

Kajian Biaya Peledakan Terhadap Geometri Peledakan untuk Mencapai Target Massa Batuan Terbongkar dan Fragmentasi pada Proses Pembongkaran Batu Kapur di *Pit Y* PT X

Adhitya Baron*, Tri Gamela Saldy, Mulya Gusman, Heri Prabowo

Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* adhityabaron01@gmail.com

Abstrak. PT X adalah produsen semen yang menggunakan metode penambangan terbuka sistem *quarry* untuk menambang batu kapur. Proses peledakan sangat penting untuk memecah batuan keras, namun memerlukan biaya besar. Pada Juli–Oktober 2025, target massa batuan terbongkar sebesar 620.000 ton/bulan tidak tercapai, meskipun biaya peledakan melebihi rencana Rp. 1.500.000.000, yaitu Rp. 1.592.671.506 (Juli), Rp. 1.573.679.328 (Agustus), Rp. 1.578.743.909 (September), dan Rp. 1.507.839.775 (Oktober). Usulan geometri peledakan berdasarkan teori R.L. Ash dan C.J. Konya dibandingkan. Teori R.L. Ash menyarankan *burden* 3,46 m dan menghasilkan 31.464 ton dalam 1 kali peledakan (55 lubang), dengan biaya total Rp. 1.356.927.271 dan biaya perlubang Rp. 1.129.479. Teori C.J. Konya menyarankan *burden* 2,94 m, menghasilkan 31.000 ton per peledakan (126 lubang), dengan biaya Rp. 2.590.202.731 dan biaya perlubang Rp. 982.256. Dibandingkan peledakan aktual (29.409 ton, 55 lubang, Rp. 1.266.672/lubang), teori R.L. Ash dinilai lebih efisien secara teknis dan ekonomis.

Kata kunci: batu kapur, geometri peledakan, studi biaya, ANFO, fragmentasi

Abstract. PT X is a cement producer that uses the open pit mining method with a quarry system to mine limestone. The blasting process is very important for breaking hard rocks, but it requires high costs. In July–October 2025, the target rock mass of 620,000 tons/month was not achieved, even though the blasting cost exceeded the plan of Rp. 1,500,000,000, namely Rp. 1,592,671,506 (July), Rp. 1,573,679,328 (August), Rp. 1,578,743,909 (September), and Rp. 1,507,839,775 (October). The proposed blasting geometry based on the theories of R.L. Ash and C.J. Konya were compared. The theory of R.L. Ash suggested a burden of 3.46 m and produced 31,464 tons in 1 blasting (55 holes), with a total cost of Rp. 1,356,927,271 and a cost per hole of Rp. 1,129,479. C.J. Konya's theory suggested a burden of 2.94 m, producing 31,000 tons per blasting (126 holes), with a cost of Rp. 2,590,202,731 and a cost per hole of Rp. 982,256. Compared to actual blasting (29,409 tons, 55 holes, Rp. 1,266,672/hole), R.L. Ash's theory is considered more efficient technically and economically.

Keywords: limestone, blasting geometry, cost study, ANFO, fragmentation

Tanggal Diterima: 31/05/2025; Tanggal Direvisi: 06/10/2025; Tanggal Disetujui: 01/12/2025; Tanggal Dipublikasi: 10/12/2025

1. Pendahuluan

PT X merupakan salah satu produsen yang bergerak dalam pertambangan Batu Kapur. Metode penambangan yang digunakan oleh PT X yaitu sistem tambang terbuka, dengan metode penambangan *quarry*. Dalam kegiatan penambangan dengan karakteristik batuan yang keras, maka perlu dilakukan peledakan (*blasting*) yang bertujuan untuk memecahkan batuan tersebut, sehingga dapat mempermudah dalam kegiatan penggalian (*digging*)^[1]. Kegiatan peledakan bertujuan untuk melepas atau memecahkan material dari batuan induknya agar ukuran fragmentasi yang dihasilkan dapat memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya^[2]. PT X akan berencana melakukan peledakan hanya menggunakan bahan peledak ANFO yang sebelumnya peledakan di PT X menggunakan ANFO dan Dabex dalam 1 hari peledakan.

Kegiatan peledakan yang dilakukan pada PT X membutuhkan biaya yang cukup besar untuk tercapainya target massa batuan terbongkar. Berdasarkan data aktual yang didapatkan pada kegiatan peledakan yang telah dilakukan selama

bulan Juli – Oktober tahun 2025 di PT X, target massa batuan terbongkar batu kapur sebesar 620.000 ton tiap bulannya dan menghasilkan massa batuan terbongkar pada bulan Juli sebesar 607.944 ton, bulan Agustus sebesar 598.609 ton, dan bulan September sebesar 607.725 ton, secara tidak langsung target massa batuan terbongkar yang diinginkan pada Juli – September tahun 2024 tidak tercapai dengan biaya yang dikeluarkan cukup besar yaitu Rp. 1.592.671.506 pada bulan Juli, Rp. 1.573.679.328 pada bulan Agustus, dan Rp. 1.578.743.909 pada bulan September dengan biaya rencana dari perusahaan sebesar Rp. 1.500.000.000. Setelah ditinjau dari bulan sebelumnya, maka dihitunglah massa batuan terbongkar aktual dan biaya peledakan aktual pada bulan Oktober sebesar 605.587 ton massa batuan terbongkar dengan biaya peledakan sebesar Rp. 1.507.839.775, secara tidak langsung target massa batuan terbongkar dan biaya rencana peledakan ANFO dari perusahaan masih belum tercapai.

