

Evaluasi Teknis Geometri Dan Ekonomis Peledakan Terhadap Fragmentasi Batu Andesit dan Biaya Peledakan Pt. Atika Tunggal Mandiri, Nagari Manggilang, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat

Ade Muthia Febriyanti^{1,*}, Rizto Salia Zakri¹

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

²Dosen Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ademuthiaf@gmail.com

Abstract. From the results of observations at PT. Atika Tunggal Mandiri saw a lot of fragmentation resulting from blasting which produced boulder. The results of blasting based on company standards is 80% with a size of 50 cm. So, the percentage of boulder that can be tolerated by the company is only $\pm 20\%$. Meanwhile, from the observation results, it was found that from blasting activities in the field, 45.28% boulder was obtained. So, the results of blasting in the field still produce boulder in excess of the desired amount. The objective of this research is to obtain the results of comparison of actual fragmentation and R.L Ash, as well as actual and proposed blasting costs. The research method is the calculation of R.L. Ash and blasting test results in the field with 40 trial holes using the splitdesktop software method. Tests carried out in the field with the calculation of the theory of R. L. Ash 40 blast holes obtained the percentage of fragmentation size >50 cm at 2.34% which was retained (boulder) and escaped by 97.66%. The results can be used as a reference for companies to consider evaluating and analyzing blast geometry. The results of the analysis of aqueous blasting costs Rp. 8,137,59 /ton, the geometric blasting cost proposed by R. L. Ash theory is Rp. 9,474,79 /ton, and the geometric blasting cost of Proposed C. J. Konya is Rp. 9,890,17 /ton. The author prefers the proposed blasting geometry according to Geometry R. L. Ash to be tested in the field because the Powder Factor value is smaller and better because the Powder Factor value is smaller.

Keywords: Blasting Geometry, Fragmentation, R. L. Ash, C. J. Konya, software splitdesktop

1 Pendahuluan

PT. Atika Tunggal Mandiri ialah perusahaan yang bergerak di bidang industri pertambangan serta pengolahan batuan andesit yang terletak di Jorong Lubuak Jantan, Nagari Manggilang, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. PT. Atika Tunggal Mandiri dengan sistem penambangan terbuka (*surface mining*) dengan metode quarry. Pada kegiatan penambangannya, PT. Atika Tunggal Mandiri melakukan pemboran serta peledakan guna memberai batuan andesit terlebih dulu sebelum dilakukan pemuatan dan pengangkutan.

Beberapa faktor perlu diperhatikan saat merencanakan operasi peledakan, antara lain jenis material, akurasi lubang, geometri, serta bahan peledak yang akan dipergunakan (Bhandari, 1997:5). Dalam operasi peledakan, ada dua faktor yang memengaruhi fragmentasi hasil peledakan. Yang pertama yakni faktor yang bisa dikontrol manusia seperti arah serta kemiringan lubang ledakan, pola pengeboran, pola peledakan, arah peledakan, waktu tunda, dan karakteristik peledakan. Muatan peledak, diameter lubang ledakan, kedalaman lubang, penahanan, pemuatan, jarak. Faktor kedua di luar kendali manusia adalah pengaruh sifat batuan dasar, air tanah, dan kondisi cuaca.

Dari hasil observasi penulis pada PT. Atika Tunggal Mandiri, terdapat banyak fragmentasi hasil peledakan yang berukuran *boulder*. Hasil peledakan berdasar

standar perusahaan yakni 80% berukuran 50 cm. Jadi, persentase *boulder* yang dapat ditoleransi oleh perusahaan hanya $\pm 20\%$. Sedangkan dari hasil observasi, ditemukan bahwa dari kegiatan peledakan di lapangan diperoleh *boulder* 45,28%. Jadi, hasil peledakan di lapangan masih menghasilkan *boulder* melebihi jumlah yang diinginkan.

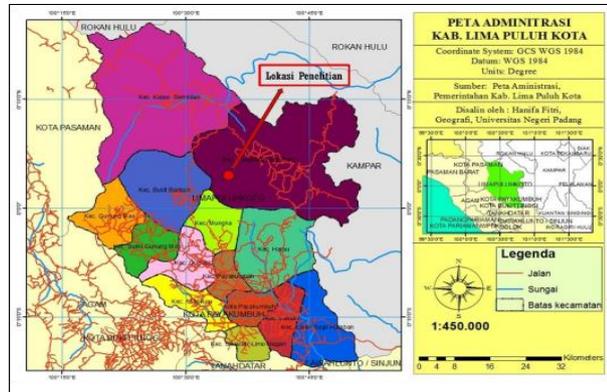
Dikarenakan tingginya persentase fragmentasi yang berbentuk bongkahan (*boulder*) di PT. Atika Tunggal Mandiri, maka perlu diperkecil lagi untuk memecahkan batuan yang berukuran *boulder* menggunakan alat *support breaker*. Sehingga akan menambah biaya untuk sewa alat *breaker* yang setiap bulannya sebesar Rp 40.000,000 yang dapat dikatakan mengeluarkan biaya tidak ekonomis lagi. Dari permasalahan tersebut, maka penulis akan merancang geometri peledakan guna memperkecil persentase *boulder* hingga kegiatan peledakan dapat dilakukan secara ekonomis.

