterdam. Brookfiel. United States of America.
- [2] Nugroho, B. E., & Syafrianto, M. K. Kajian Fragmentasi Hasil Peledakan Komoditas Batuan Granodiorit Pada Pt Total Optima Prakarsa. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 6 (1).
- [3] Safarudin, S., Purwanto, P., & Djamaluddin, D. (2016). Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi dan Digging Time Material Blasting. *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, 20(2), 54-62.
- [4] Anonim PT. Koto Alam Sejahtera
- [5] Martono, N. (2010). Metode penelitian kuantitatif.
- [6] Ouchterlony, F., & Sanchidrián, J. A. (2018). A review of the development of better prediction equations for blast fragmentation. *Rock Dynamics and Applications 3: Proceedings of the 3rd International Confrence on Rock Dynamics and Applications (RocDyn-3), June 26-27, 2018, Trondheim, Norway*, 25.
- [7] Hunter, G. C., McDermott, C., Miles, N. J., Singh, A., & Scoble, M. J. (1990). A review of image analysis techniques for measuring blast fragmentation. *Mining Science and Technology*, 11(1), 19-36.
- [8] Singh, P. K., Roy, M. P., Paswan, R. K., Sarim, M. D., Kumar, S., & Jha, R. R. (2016). Rock fragmentation control in opencast blasting. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 8(2), 225-237.
- [9] Hadi, R. (1992). Alat Berat dan Penggunaannya.
- [10] Tenriajeng, A. T. (2003). Pemindahan Tanah Mekanis. *Jakarta: Penerbit Gunadarma*.
- [11] Indonesianto, Y. (2005). Pemindahan Tanah Mekanis. *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jogjakarta*.
- [12] Partanto, P. (1993). Pemindahan Tanah Mekanis. *ITB. Bandung*.
- [13] Ramadana, S., & Kopa, R. (2018). 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. *Bina Tambang*, 3(4), 1523-1535.
- [14] Prodjosumarto, P. (1993). Pemindahan Tanah Mekanis. *Departemen Pertambangan Insitut Teknologi Bandung*.
- [15] Hadi, R. (1992). Alat Berat dan Penggunaannya.
- [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] Ash, R. L. (1990). Design of Blasting Round, "Surface Mining", BA Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- [18] Konya, C. J., & Walter, E. J. (1991). *Rock blasting and overbreak control* (No. FHWA-HI-92-001; NHI-13211). United States. Federal Highway Administration.