Permasalahan yang mempengaruhi biaya peledakan ANFO meliputi, jumlah lubang ledak yang meliputi *burden*, *spacing*, diameter, *stemming*,

kedalaman lubang ledak, panjang lubang isian dan *loading density*, bahan dan peralatan peledakan, kebutuhan bahan bakar, gaji tenaga kerja^[3]. Pada proses peledakan terdapat indikator keberhasilan peledakan salah satunya adalah hasil fragmentasi. Suatu rancangan yang optimal diperlukan untuk mengkaji geometri peledakan yang telah digunakan dan fragmentasi hasil peledakan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari segi pengaruh biaya terhadap hasil fragmentasi dan geometri peledakan. Ekonomi peledakan merupakan cara memperkirakan atau mengelola biaya peledakan, termasuk kegiatan yang berkaitan dengan peledakan lainnya, karena biaya peledakan merupakan salah satu komponen biaya operasi penambangan yang meliputi biaya bahan peledak, peralatan dan perlengkapan peledakan serta biaya tenaga kerja^[4]. Dalam hal ini ekonomi peledakan yang dibahas berfokus pada bahan peledak *ANFO* dan perbandingan biaya tiap lubang ledak yang optimal, dimana bahan peledak ini akan digunakan seterusnya di PT X.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 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^[5]. Karena sifat material dilokasi penambangan PT X tergolong keras, maka dilakukan kegiatan peledakan untuk membongkar materialnya sebelum kegiatan loading dilakukan.

Berdasarkan buku petunjuk teknik peledak secara praktis, bahan peledak adalah kumpulan bahan kimia yang mampu mengurai dengan cepat dan menghasilkan ledakan^[6]. Penguraian ini menghasilkan gas bertemperatur dan bertekanan tinggi sehingga dapat melakukan kerja mekanis kesekelilingnya. Agar dapat dipakai dengan aman, bahan peledak harus mempunyai stabilitas kimia yang baik pada berbagai kondisi seperti, gesekan, impak, atau panas. Secara umum bahan peledak dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari unsur padat, cair, atau gas yang berkondisi menstabil dan dapat melakukan reaksi kimia dengan cepat tanpa ada unsur lainnya seperti oksigen atmosfer^[7]. Reaksinya dapat dipicu secara mekanis kejutan atau panas. Ketahanan untuk melakukan reaksi mencerminkan sensitivitas bahan peledak.

2.2 Fragmentasi Hasil Peledakan

Fragmentasi hasil peledakan adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan^[8]. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau bongkah diperlukan, misalkan disusun sebagai penghalang di tepi jalan tambang. Namun banyak diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah. Tingkat fragmentasi menunjukkan suatu keberhasilan dalam peledakan. Dimana tingkat fragmentasi diharapkan dapat sesuai dengan kapasitas bucket *excavator* dalam pekerjaan loading material serta berpengaruh terhadap pengoptimalan kerja *crusher* dalam peremukan material.

2.3 Metode Perhitungan

Geometri peledakan adalah jarak lubang tembak yang di buat pada saat sebuah area pertambangan akan di ledakkan^[9]. Dalam sebuah peledakan, geometri merupakan faktor yang dapat dikendalikan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Terdapat beberapa teori untuk penentuan nilai geometri peledakan, seperti teori R.L. Ash, Anderson, ICI-*Explosive*, C.J. Konya, dan lain-lain^[10].

Ada beberapa metode yang dikembangkan oleh para ahli peledakan untuk menentukan besaran-besaran geometri peledakan secara teoritis yaitu R. L. Ash membuat suatu pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh dari berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda^[11] dan Geometri peledakan metode C.J. Konya adalah pendekatan ilmiah dan empiris yang digunakan untuk merancang pola pengeboran dan peledakan dalam kegiatan pertambangan dan konstruksi^[12]. Berikut rumus perhitungan R.L. Ash dan C.J. Konya:

Tabel 1. Rumus Perhitungan Geometri Peledakan
R.L. Ash dan C.J. Konya

Metode R.L. Ash		
Keterangan	Rumus	Hasil
AF1	$[D \text{ Batuan Standar/D Batuan Aktual}]^{0.333}$	1,02
AF2	$[SG \text{ Handak} \times VOD \text{ Handak/SG Handak Standar} \times VOD \text{ Handak Standar}]^{0.333}$	0,99
KB terkoreksi	$KB \text{ Standar} \times AF1 \times AF2$	30,29
Burden (m)	$KB \text{ Terkoreksi} \times \text{Diameter Lubang Ledak}$	3,46
Spasi (m)	$2 \times \text{Burden}$	6,93
Stemming (m)	$0.7 \times \text{Burden}$	2,42
Subdrill (m)	Tidak Memakai Subdrill	0,00
Tinggi Jenjang (m)	$2.6 \times \text{Burden}$	9
Kedalaman Lubang (m)	$\text{Tinggi Jenjang} - \text{Subdrill}$	9
PC (m)	$\text{Kedalaman Lubang} - \text{Stemming}$	6,58
BCM (m ³)	$\text{Target Peledakan Harian} / \text{Densitas Batuan}$	11698,11
Volume Lubang Ledak (m ³)	$\text{Burden} \times \text{Spasi} \times \text{Tinggi Jenjang}$	215,88
Jumlah Lubang	$\text{BCM/Volume Lubang Ledak}$	55
Volume Peledakan (m ³)	$\text{Volume Lubang Ledak} \times \text{Jumlah Lubang Ledak}$	11698,11
Jumlah Handak (Ton)	$\pi \cdot r^2 \times \text{Powder Columb} \times \text{Densitas Bahan Peledak}$	0,057
Jumlah Handak (Kg)	$\text{Jumlah Handak (Ton)} \times 1000$	57,35