2 Lokasi Penelitian

Lokasi IUP Operasi Produksi Andesit PT Atika Tungal Mandiri secara administratif terletak di Kabupaten Lima Puluh Kota, Kecamatan Pangkalan Kot Baru, Nagari Mangilan, Jorong Lebuak Jantan, Sumatera Barat. Secara geografis berada di wilayah IUP Operasi Produksi Andesit PT. Attika Tungal Mandiri bisa dilihat gambar berikut.

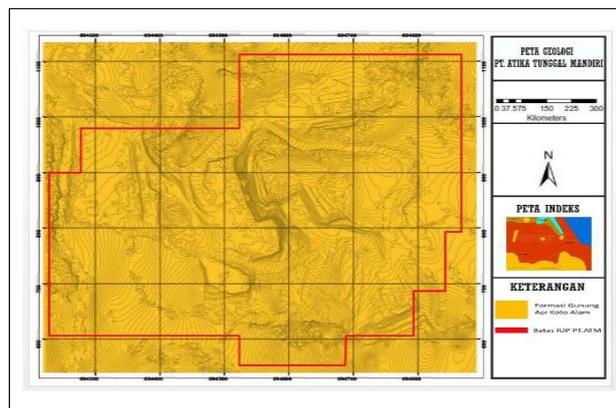
Tabel 1. Batas IUP PT. Atika Tunggal Mandiri.

NO	Bujur Timur			Lintang Utara			LU/LS
	°	'	''	°	'	''	
1	100	44	33.7	00	00	37.6	LU
2	100	45	8.3	00	00	37.6	LU
3	100	45	8.3	00	00	7.3	LU
4	100	44	33.7	00	00	7.3	LU



Gambar 1. Peta Lokasi IUP PT. Atika Tunggal Mandiri

Wilayah Pangkalan Koto Baru termasuk dalam jajaran Pegunungan Bukit Balisan yang menjadi tulang punggung Pulau Sumatera, dan menempati bagian timur laut Pegunungan Bukit Balisan pada ketinggian 500 hingga 1000 meter. Daerah ini memiliki topografi yang sangat khas. Itu dibatasi oleh dataran aluvial yang tererosi berat dan bukit-bukit tinggi dengan tebing vertikal. Peta geologi daerah Pangkalan Kotvar ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 2. Peta Geologi PT. Atika Tunggal Mandiri.

3 Kajian Teori

3.1 Pengertian Peledakan

“Peledakan merupakan pemecahan suatu material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak untuk memberai tanah penutup, membongkar batuan padat atau material berharga atau endapan bijih yang bersifat kompak dari batuan induknya menjadi material yang cocok untuk dikerjakan dalam proses produksi berikutnya” (Bhandari 1997). Dikarenakan sifat material PT, Attika Tunggal Mandiri tergolong keras, sehingga

dilakukan operasi peledakan guna membongkar material sebelum dilakukan operasi pemuatan. Berdasar *Hand Out Teknik Peledakan UNP (2016)* “Bahan peledak adalah suatu bahan kimia senyawa tunggal atau campuran berbrntuk padat, cair, atau campurannya yang apabila diberi aksi panas, benturan, gesekan, atau ledakan awal akan mengalami suatu reaksi kimia eksotermis sangat cepat dan hasil reaksinya sebagian atau seluruhnya berbentuk gas disertai panas dan tekanan sangat tinggi yang secara kimia lebih stabil”.

3.2 Pola Peledakan

Pola peledakan (Koesnaryo, 2001) “merupakan urutan waktu peledakan antara lubang tembak dalam satu baris dan antara satu dengan yang lainnya.” Berdasar arah runtunan batuan, pola peledakan di klasifikasikan yakni:

- Box Cut*, “pola peledakan yang arah runtunan batumannya ke depan dan membentuk kotak.”
- Corner cut (echelon cut)*, “pola peledakan yang arah runtunan batumannya ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.”
- “V” cut*, “pola peledakan yang arah runtunan batumannya ke depan dan membentuk huruf V.”

Sedangkan berdasar waktu tunda, pola peledakan meliputi:

- Pola ledakan di mana sumur meledak secara terus menerus.
- Pola peledakan serentak dalam satu baris serta pola peledakan berurutan antar baris.

3.3 Geometri Peledakan

Geometri peledakan begitu besar pengaruhnya terhadap pengendalian hasil peledakan. Bentuk peledakan yang baik tidak akan menghasilkan bongkahan sesuai ukuran crusher, batuan akan hancur, kondisi horizontal lebih stabil, dan mesin perkakas lebih aman. Dan keselamatan pekerja lebih terjamin.

3.1.1. Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L. Ash

Pada operasi peledakan, terdapat 7 kriteria dasar untuk geometri ledakan yakni: “burden, spacing, stemming, subdrilling, kedalaman lubang ledak, panjang kolom isian dan tinggi jenjang.” Ada beberapa persamaan yang bisa dipergunakan yakni rumusan R.L Ash.

3.1.1.1. Burden

Burden bisa diartikan sebagai jarak vertikal dari lubang ledakan ke permukaan transparan terdekat selama ledakan. Beban merupakan variabel yang sangat penting saat merencanakan geometri ledakan. Jarak pemuatan terkait erat dengan diameter lubang ledak.

$$B = (Kb \times De) / 12 \tag{1}$$

Dimana:

B = *Burden* (Ft)

De = Diameter lubang ledak (inch)

K_b = Nisbah *burden* yang telah dikoreksi

3.1.1.2. *Spacing*

Spacing yakni jarak antara satu lubang ledakan berturut-turut dan lainnya. Biaya jarak sangat tergantung pada biaya beban.

$$S = K_s \times B \tag{2}$$

Dimana:

S = *Spacing* (m)

K_s = *Spacing ratio*, yang memiliki nilai antara 1 – 2

3.1.1.3. *Stemming*

Stemming yakni bagian lubang peledak yang tidak diisi dengan bahan peledak, namun di isi bahan seperti serutan serta bahan lepas lainnya diatas pilar berisi bahan peledak.

$$T = K_t \times B \tag{3}$$

Dimana:

T = *Stemming* (m)

K_t = *Stemming ratio*, yang bernilai antara 0,7 – 1

3.1.1.4. *Subdrilling*

Subdrilling yakni kedalaman ekstra di bawah permukaan tanah. Tujuan utama dari *subdrilling* ini adalah untuk memungkinkan batu meledak di bagian depan dan menghindari ujung seperti yang diharapkan.

$$J = K_j \times B \tag{4}$$

Dimana:

J = *Subdrilling* (m)

K_j = *Subdrilling ratio*, dengan nilai antara 0,2 – 0,4

3.1.1.5. *Kedalaman Lubang*

Kedalaman lubang ledakan adalah kedalaman lubang yang di ledakkan, yaitu jumlah tinggi langkah dan lubang bawah. Kedalaman lubang ledakan tidak boleh kurang dari beban.

$$H = K_h \times B \tag{5}$$

Dimana:

H = Kedalaman lubang ledak (m)

K_h = *Hole depth ratio*, yang bernilai antara 1,5 – 4,0

3.1.1.6. *Panjang Kolom Isi*

Ada tiga metode pemuatan bahan peledak, berdasar penempatan detonator serta detonator di lubang ledak, yakni “*top loading, deck loading, serta bottom loading.*”

$$PC = L - T \tag{6}$$

Dimana:

PC = *Power Colom* (M)

L = tinggi lubang ledak (M)

T = tinggi *stemming* (M)

3.1.2. *Rancangan Geometri Peledakan Menurut J.C. Konya*

Perhitungan geometri peledakan berdasarkan Konya (1991) “tidak hanya mempertimbangkan faktor bahan peledak, sifat batuan, dan diameter lubang ledak tetapi juga memperhatikan faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan, keadaan struktur geologi, serta koreksi terhadap jumlah lubang ledak yang diledakkan.” Faktor penting di koreksi Konya (1991) yakni “masalah penentuan besarnya nilai *burden.*”

3.1.2.1. *Burden*

Burden yakni jarak vertikal antara lubang ledakan dan permukaan transparan terdekat dan arah terjadinya perpindahan.

$$B = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{0,33} \tag{7}$$

Tabel 2. Koreksi Posisi Lapisan Batuan serta Struktur Geologi

Number Of row	Kr
One or two row of holes	1,00
Third and subsequent rows or buffer blast	0,9
Rock Deposition	Kd
Bedding steeply dipping into cut	1,18
Bedding steeply dipping into face	0,95
Other cases of deposition	1,00
Geologic Structure	Ks
Heavily cracked, frequent weak joint, weakly cemented layers	1,30
Thin well-cemented layers with tight joints	1,10
Massive intact rock	0,95

Perhitungan korelasi *burden* dipergunakan rumus berikut:

$$B_2 = K_d \times K_s \times K_r \times B_1 \tag{8}$$

Dimana :

B_2 = *burden* teroreksi (m)

K_d = faktor koreksi bedasar struktur geologi batuan

K_r = faktor koreksi bedasar jumlah baris peledakan, yakni $K_r = 1$ jikalau terdapatnya satu ataupun dua baris serta $K_r = 0,9$ jikalau terdapatnya tiga baris ataupun lebih.

3.1.2.2. *Spasi*

Spasi yakni jarak terpendek (kolom) antara dua lubang ledak yang berurutan.

Tabel 3. Penentuan *Spaci* Geometri Peledakan Menurut C.J. Konya

Sistem Penyalakan	H/B < 4	H/B > 4
Serentak	$S = \frac{H + 2B}{3}$	$S = 2B$
Tunda	$S = \frac{H + 7B}{8}$	$S = 1,4B$

3.1.2.3. Stemming

Stemming melibatkan penempatan kelongsong dalam lubang ledakan tersebut kolom berisi bahan peledak.

$$T = 0,7 \times B \quad (9)$$

Dimana :

T = stemming (m)

B = burden (m)

3.1.2.4. Subdrilling

Subdrilling yakni penambahan kedalaman ke lubang bor dibawah tanah dengan tujuan mengekspos batuan ke tanah.

$$J = 0,3 \times B \quad (10)$$

Dimana :

J = subdrilling (m)

B = burden (m)

3.1.2.5. Kedalaman Lubang Ledak

Penentuan kedalaman lubang ledakan tergantung pada kinerja ekskavator dan aspek geoteknik. Sebagai aturan, kedalaman lubang ledakan adalah jumlah dari tinggi tangga dan lubang pilot dan bisa ditulis berikut:

$$H = L + J \quad (11)$$

Dimana :

H = kedalam lubang ledak (m)

L = tinggi jenjang (m)

J = subdrilling (m)