Metode C.J. Konya		
Keterangan	Rumus	Hasil
B1 (m)	$3.15 \times \text{Diameter Lubang} \times (SG \text{ Handak/SG Batuan})^{0.333}$	2,99
B2 (m)	$Kd \times Ks \times Kr \times B1$	2,94
Spasi (m)	$1.4 \times \text{Burden}$	4,12
Stemming (m)	$0.7 \times \text{Burden}$	2,06
Subdrill (m)	Tidak Memakai Subdrill	0,00
Tinggi Jenjang (m)	$2.6 \times \text{Burden}$	7,65
Kedalaman Lubang (m)	$\text{Tinggi Jenjang} - \text{Subdrill}$	7,65
PC (m)	$\text{Kedalaman Lubang} - \text{Stemming}$	5,59
BCM (m ³)	$\text{Target Peledakan Harian} \times \text{Densitas Batuan}$	11698,11
Volume Lubang Ledak (m ³)	$\text{Burden} \times \text{Spasi} \times \text{Tinggi Jenjang}$	92,83
Jumlah Lubang	$\text{BCM/Volume Lubang Ledak}$	126
Volume Peledakan (m ³)	$\text{Volume Lubang Ledak} \times \text{Jumlah Lubang Ledak}$	11698,11
Jumlah Handak (Ton)	$\pi \cdot r^2 \times \text{Powder Charge} \times \text{Densitas Bahan Peledak}$	0,04875
Jumlah Handak (Kg)	$\text{Jumlah Handak (Ton)} \times 1000$	48,75
PF (kg/m ³)	$\text{Jumlah Handak (Ton)} / \text{Volume Lubang Ledak}$	0,53
Loading Density	$0,508 \times D^2 \times SG \text{ Handak}$	8,74

2.4 Metode Perhitungan Biaya Peledakan

Metode perhitungan biaya peledakan digunakan untuk mengetahui total pengeluaran yang dibutuhkan dalam setiap siklus peledakan, termasuk biaya bahan peledak, pengeboran, pengisian lubang, pengamanan area, serta tenaga kerja. Perhitungan ini umumnya dilakukan berdasarkan satuan biaya per ton batuan yang terbongkar atau per lubang ledak, dengan mempertimbangkan variabel seperti jumlah bahan peledak per lubang, panjang stemming, dan geometri peledakan^[13]. Metode ini sangat penting untuk mengevaluasi efisiensi biaya dan merancang strategi peledakan yang lebih ekonomis tanpa mengorbankan kualitas fragmentasi maupun keselamatan kerja.

Ada beberapa parameter untuk perhitungan biaya yaitu mencakup gaji karyawan, harga alat dan bahan peledak, serta harga bahan bakar yang digunakan dalam bahan peledak^[14]. Berikut Tabel 2 dari parameter biaya peledakan.

Tabel 2. Harga Acuan Peralatan dan Perlengkapan Peledakan

DATA HARGA PERALATAN DAN PERLENGKAPAN PELEDAKAN			
Nama	Satuan	Jumlah	Harga
Harga Alat			
Blasting Mechine	Unit	1	Rp14,000,000.00
Ohm Meter	Unit	1	Rp5,000,000.00
Biaya Bahan Peledak			
Fuel Oil	Liter	1	Rp19,200.00
Amonium Nitrate	Kg	1	Rp17,000.00
Perlengkapan Peledakan			
In hole delay detonator	Pcs	1	Rp48,000.00
Surface delay	Pcs	1	Rp38,000.00
Dayagell Extra	Pcs	1	Rp63,000.00
Eldeto	Pcs	1	Rp14,500.00
Plastik Liner	Roll	1	Rp400,000.00
Lead Wire / 500 meter	Pcs	1	Rp675,000.00
Peralatan Peledakan			
Cangkul	Pcs	1	Rp50,000.00
Gaji Pekerja			
PJO	Orang	1	Rp25,000,000.00
Karyawan Tetap	Orang	1	Rp13,000,000.00
Karyawan Biasa	Orang	1	Rp5,000,000.00

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian sebagai salah satu cara untuk menyelesaikan suatu masalah atau mencari jawab dari persoalan yang dihadapi secara ilmiah, menggunakan cara berpikir reflektif, berpikir keilmuan dengan prosedur yang sesuai dengan tujuan dan sifat penyelidikan. Ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar. Tujuan Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian terapan. Penelitian terapan dilakukan berkenaan dengan kenyataan-kenyataan praktis, penerapan, dan pengembangan utama penelitian terapan adalah mencari solusi dengan masalah-masalah tertentu

sehingga dapat secara langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi^[3].

3.2 Teknik Pengumpulan Data

- 1) Data geometri peledakan aktual diolah dalam Microsoft Office Excel untuk mendapatkan parameter-parameter dari geometri peledakan aktual perusahaan.
- 2) Data fragmentasi hasil peledakan diolah dengan dua cara yaitu dengan cara teoritis dan aktual. Untuk teoritis diolah dengan menggunakan teori Kuz-Ram. Sementara untuk fragmentasi aktual diolah dengan menggunakan program *Software Split Desktop 2.0*.

3.3 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menganalisis data primer dan data sekunder yang telah diambil sehingga didapatkan di lapangan. Analisis data berfungsi untuk mengetahui hubungan antara variabel data yang digunakan dan sinkronisasi satu sama lain. Adapun teknik data kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis geometri peledakan aktual, geometri peledakan aktual berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dilakukan pengolahan data menggunakan Microsoft Excel.
2. Perhitungan fragmentasi hasil peledakan, fragmentasi hasil peledakan dihitung

menggunakan perhitungan prediksi fragmentasi dengan metode Kuz-Ram untuk memperoleh ukuran dan perentasi lolos teoritis serta menggunakan Software Split Dekstop 2.0 dimana untuk menghitung fragmentasi hasil peledakan dengan software split desktop 2.0 dilakukan pengambilan foto fragmentasi yang paling besar.