3.1.2.6. Panjang Kolom Isian

Panjang kolom muatan adalah panjang kolom lubang ledakan yang di isi bahan peledak. Panjang celah ini sama dengan kedalaman lubang ledakan dikurang panjang lubang bor yang dipergunakan.

$$PC = H - T \quad (12)$$

Dimana :

PC = panjang kolom isian (m)

H = kedalam lubang ledak (m)

T = *stemming* (m)

3.1.2.7. Tinggi Jenjang

Secara khusus, tinggi tangga maksimum di tentukan peralatan downhole serta *loader* yang ada. Ketinggian tangga mempengaruhi efek ledakan seperti pecahan batu, gelombang ledakan, batu terbang, serta getaran tanah. Ini disebabkan burden.

$$L = 5 \times De \quad (13)$$

Dimana :

L = tinggi jenjang minimum (ft)

De = diameter lubang ledak (inchi)

3.1.3. Perhitungan Volume Yang Akan Diledakan

Jumlah batu yang diledakkan bergantung pada ukuran muatan, jarak, ketinggian tangga, dan jumlah lubang ledakan yang ada. Dimensi ruangan, muatan, dan tinggi tangga berperan penting dalam jumlah bahan peledak. Rumus untuk menghitung volume ledakan adalah:

$$V = B \times S \times H \times n \quad (14)$$

Dimana :

V = Volume Peledakan (m³)

B = *Burden* (m)

S = *Spasi* (m)

L = Tinggi Jenjang (m)

n = Jumlah Lubang Ledak

3.1.4. Perhitungan Jumlah Bahan Peledak

a. Densitas Pengisian Bahan Peledak (*Loading Density*)

Loading density yakni berat bahan peledak per meter stasiun pemuatan. Nilai kerapatan pemuatan ini diberikan oleh rumus:

$$de = 0,34 \times De^2 \times SG \times 1,48 \quad (15)$$

Dimana :

De = Diameter lubang ledak (Inch)

SG = Specific gravity bahan peledak (Ton/m³)

1,48 = Konversi lbs/ft menjadi Kg/m

b. Berat Bahan Peledak Tiap Lubang Ledak (*charge weight*)

Berat bahan peledak (E) pada kolom bahan peledakan yang dikemas adalah “fungsi dari diameter bahan peledak, kepadatan bahan peledak, serta panjang kolom bahan peledak.” Berat bubuk mesiu per lubang ledakan (laju pemuatan) bisa di hitung dengan rumus:

$$E = PC \times de \quad (16)$$

Dimana:

E = Berat bahan ledak setiap lubang ledak (kg)

PC = Panjang kolom isian bahan ledak (m)

De = Loading density (kg/m)

3.1.5. Powder Factor

Powder factor yakni salah satu indikator untuk menilai kualitas pekerjaan peledakan. Hal ini disebabkan oleh nilai koefisien ledakan yang mengungkapkan tingkatan efisiensi bahan ledak dalam memecah sejumlah besar batuan. Nilai *powder factor* dihitung dengan persamaan dibawah.

$$PF = n \times \frac{E}{W} \quad (17)$$

Dimana:

Pf = *Powder factor* (kg/m³)

W = Volume material yang di ledakkan (m³)

E = Berat bahan ledak setiap lubang ledak (kg)

N = Jumlah lubang ledak

3.1.6. Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Fragmentasi yakni “istilah umum yang mengacu pada ukuran setiap batuan yang diledakkan. Ukuran fragmentasi tergantung proses berikut. Untuk memprediksi fragmentasi hasil peledakan dengan memperhitungkan faktor geologi disamping beberapa parameter peledakan, biasanya dilakukan dengan cara *Kuz-Ram*” (Konya, 1990). Cara ini meliputi dua persamaan, yakni :

- a. Persamaan kuznetsov guna mencari rata-rata (cm) hasil peledakan

$$\bar{X} = A \left(\frac{V_0}{Q_e} \right)^{0,8} \cdot Q_e^{0,17} \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63} \quad (18)$$

Dimana:

X = Ukuran rata-rata dari hasil peledakan (cm)

A = Faktor batuan = 0,12 x (BI)

$$BI = 0.5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \quad (19)$$

- b. persamaan rosin –ramler guna mencari (%) material yang tertahan pada saringan

$$X_c = \left(\frac{\bar{X}}{0,693} \right)^n \quad (20)$$

$$R_x = e^{-\left(\frac{x}{X_c} \right)^n} \quad (21)$$

Dimana nilai = 2,71828

Guna mengetahui besaran persentase bongkahan pada hasil peledakan dipergunakan rumus *index keseragaman* (n) serta karakteristik ukuran (X_c), dengan persamaan dibawah :

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{De} \right) \times \left[\frac{1+(S/B)}{2} \right]^{0,5} \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left(\frac{PC}{L} \right) \quad (22)$$

3.1.7. Metode Pengukuran Fragmentasi dengan *Split Desktop*

Split Desktop “program pemrosesan gambar (*image analysis*) untuk menentukan distribusi ukuran dari fragmen batuan pada proses penghancuran batuan yang terjadi pada proses penambangan. Program *Split Desktop* dijalankan oleh engineer tambang atau teknisi di lokasi tambang dengan mengambil input data berupa foto digital fragmentasi. Sistem *Split Desktop* terdiri dari *software, computer, keyboard dan monitor*. Terdapat mekanisme untuk mengunduh gambar dari kamera digital ke dalam komputer.” (Yudha, 2016).

3.4 Pengertian Biaya

Biaya produksi barang dan jasa yakni salah satu faktor penting menjalankan bisnis. Sebab besarnya biaya menentukan besarnya keuntungan. Biaya adalah segala sesuatu yang dapat diukur dengan uang, bukan hanya biaya pembuatan suatu produk.

3.4.1. Komponen Biaya

- Biaya Langsung, yakni “Biaya yang di keluarkan dari aktivitas yang berhubungan dengan proses produksi.”
- Biaya Tak Langsung, yakni “biaya moneter yang dikeluarkan aktivitas yang tidak terkait langsung dengan proses produksi.”
- Biaya komersial, yakni “biaya langsung dipergunakan guna mendukung kegiatan produksi.”

3.4.2. Biaya Peledakan

Biaya peledakan yakni seluruh elemen biaya yang di keluarkan saat melakukan operasi peledakan. Biaya peledak yang termasuk pada perhitungan meliputi “biaya operasi peledakan, harga bahan peledak, dan harga perlengkapan dan peralatan peledakan.”

- Biaya Bahan Peledak, sudah termasuk biaya pembelian amonium nitrat (AN), bahan bakar minyak (FO) serta power gel yang digunakan sebagai primer.
- Biaya peralatan serta aksesoris peledakan. Ini termasuk harga untuk mesin peledakan, ohmmeter peledakan, lead, tongkat dan beliung. Harga peralatan peledak sudah termasuk detonator listrik, harga *codetex* dan *nonel*, tetapi juga harga peralatan peledakan.
- Biaya tenaga kerja yang digunakan untuk pekerjaan peledakan terdiri dari tenaga kasar dan tenaga ahli sesuai dengan keahliannya.

4 Metode Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yakni penelitian studi lapangan (eksperimental) dimana eksperimen dilakukan langsung di lapangan. “Studi eksperimental adalah studi di mana seorang peneliti dengan sengaja memanipulasi satu ataupun lebih variabel dengan cara tertentu g mempengaruhi satu ataupun lebih variabel lainnya yang diukur” (Arboleda 1981: 27).

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1. Studi literature

Studi literatur berarti menemukan sumber-sumber pengetahuan yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian. Sumber-sumber ini diidentifikasi melalui pencarian buku, majalah, dan internet.

4.2.2. Observasi lapangan

- Lokasi pengumpulan data ditentukan sebelum penelitian dimulai. Lokasi penelitian diharapkan dapat memenuhi kondisi yang diharapkan untuk dilakukannya penelitian.
- Setelah lokasi pengumpulan data ditentukan, setiap masalah dengan lokasi tersebut harus diidentifikasi atau diselidiki. Pertanyaan tersebut kemudian dicocokkan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

4.2.3. Pengambilan data

- Pengumpulan data primer adalah data yang berasal dari hasil uji lapangan. Itu berupa geometri ledakan yang dipergunakan di lokasi tambang.
- Saat mendapatkan data sekunder, itu akan menjadi data masing-masing perusahaan. Data sekunder yakni "peta lokasi tambang, kondisi formasi batuan, sejarah perusahaan".
- Pengelompokan data yakni pengelompokan data yang terkumpul untuk memudahkan proses analisis.
- Analisis data yang sudah didapatkan.

4.3 Tahap Pengolahan Data

- Data geometri ledakan aktual di olah didalam *Ms. Office Excel* untuk mendapatkan parameter-parameter dari geometri peledakan aktual perusahaan. Sedangkan geometri usulan didapatkan dari hasil fragmentasi hasil peledakan dengan teori R.L.Ash Dan C.J. Konya dengan geometri peledakan aktual perusahaan.
- Data fragmentasi peledakan diproses dengan dua cara: teoretis serta praktis. Untuk pemrosesan teoritis berdasarkan teori Kuz-Ram. Sedangkan fragmentasi sebenarnya ditangani oleh software Split Desktop 2.0.

4.4 Analisi Data

Data pengamatan lapangan kemudian diolah dengan menggunakan analisis manual berdasarkan dasar pemikiran yang diperoleh dari bahan pustaka dan didiskusikan dengan pengawas lapangan. Pemrosesan data bersifat komputasional, memanipulasi data mentah dari lapangan dan merakit serta mengeksekusi komputasi menurut teori pemahaman yang diperoleh dari literatur pendukung. Langkah-langkah untuk mengolah dan menganalisis data ini adalah:

- Analisis geometri peledakan aktual

Geometri Peledakan Aktual berdasarkan hasil pengukuran dilapangan dilakukan pengolahan data dengan ms. Excel.

- Perhitungan fragmentasi hasil peledakan
Fragmentasi hasil peledakan dihitung menggunakan perhitungan prediksi fragmentasi dengan metode Kuz-Ram untuk memperoleh ukuran dan perentasi lolos teoritis serta dengan Software Split Desktop 2.0 dimana guna menghitung fragmentasi hasil peledakan dengan software split desktop 2.0 dilakukan penganbila foto fragmentasi yang paling besar.
- Rancangan ulang geometri peledakan dengan teori C.J.Konya dan RL.Ash dilakukan dalam rangka optimasi kedalaman lubang ledak terhadap hasil fragmentasi. Sehingga hasil akhirnya didapatkan perbandingan hasil antara kedua geometri peledakan tersebut dengan dengan teori R.L. Ash serta C.J. Konya dengan geometri ledakan aktual perusahaan.
- Penerapan geometri usulan menurut teori RL-Ash uji coba dilapangan.
- Kesimpulan dan saran

Dari analisi kemudian dapat diperoleh suatu kesimpulan dan akhirnya dapat memberikan rekomendasi.