3. Perhitungan biaya peledakan efektif dari setiap metode geometri peledakan dan hasil massa batuan terongkar.
4. Kesimpulan dan saran, dari analisis kemudian dapat diperoleh suatu kesimpulan dan akhirnya dapat memberikan rekomendasi.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perhitungan dan Analisis Geometri Peledakan

1) Perhitungan Peledakan Aktual

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2025, pengolahan data geometri peledakan aktual yang berisikan data hari dan tanggal, lokasi, jumlah lubang ledak, diameter lubang ledak, *burden*, spasi, *stemming*, kedalaman lubang ledak, *subdrill*, *powder columb*, *loading density*, bahan peledak, volume terongkar, massa batuan terongkar, dan *powder factor*.

Tabel 3. Peledakan Aktual *ANFO* Bulan Oktober

Peledakan ANFO Bulan Oktober																
No	Hari/Tanggal	Lokasi	Jumlah Lubang Ledak	Diameter Lubang Ledak (inch)	Burden (m)	Spasi (m)	Stemming (m)	Kedalaman Luban Ledak (m)	Subdrilling (m)	Powder Coloumb (m)	Loading Density (kg/m)	Bahan Peledak		Volume Terongkar (m3)	Massa Batuan Terongkar (ton)	Powder Factor (kg/m2)
												Lubang (kg)	Peledakan (kg)			
1	Jumat, 4/10/2024	B12 Barat	60	4.5	3.8	5.8	1.5	9	0	7.5	8.7	65.380	3915	198.36	31539.24	0.329601
2	Senin, 7/10/2024	B11 Selatan	57	4.5	4	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3719.25	216	32626.8	0.302683
3	Selasa, 8/10/2024	B9 Timur	45	4.5	3.7	5.8	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	2936.25	193.14	23031.945	0.338509
4	Rabu, 9/10/2024	B12 Barat	50	4.5	3.8	5.2	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3262.5	177.84	23563.8	0.367632
5	Kamis, 10/10/2024	B12 Barat	61	4.5	4	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3980.25	216	34916.4	0.302683
6	Jumat, 11/10/2024	B12 Barat	55	4.5	3.8	5.9	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3588.75	201.78	29409.435	0.324014
7	Senin, 14/10/2024	B12 Tengah	50	4.5	4	5.8	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3262.5	208.8	27666	0.313121
8	Selasa, 15/10/2024	B9 Timur	30	4.5	3.5	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	1957.5	189	15025.5	0.345924
9	Rabu, 16/10/2024	B12 Barat	80	4.5	4	5.8	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	5220	208.8	44265.6	0.313121
10	Kamis, 17/10/2024	B12 Barat	50	4.5	3.6	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3262.5	194.4	25758	0.336315
11	Jumat, 18/10/2024	B9 Timur	40	4.5	3.6	5.5	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	2610	178.2	18889.2	0.366889
12	Senin, 21/10/2024	B10 Tengah	108	4.5	3.5	5.5	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	7047	173.25	49584.15	0.377371
13	Selasa, 22/10/2024	B12 Timur	70	4.5	3.6	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	4567.5	194.4	36061.2	0.336315
14	Rabu, 23/10/2024	B12 Tengah	54	4.5	3.8	5.9	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3523.5	201.78	28874.718	0.324014
15	Kamis, 24/10/2024	B12 Barat	45	4.5	4	5.5	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	2936.25	198	23611.5	0.3302
16	Jumat, 25/10/2024	B12 Barat	50	4.5	3.8	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3262.5	205.2	27189	0.318614
17	Senin, 28/10/2024	B9 Timur	64	4.5	3.7	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	4176	199.8	33886.08	0.327225
18	Selasa, 29/10/2024	B9 Timur	74	4.5	3.6	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	4828.5	194.4	38121.84	0.336315
19	Rabu, 30/10/2024	B5 Bawah	46	4.5	4	6	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	3001.5	216	26330.4	0.302683
20	Kamis, 31/10/2024	B5 Tengah	72	4.5	3.6	5.7	1.5	9	0	7.5	8.7	65.38	4698	184.68	35236.944	0.354016
Jumlah			1161	90	75.4	116.4	30	180	0	150	174	1307.592	75755.25	3949.83	605587.752	6.647245
Rata-Rata			58.05	4.5	3.77	5.82	1.5	9	0	7.5	8.7	65.37961	3787.7625	197.492	30279.3876	0.332362

2) Metode R.L. Ash

Geometri peledakan adalah jarak lubang tembak yang di buat pada saat sebuah area pertambangan akan di ledakkan. Dalam sebuah peledakan, geometri merupakan faktor yang dapat dikendalikan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Terdapat beberapa teori untuk penentuan nilai geometri peledakan, seperti teori R.L. Ash, Anderson, ICI-Explosive, C. J. Konya dan lain-lain. R. L. Ash membuat suatu pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh dari berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda. Berikut adalah perhitungan teoritis geometri peledakan metode R.L. Ash.

Tabel 4. Geometri Peledakan Metode R.L. Ash

Metode R.L. Ash		
Keterangan	Rumus	Hasil
AF1	[D Batuan Standar/D Batuan Aktual] ^{0.333}	1,02
AF2	[SG Handak x VOD Handak/SG Handak Standar x VOD Handak Standar] ^{0.333}	0,99
KB terkoreksi	KB Standar x AF1 x AF2	30,29
Burden (m)	KB Terkoreksi x Diameter Lubang Ledak	3,46
Spasi (m)	2 x Burden	6,93
Stemming (m)	0.7 x Burden	2,42
Subdrill (m)	Tidak Memakai Subdrill	0,00
Tinggi Jenjang (m)	2.6 x Burden	9
Kedalaman Lubang (m)	Tinggi Jenjang - Subdrill	9
PC (m)	Kedalaman Lubang - Stemming	6,58
BCM (m ³)	Target Peledakan Harian / Densitas Batuan	11698,11
Volume Lubang Ledak (m ³)	Burden x Spasi x Tinggi Jenjang	215,88
Jumlah Lubang	BCM/Volume Lubang Ledak	55
Volume Peledakan (m ³)	Volume Lubang Ledak x Jumlah Lubang Ledak	11698,11
Jumlah Handak (Ton)	$\pi \cdot r^2 \times \text{Powder Columb} \times \text{Densitas Bahan Peledak}$	0,057
Jumlah Handak (Kg)	Jumlah Handak (Ton) x 1000	57,35

3) Metode C.J. Konya

Geometri peledakan metode CJ Konya adalah pendekatan ilmiah dan empiris yang digunakan untuk merancang pola pengeboran dan peledakan dalam kegiatan pertambangan dan konstruksi. Metode ini dikembangkan oleh Calvin J. Konya, seorang ahli peledakan terkemuka, yang menekankan pentingnya penataan fisik lubang-lubang ledak agar energi dari

bahan peledak dapat digunakan secara maksimal dan efisien. Dalam metode ini, beberapa parameter utama yang diperhatikan meliputi *burden* (jarak dari lubang ledak ke muka bebas batuan), *spacing* (jarak antar lubang dalam satu baris), kedalaman lubang, stemming (bagian atas lubang yang diisi material penahan), *subdrill* (kedalaman tambahan di bawah dasar jenjang), dan diameter lubang.

Tabel 5. Geometri Peledakan Metode C.J. Konya

Metode C.J. Konya		
Keterangan	Rumus	Hasil
B1 (m)	$3.15 \times \text{Diameter Lubang} \times (\text{SG Handak/SG Batuan})^{0.333}$	2,99
B2 (m)	$K_d \times K_s \times K_r \times B1$	2,94
Spasi (m)	1.4 x Burden	4,12
Stemming (m)	0.7 x Burden	2,06
Subdrill (m)	Tidak Memakai Subdrill	0,00
Tinggi Jenjang (m)	2.6 x Burden	7,65
Kedalaman Lubang (m)	Tinggi Jenjang - Subdrill	7,65
PC (m)	Kedalaman Lubang - Stemming	5,59
BCM (m ³)	Target Peledakan Harian x Densitas Batuan	11698,11
Volume Lubang Ledak (m ³)	Burden x Spasi x Tinggi Jenjang	92,83
Jumlah Lubang	BCM/Volume Lubang Ledak	126
Volume Peledakan (m ³)	Volume Lubang Ledak x Jumlah Lubang Ledak	11698,11
Jumlah Handak (Ton)	$\pi \cdot r^2 \times \text{Powder Charge} \times \text{Densitas Bahan Peledak}$	0,04875
Jumlah Handak (Kg)	Jumlah Handak (Ton) x 1000	48,75
PF (kg/m ³)	Jumlah Handak (Ton) / Volume Lubang Ledak	0,53
Loading Density	$0,508 \times D^2 \times \text{SG Handak}$	8,74

4.2 Perhitungan dan Analisis Fragmentasi Peledakan

Fragmentasi peledakan Kuz-Ram adalah metode empiris yang digunakan untuk memperkirakan distribusi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan. Metode ini banyak digunakan dalam industri pertambangan dan konstruksi untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan hasil dari suatu peledakan. Model Kuz-Ram dikembangkan berdasarkan hasil penelitian oleh Kuznetsov (1973) dan kemudian disempurnakan oleh Cunningham (1983) sehingga menghasilkan model matematika yang praktis dan banyak diterapkan di lapangan^[15].

1) Fragmentasi Model Kuz-Ram Peledakan Aktual, fragmentasi model Kuz-Ram peledakan aktual didapatkan dari geometri peledakan aktual pada bulan Oktober 2024.

Tabel 6. Fragmentasi Model Kuz-Ram Peledakan Aktual

Fragmentasi Model Kuz-Ram Peledakan Aktual		
Keterangan	Rumus	Hasil
Rata-rata fragmentasi (X)	$A (V/Q)^{0.8} \times Q^{0.17} \times (E/115)^{-0.63}$	40.16
Indeks Keseragaman (n)	$(2,2 - 14 \times B/De) \times (1 - W/B) \times [1 + (A-1)/2] \times PC/H$	1.84
Nilai karakteristik Ukuran (Xc)	$X/(0,693 \times 1/n)$	106.92
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 20 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 70.89 % Lolos = 29.10 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 40 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 50.25 % Lolos = 49.74 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 60 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 35.62 % Lolos = 64.37 %
Persentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 80 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 25.25 % Lolos = 75.75 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 100 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 17.9 % Lolos = 82.09 %

- 2) Fragmentasi Model Kuz-Ram Metode R.L. Ash, fragmentasi model Kuz-Ram metode R.L. Ash didapatkan dari perhitungan geometri secara teoritis.