5 Hasil dan Pembahasan

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Peledakan Geometri Aktual

Observasi lapangan digunakan untuk mengetahui geometri ledakan sebenarnya yang biasa digunakan oleh kontraktor saat peledakan di PT. Attika Tunggal Mandiri. Selain mengamati desain geometri jet aktual yang kami gunakan pada aktivitas peledakan kami, penulis mengukur geometri ledakan aktual kami sebagai berikut:

Tabel 4. Rara-Rata Geometri Peledakan Aktual Pt. Atika Tunggal Mandiri

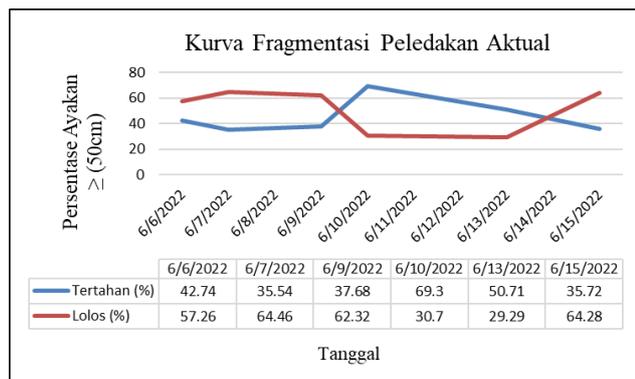
Rata-Rata Geometri Aktual PT. Atika Tunggal Mandiri						
Tanggal	Banyak Lubang	H	B	S	S	PC
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
6/6/22	49	6	2,15	2,36	2,22	3,57
7/6/22	47	6	2,14	2,38	2,22	3,57
9/6/22	53	6	2,15	2,39	2,19	3,59
10/6/22	45	6	2,24	2,39	2,19	3,60
13/6/22	39	6	2,27	2,41	2,22	3,61
15/06/22	48	6	2,19	2,39	2,22	3,57
Rata-Rata	46,4	6	2,19	2,38	2,21	3,79

5.1.2 Fragmentasi Hasil Peledakan Dari Geometri Peledakan Aktual

Untuk mengetahui fraksi fragmentasi akibat peledakan sebenarnya, dengan software desktop segmentasi untuk perhitungannya sebab hasil fragmentasi yang di hasilkan lebih konsisten dengan keadaan sebenarnya dilapangan. kategori bouldering PT. Attika Tunggal Mandiri lebih dari 50cm. Persentase pecahan seukuran batu dari hasil yang diproses oleh perangkat lunak desktop terpisah ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5. Framentasi Peledakan Aktual Menggunakan *Software Split Dekstop*

Hasil persentase fragmentasi peledakan aktual dengan <i>split dekstop</i> (%)			
NO	Tanggal	Ayakan ≥ (50cm)	
		Lolos %	Tertahan %
1	6/6/22	57,26	42,74
2	7/6/22	64,46	35,54
3	9/6/22	62,32	37,68
4	10/6/22	30,7	69,3
5	13/6/22	49,29	50,71
6	15/6/22	64,28	35,72
Rata-Rata		54,71	45,28



Gambar 3. Kurva Fragmentasi Peledakan Aktual.

Berdasarkan gambar 22 diatas menunjukkan bahwa grafik yang berwarna biru adalah hasil dari persentase tertahan dengan persentase yaitu 45,28%, sedangkan grafik yang berwarna merah merupakan hasil persentase lolos dengan persentase yaitu 54,71%.

5.2 Rencana Peledakan Usulan

5.2.1 Rancangan Peledakan Usulan R.L. Ash

Untuk geometri yang diusulkan, penulis dengan R.L. Cendre. Geometri yang diusulkan dengan teori R.L. Ash dengan data yakni:

Tabel 6. Geometri Usulan R.L. Ash

NO	Parameter	Simbol	Nilai
1	Burden	B	2 m
2	Spasi	S	2,6 m
3	Stemming	T	1,4 m
4	Subdrilling	J	0,2 m
5	Tinggi Jenjang	L	5,8 m
6	Kedalaman Lubang Ledak	H	6 m
7	Powder Column	PC= L-T	4,6 m

Hasil perhitungan fragmentasi ledakan dari rumusan Kuz-Ram pada tabel dibawah. Sementara itu, untuk perhitungan fragmentasi hasil peledakan bisa dilihat tabel dibawah ini :

Tabel 7. Fragmentasi rumusan kuzram dari peledakan berdasarkan R.L.Ash

No	Parameter	Nilai
1	Fragmentasi Rata-rata (Xm)	23,78
2	Indeks keseragaman (n)	1,90
3	Karakteristik batuan (xc)	28,84
4	Persentase boulder	5,8 %

5.2.2 Rancangan Usulan J.C.Konya

Desain bentuk berdasar teori Konya berfungsi untuk perbandingan bentuk yang diusulkan untuk mencapai hasil dan peledakan yang efisien. Berikut adalah hasil untuk bentuk yang diusulkan:

Tabel 8. Geometri Usulan Teori C.J.Konya

NO	Parameter	Simbol	Nilai
1	Burden	B	2 m
2	Spasi	S	2,5 m
3	Stemming	T	1,5 m
4	Subdrilling	J	0,2 m
5	Tinggi Jenjang	L	5,8 m
6	Kedalaman Lubang Ledak	H	6 m
7	Powder Column	PC= L-T	4,5 m

Hasil perhitungan fragmentasi ledakan dari rumusan Kuz-Ram pada tabel dibawah. Sementara itu, untuk perhitungan fragmentasi hasil peledakan bisa dilihat tabel dibawah ini :

Tabel 9. Fragmentasi rumusan kuzram dari peledakan berdasarkan teori J.C. Koya

No	Parameter	Nilai
1	Fragmentasi Rata-rata (Xm)	23,48
2	Indeks keseragaman (n)	1,47
3	Karakteristik batuan (xc)	30,13
4	Persentase <i>boulder</i>	12,24 %

5.3 Biaya Peledakan Aktual dan Peledakan Usulan

Dalam operasi peledakan di PT. Attika Tunggal Mandiri menggunakan bahan peledak panfo, detonator elektrik dan dinamit (power gel). Dalam menghitung biaya peledakan, penulis mendasarkan perhitungan pada penggunaan bahan peledak serta penggunaan alat penghancur guna memperoleh hasil perhitungan biaya tersebut.

- a. Biaya bahan peledak berdasar data yang dikumpulkan secara internal. Biaya ledakan per unit ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 10. Harga Bahan Peledak

No	Bahan Peledak	Satuan	Harga/Satuan
1	Panfo	Kg	Rp. 14.700
2	Detonator Listrik	Pcs	Rp. 15.500
3	<i>Dynamite/Powergel</i>	Kg	Rp. 41.500

- b. Biaya penggunaan palu untuk memaksimalkan hasil peledakan di PT. Ukuran fragmen Attika Tunggal Mandiri yang termasuk dalam kategori megalitik (50 cm ke atas) dipecah atau diubah ukurannya untuk diproses oleh penghancur. Solusinya adalah pemutus sirkuit PC 200 CAT. Untuk menghitung biaya sewa ataupun sewa alat bongkaran dari PT. Atika Tunggal Mandiri yang dikeluarkan yakni Rp.40.000.000,-/bulan.
- c. Total biaya peledakan sebenarnya berdasar data aktual di lapangan sesuai dengan data peledakan per 6 Juni 2022 pada tanggal di bawah ini.

Tabel 11. Hasil biaya Peledakan Aktual

No	Bahan Peledak	Jumlah Pemakaian	Harga/Satuan	Total Biaya Aktual
1	Panfo	717,542 kg	Rp. 14.700 /kg	Rp. 10.547.867
2	Detonator Listrik	49 pcs	Rp. 15.500 /pcs	Rp. 759.500
3	<i>Dynamite/Powergel</i>	9,8 kg	Rp. 41.500 /kg	Rp. 406.700
Total Biaya Peledakan Seluruhnya				Rp.11.714.067
Total Biaya Peledakan/m ³				Rp. 7.852,56
Biaya Sewa <i>Breaker</i> /ton				Rp. 15.601,46

Berdasar hasil penelitian yang di lakukan dilapangan dan usulan maka di dapat perbandingan biaya peledakan yakni :

Tabel 12. Hasil Biaya Peledakan Usulan R.L.Ash

No	Bahan Peledak	Jumlah pemakaian	Harga/Satuan	Total Biaya Teori R.L.Ash
1	Panfo	712,816 kg	Rp. 14.700 /kg	Rp. 10.478.395
2	Detonator Listrik	40 pcs	Rp. 15.500 /pcs	Rp. 620.000
3	<i>Dynamite/Powergel</i>	8 kg	Rp. 41.500 /kg	Rp. 332.000
Total Biaya Peledakan Seluruhnya				Rp. 11.430.395
Total Biaya Peledakan/m ³				Rp. 9.474,79

Tabel 13. Biaya Peledakan Usulan C.J.Konya

No	Bahan Peledak	Jumlah Pemakaian	Harga/Satuan	Total Biaya Teori Konya
1	Panfo	697,32 kg	Rp. 14.700 /kg	Rp.10.250.604
2	Detonator Listrik	40 pcs	Rp. 15.500 /pcs	Rp. 620.000
3	<i>Dynamite/Powergel</i>	8 kg	Rp. 41.500 /kg	Rp. 332.000
Total Biaya Peledakan Seluruhnya				Rp. 11.202.604
Total Biaya Peledakan/m ³				Rp. 9.890,17

Tabel 14. Perbandingan Hasil Geometri Peledakan serta Biaya peledakan aktual, R.L.ash dan J.C. konya

No	Parameter	Aktual	R.L.Ash	J.C.Konya
1	<i>Burden</i>	2,19 m	2 m	2 m
2	<i>Spasi</i>	2,38 m	2,6 m	2,5 m
3	<i>Stemming</i>	2,21 m	1,4 m	1,5 m
4	<i>Subdrilling</i>	0,2 m	0,2 m	0,2 m
5	Tinggi jenjang	5,59 m	5,8 m	5,8 m
6	Kedalaman Lubang Ledak	6,0 m	6,0 m	6,0 m
7	<i>Powder Column</i>	3,79 m	4,6 m	4,5 m
8	<i>Powder Factor</i>	0,49 kg/ton	0,59 kg/ton	0,60 kg/ton
9	Biaya Peledakan	Rp. 8.137,59 /ton	Rp. 9.474,79 /ton	Rp. 9.890,17 /ton
10	<i>Sewa Breaker</i>	Rp. 15.601,49/ton	-	-
11	<i>Boulder</i>	45,58 %	5,8%	12,24%