Tabel 7. Fragmentasi Model Kuz-Ram Metode R.L. Ash

Fragmentasi Model Kuz-Ram Metode R.L. Ash		
Keterangan	Rumus	Hasil
Rata-rata fragmentasi (X)	$A (V/Q)^{0.8} \times Q^{0.17} \times (E/115)^{-0.63}$	46.03
Indeks Keseragaman (n)	$(2,2 - 14 \times B/De) \times (1 - W/B) \times [1 + (A-1)/2] \times PC/H$	1.94
Nilai karakteristik Ukuran (Xc)	$X/(0,693 \times 1/n)$	129.36
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 20 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 74.07 % Lolos = 25.93 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 40 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 54.86 % Lolos = 45.14 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 60 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 40.64 % Lolos = 59.36 %
Persentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 80 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 30 % Lolos = 70 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 100 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 22.29 % Lolos = 77.71 %

- 3) Fragmentasi Model Kuz-Ram Metode C.J. Konya, fragmentasi model Kuz-Ram metode C.J. Konya didapatkan dari perhitungan geometri secara teoritis.

Tabel 8. Fragmentasi Model Kuz-Ram Metode C.J. Konya

Fragmentasi Model Kuz-Ram Metode C.J. Konya		
Keterangan	Rumus	Hasil
Rata-rata fragmentasi (X)	$A (V/Q)^{0.8} \times Q^{0.17} \times (E/115)^{-0.63}$	25.96
Indeks Keseragaman (n)	$(2,2 - 14 \times B/De) \times (1 - W/B) \times [1 + (A-1)/2] \times PC/H$	1.61
Nilai karakteristik Ukuran (Xc)	$X/(0,693 \times 1/n)$	60.43
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 20 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 58.72 % Lolos = 41.28 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 40 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 34.49 % Lolos = 65.51 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 60 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 20.25 % Lolos = 79.75 %
Persentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 80 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 11.89 % Lolos = 88.11 %
Presentase Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan ≥ 100 cm (R)	$e-(X/Xc \times n)$	Tertahan = 6.98 % Lolos = 93.02 %

4.3 Perhitungan dan Analisis Biaya Peledakan

Parameter biaya berguna untuk acuan perhitungan peledakan, parameter biaya meliputi harga alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan peledakan.

1. Perhitungan Biaya Aktual

Perhitungan biaya aktual dilakukan untuk mengetahui total pengeluaran riil selama periode operasional tertentu. Data ini mencakup seluruh komponen biaya, mulai dari bahan bakar, bahan peledak, biaya tenaga kerja, hingga pemeliharaan alat berat. Dengan membandingkan biaya aktual terhadap anggaran yang direncanakan, perusahaan dapat menilai efisiensi operasional dan mengidentifikasi potensi pemborosan atau penghematan yang terjadi selama bulan berjalan. Informasi ini juga menjadi dasar penting dalam penyusunan laporan keuangan serta pengambilan keputusan manajerial ke depan. Perhitungan biaya peledakan aktual di dapatkan dari geometri peledakan aktual di lapangan.

Tabel 9. Perhitungan Biaya Aktual

Biaya Peledakan Aktual 11/10		
Jumlah Lubang	55	
Total Kedalaman	495	
ANFO	3588.75	
Amonium Nitrate 94,5%	3391.36875	Rp57,653,268.75
Fuel Oil 5,5%	197.38125	Rp3,789,720.00
Eldeto	2	Rp29,000.00
Dayagell Extra	55	Rp3,465,000.00
Inhole Delay	55	Rp2,640,000.00
Surface Delay	55	Rp2,090,000.00
Total Biaya 1 Hari		Rp69,666,988.75
Total Biaya 1 Bulan		Rp1,393,339,775.00
PJO	1	Rp25,000,000.00
Karyawan Tetap	3	Rp39,000,000.00
Karyawan Biasa	9	Rp45,000,000.00
Cangkul	3	Rp150,000.00
Plastik Liner	10	Rp4,000,000.00
Lead Wire / 500 meter	2	Rp1,350,000.00
Total Keseluruhan		Rp1,507,839,775.00

2. Perhitungan Biaya Geometri R.L. Ash

Perhitungan biaya peledakan geometri

R.L. Ash di dapatkan dari perhitungan teoritis geometri peledakan metode R.L. Ash.

Tabel 10. Perhitungan Biaya Geometri R.L. Ash

Biaya Peledakan Geometri RL Ash		
Jumlah Lubang	55	
Total Kedalaman	495	
ANFO	3148.03	
Amonium Nitrate 94,5%	2974.885	Rp50,573,047.46
Fuel Oil 5,5%	173.1415	Rp3,324,316.10
Eldeto	2	Rp29,000.00
Dayagell Extra	55	Rp3,465,000.00
Inhole Delay	55	Rp2,640,000.00
Surface Delay	55	Rp2,090,000.00
Total Biaya 1 Hari		Rp62,121,363.56
Total Biaya 1 Bulan		Rp1,242,427,271.26
PJO	1	Rp25,000,000.00
Karyawan Tetap	3	Rp39,000,000.00
Karyawan Biasa	9	Rp45,000,000.00
Cangkul	3	Rp150,000.00
Plastik Liner	10	Rp4,000,000.00
Lead Wire / 500 meter	2	Rp1,350,000.00
Total Keseluruhan		Rp1,356,927,271.26

3. Perhitungan Biaya Geometri C.J. Konya

Perhitungan biaya peledakan geometri

C.J. Konya di dapatkan dari perhitungan teoritis geometri peledakan metode C.J. Konya.

Tabel 11. Perhitungan Biaya Geometri C.J. Konya

Biaya Peledakan Geometri CJ Konya		
Jumlah Lubang	126	
Total Kedalaman	964	
ANFO	6131.59	
Amonium Nitrate 94,5%	5794.354	Rp98,504,026.47
Fuel Oil 5,5%	337.2376	Rp6,474,961.22
Eldeto	2	Rp29,000.00
Dayagell Extra	126	Rp7,939,331.41
Inhole Delay	126	Rp6,049,014.41
Surface Delay	126	Rp4,788,803.07
Total Biaya 1 Hari		Rp123,785,136.57
Total Biaya 1 Bulan		Rp2,475,702,731.49
PJO	1	Rp25,000,000.00
Karyawan Tetap	3	Rp39,000,000.00
Karyawan Biasa	9	Rp45,000,000.00
Cangkul	3	Rp150,000.00
Plastik Liner	10	Rp4,000,000.00
Lead Wire / 500 meter	2	Rp1,350,000.00
Total Keseluruhan		Rp2,590,202,731.49

4.4 Perhitungan Biaya Per Lubang Ledak Dalam 1 Hari

Perhitungan biaya peledakan per lubang ledak bisa di dapatkan dari menentukan jumlah lubang ledak per hari dan biaya total peledakan per hari, berikut tabel perhitungan biaya per lubang ledak dalam 1 hari.

Tabel 12. Perhitungan Biaya Per Lubang Ledak Dalam 1 Hari

Per Hari	Perhitungan Biaya Per Lubang Ledak		
	Aktual	RL Ash	CJ Konya
Jumlah Lubang	55	55	126
Biaya Total 1 Hari	Rp 69,666,988.75	Rp 62,121,363.56	Rp 123,785,136.57
Biaya Per Lubang	Rp 1,266,672.52	Rp 1,129,479.34	Rp 982,256.97
Target Biaya Perlubang	Rp 1,200,000.00	Rp 1,200,000.00	Rp 1,200,000.00

**Gambar 1.** Diagram Perbandingan Biaya Peledakan Dalam 1 Hari

4.5 Perbandingan Biaya Perlubang Ledak

Perbandingan biaya perlubang ledak guna mengetahui seberapa besar pengeluaran perusahaan terhadap peledakan. Berikut tabel perbandingan biaya perlubang ledak.

Tabel 13. Biaya Perlubang Ledak

	Aktual	RL Ash	CJ Konya
Biaya Per Lubang	Rp 1,266,672.52	Rp 1,129,479.34	Rp 982,256.97
Target Biaya Perlubang	Rp 1,200,000.00	Rp 1,200,000.00	Rp 1,200,000.00

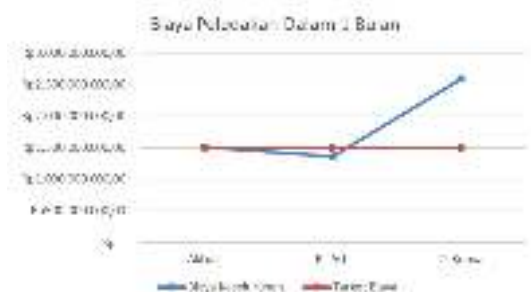
**Gambar 2.** Kurva Perbandingan Biaya Perlubang Ledak

4.6 Perbandingan Biaya Peledakan Dalam 1 Bulan

Perbandingan biaya peledakan guna mengetahui seberapa besar pengeluaran perusahaan terhadap peledakan. Berikut tabel perbandingan biaya peledakan selama sebulan.

Tabel 14. Biaya Peledakan Dalam 1 Bulan

	Aktual	RL Ash	CJ Konya
Biaya Keseluruhan	Rp 1,507,839,775.00	Rp 1,356,927,271.26	Rp 2,590,202,731.49
Target Biaya	Rp 1,500,000,000.00	Rp 1,500,000,000.00	Rp 1,500,000,000.00

**Gambar 3.** Kurva Perbandingan Biaya Peledakan Dalam 1 Bulan

4.7 Perbandingan Massa Batuan Terbongkar

Perbandingan massa batuan terbongkar dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas desain peledakan yang diterapkan. Dengan membandingkan volume atau massa batuan yang berhasil dipecahkan dari beberapa pola atau parameter peledakan yang berbeda, dapat diketahui sejauh mana desain tersebut mampu mengoptimalkan fragmentasi dan produktivitas kerja. Analisis ini juga berperan penting dalam menentukan efisiensi konsumsi bahan peledak, serta dampaknya terhadap proses pemuatan dan pengangkutan selanjutnya.

Tabel 15. Massa Batuan Terbongkar

Per Hari	Massa Batuan Terbongkar		
	Aktual	RL Ash	CJ Konya
Jumlah Lubang	55	55	126
Volume Batuan Terbongkar (m3)	201.78	215.88	92.83
Densitas Batuan (ton/m3)	2.65	2.65	2.65
Massa Batuan Terbongkar (Ton)	29409.435	31464.473	31000
Target Massa Batuan Terbongkar (Ton)	31000	31000	31000

**Gambar 4.** Kurva Perbandingan Massa Batuan Terbongkar

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada usulan geometri peledakan yang disarankan sesuai teori R.L. Ash adalah dengan parameter burden 3,46 m, spasi 6,93 m, stemming 2,4 m, kedalaman lubang ledak 9 m, kolom isian 6,58 m dan handak tiap lubang 57,35 kg. Untuk geometri peledakan yang disarankan sesuai teori C.J. Konya adalah dengan parameter burden 2,94 m, spasi 4,12 m, stemming 2,06 m, kedalaman lubang ledak 7,65 m, kolom isian 5,59 m dan handak tiap lubang 48,75 kg.
2. Total keseluruhan biaya peledakan bulan Oktober di PT X yaitu Rp. 1.507.839.775 sedangkan biaya usulan yang dikeluarkan oleh rumusan R.L. Ash sebesar Rp. 1.356.927.271 dibandingkan dan rumusan C.J. Konya sebesar Rp. 2.590.202.731 dengan biaya rencana yang dikeluarkan oleh PT X untuk peledakan pada bulan Oktober adalah Rp. 1.500.000.000.
3. Biaya perlubang pada peledakan aktual sebesar Rp. 1.266.672 dengan perbandingan biaya jumlah lubang peledakan dengan teori R.L. Ash sebesar Rp. 1.129.479 dan dengan teori C.J. Konya sebesar Rp. 982.256.
4. Pada kegiatan peledakan aktual menghasilkan massa batuan terbongkar sebanyak 29.409 ton dalam 1 kali peledakan dengan jumlah lubang sebanyak 55 lubang. Sedangkan dengan rumusan teori R.L. Ash menghasilkan massa batuan terbongkar sebanyak 31.464 ton dalam 1 kali peledakan dengan jumlah lubang sebanyak