Hasil dari analisis tabel diatas biaya peledakan aktual sebesar RP. 8.137,59 biaya peledakan geometri usulan teori R. L. Ash sebesar Rp. 9.474,79 dan biaya peledakan geometri Usulan C. J. Konya yakni Rp. 9.890,17. Penulis lebih memilih geometri peledakan usulan menurut geometri R. L. Ash untuk di uji cobakan hasil optimum dibandingkan Usulan C. J. Konya

6 Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

- Menurut perhitungan fragmentasi batuan peledakan kami yang sebenarnya, mean persentase fragmentasi ukuran boulder berdasar software desktop Split adalah 45,28%, dan rata-rata persentase fragmentasi boulder yang dihasilkan masih cukup mahal.
- Berdasarkan hasil perbandingan desain yang diusulkan di atas, teori R.L. Ash memberikan nilai faktor bubuk sebesar 0,23 kg/ton dan kadar batu pecah sebesar 5,8%. Teori C. Faktor serbuk J. Konya adalah 0,24 kg/ton dan fraksi batu besar adalah 12,24%. Penulis lebih suka teori R.L. Ash yang telah teruji lapangan daripada teori C. J. Konya adalah yang terbaik, karena memiliki powder factor (PF) yang lebih rendah.
- Hasil ujicoba dilapangan dengan teori R. L. Ash Berdasarkan pengujian yang di lakukan dilapangan menggunakan perhitungan teoritis R.L.Ash pada 40 lubang ledakan, didapatkan hasil bahwa fraksi fragmentasi ukuran >50cm menggunakan software Splitdesktop tertahan (batuan) 2,34% dan lolos 97,66%. Hasil ini dapat dijadikan acuan untuk bahan pertimbangan penting bagi perusahaan guna mengevaluasi dan menganalisis geometri peledakan.
- Hasil dari analisis biaya peledakan aktual sebesar Rp. 7.852,49, biaya peledakan geometri usulan teori R.L. Ash yakni Rp. 9.474,79, dan biaya peledakan geometri Usulan C. J. Konya sebesar dari kedua geometri sebesar Rp. 9.890.79 Penulis lebih memilih geometri peledakan usulan menurut geometri R. L. Ash untuk di uji cobakan dilapangan karena nilai *Powder Factor* lebih kecil dan hasil optimum dibandingkan Usulan C. J. Konya.

5.2 Saran

- Geometri yang di rencanakan perusahaan sebaiknya di periksa lebih dulu sebelum dilakukan peledakan.
- Mulai saat ini, penulis menyarankan hal-hal berikut saat meledakkan PT. Atika Tunggal Mandiri menyiapkan lokasi sebelum melakukan pengeboran dan senantiasa memantau kinerja bor untuk memastikan tidak ada variasi kedalaman, jarak atau beban akibat hasil peledakan atau peledakan yang halus dan kurang optimal.
- Mengenai evaluasi pekerjaan peledakan, untuk mewujudkan pekerjaan peledakan yang ekonomis, perlu dilakukan evaluasi biaya pekerjaan peledakan dengan menggunakan bahan peledak dan peralatan penghancur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ash, R.L. 1967. Design of Blasting Round, "Surface Mining", B.A. Kennedy, Editor, Society

for Mining, Metallurgy, and Exploration, pp. 565-584

- [2] Bhandari, S. (1997). *Engineering rock blasting operations*. A.A Balkema. Rotterdam. Brookfiel. United States of America
- [3] F. Faramarzi, dkk. 2013. *A Rock Engineering Systems Based Model To Predict Rock Fragmentation By Blasting*
- [4] F. Ouchterlony dan J.A Sanchidrian. 2019. *A Review Of Development Of Better Prediction Equations For Blast Fragmentation*
- [5] Konya, C.J. dkk. 1991. *Rock Blasting and Overbreak Control*. Virginia: US Department Of Transportation
- [6] Putri, M., Yulhendra, D., & Octova, A. 2018. Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan Diggability Dalam Pemenuhan Target
- [7] Produktivitas Ore Di Pit Durian Barat Dan Pit South Osela Site Bakan Pt J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara.
- [8] Ridwan Toto. 2010. *Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian*. Bandung
- [9] Safarudin. 2016. *Analisa Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi dan Digging Time Material Blasting*.
- [10] Sahrul Ramadana dan Raimon Kopa. 2018. *Analisis Geometri Peledakan Guna untuk Mendapatkan Fragmentation 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, Malintau, Kalimantan Utara.*
- [11] Singh, dkk. 2015. *Rock Fragmentation Contol In Opencast Blasting* Rochman Hadi. 1992. *Alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum YBPPU : Jakarta.
- [12] Tim IWPL. 1996. *Supervisory Teknik Peledakan Diklat Angkatan IV Karimun Granite Riau: Bandung.*
- [13] Zaenal, dkk. 2017. *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Angkut untuk Dapat Mencapai Produksi 2.300 Ton Per Shift Pada Kegiatan Penambangan Andesit Di PT. Tarabatuh Manunggal Bogor Provinsi Jawa Barat.*