55 lubang dan dengan rumusan teori C.J. Konya menghasilkan massa batuan terbongkar sebanyak 31.000 ton dalam 1 kali peledakan dengan jumlah lubang sebanyak 126 lubang.

5.2 Saran

1. Faktor geometri peledakan sangat berpengaruh dalam rumusan biaya peledakan seperti *burden*, *spasi*, *stemming*, dan kedalaman lubang.
2. Jumlah lubang sangat berpengaruh dalam perhitungan biaya peledakan per lubang.
3. Perlunya evaluasi mengenai kajian faktor batuan yang mempengaruhi fragmentasi hasil peledakan.
4. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian mengenai evaluasi kegiatan peledakan dan pengaruh peledakan terhadap getaran, kebisingan, dan fly ash dalam mencapai target produksi.

Referensi

- [1] Rahman, M. F. A. R. A., Farid, F., & Lagowa, M. I. (2022). Kajian Teknis Geometri Peledakan untuk Mendapatkan Fragmentasi dan produksi yang Optimum di Lokasi Penambangan Batu Gamping Area 242, IUP 329 Bukit Tajarang, PT. Semen Padang. JTK (Jurnal Teknik Kebumihan), 7(02 APRIL), 1-10.
- [2] Bhandari, S. (1997). Engineering rock blasting operations. A.A Balkema. Rotterdam. Brokfiel. United States of Amerika.
- [3] Sundari, W. (2021). Analisis Lubang Ledak dan Geometri Peledakan dengan Menggunakan Metode Anderson untuk Mencapai Target Produksi pada PT. Andesit Lumbung Sejahtera di Desa Bandar Dalam Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Jurnal Teknologi, 15(1), 43-52.
- [4] Fauzy, M. (2015). Analisis Biaya Peledakan pada Proses Pembongkaran Batugamping PT. Semen Bosowa Maros Provinsi Sulawesi Selatan. Jurnal Geomine, 3(01), 143-147.
- [5] Rafliansyah, M., Irvani, I., & Oktarianty, H. (2019). Analisis penggunaan powder factor terhadap fragmentasi pada lubang ledak vertikal dan inclined di PT Aditya Buana Inter. Mineral, 4(2), 65-71.
- [6] Rusmawarni, R., Nurhakim, N., Riswan, R., & Ferdinandus, F. (2017). Evaluasi Isian Bahan Peledak Berdasarkan groundvibration Hasil Peledakan Overburden pada PT Bina Sarana Sukses Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika Fmipa Universitas Lambung Mangkurat, 14(1), 8-13.
- [7] Syahputra, M. F. R., Zaini, Z. D., & Alfian, A. (2022). Pertanggungjawaban Pidana terhadap Pelaku Tindak Pidana Kepemilikan Serbuk Ampo sebagai Bahan Peledak (Studi Putusan Nomor: 488/Pid. Sus/2021/PN Tjk). PAMPAS: Journal of Criminal Law, 3(2), 202-211.
- [8] Dewi, E. E., Guskarnali, G., & Oktarianty, H. (2021, December). Pengaruh Losses of Material Produksi Batu Granit Hasil Peledakan di PT Aditya Buana Inter Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka. In Proceedings of National Colloquium Research and Community Service (Vol. 5, Pp. 171-173).
- [9] Hasyim, I. (2014). 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 (JGP), 2(16).
- [10] Al Hadi, A., & Toha, M. T. (2013). Redesign Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Batuan yang Optimal Di Prebench Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk. Jurnal Ilmu Teknik, 1(1).
- [11] Sundari, W. (2019). Evaluasi Pola Peledakan ditinjau Dari Pada Karakteristik Massa Batuan Wilayah Iup Pt Rpp Contractor Indonesia Job Site Jembayan Desa Buana Jaya Tenggara Seberang Kalimantan timur. Jurnal Teknologi, 13(2), 40-50.
- [12] Sagita, M., & Ashari, Y. (2023, July). Merancang Ulang Geometri Peledakan Berkaitan dengan Target Produksi Pada Penambangan Batu Granit di PT Karimun Granite Provinsi Kepulauan Riau. In Bandung Conference Series: Mining Engineering (Vol. 3, No. 2, pp. 369-378).
- [13] Barlian (2010), Praktikum Teknik Peledakan, Buku Petunjuk, Laboratorium Pemboran & Peledakan, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, UPN 'Veteran' Yogyakarta.
- [14] Novalia, H., Farid, F., & Megasukma, Y. (2022). Kajian biaya peledakan pada proses pembongkaran batu kapur di PT Semen Padang. Comserva: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, 1(9), 683-699.
- [15] Cunningham, C. V. B. (2005, September). The Kuz-Ram fragmentation model—20 years on. In Brighton conference proceedings (Vol. 4, pp. 201-210). Brighton, UK: European Federation of Explosives Engineer.