

ANALISIS FRAGMENTASI BATUAN DI QUARRY B PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA, UNIT PALIMANAN, CIREBON

Savani Kurniawati^{1a}, Singgih Saptono¹, Bagus Wiyono¹, Oktarian Wisnu Lusanto¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, a
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia
^aemail : 112190009@student.upnyk.ac.id

ABSTRACT

PT Indocement Tunggal Prakarsa carries out limestone distribution activities by drilling and blasting methods. One of the parameters for the success of a blasting activity is rock fragmentation. The distribution of rock fragmentation must meet the company's targets so that production activities run optimally. The purpose of this study is to obtain the ideal blasting geometry in order to produce the fragmentation of the blasted rock in accordance with the company's target, namely the daily uncovered rock volume of 3.000 m³ and the boulder size ≥ 80 cm with a percentage of $\leq 10\%$. The results of research in the field show that the actual blasting operation of the company's limestone was found to be a problem in the form of fragmentation that did not meet the required criteria. Based on the results of the analysis using Software Split Desktop, there are still many rock fragments resulting from the blasting in the form of boulders ≥ 80 cm with an average percentage of 25,44%. To increase rock fragmentation, a proposed blasting geometry design was carried out using the R. L. Ash, C. J. Konya, and ICI Explosive methods which are expected to reduce the formation of boulders. The proposed blasting geometry design is the ICI Explosive method with a burden of 2,5 m, a spacing of 3 m, and a level height of 6 m which can produce a volume of exposed rock of 3.015 m³ with a powder factor of 0,48 kg/m³ and fragmentation that passes the sieve of 97,77%.

Keywords: Fragmentation, Software Split Desktop, Boulder

ABSTRAK

PT Indocement Tunggal Prakarsa melakukan kegiatan pembeaian batugamping dengan metode pemboran dan peledakan. Salah satu parameter keberhasilan suatu kegiatan peledakan adalah fragmentasi batuan. Distribusi fragmentasi batuan harus memenuhi target perusahaan agar kegiatan produksi berjalan optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan geometri peledakan yang ideal agar dapat menghasilkan fragmentasi batuan hasil peledakan yang sesuai dengan target perusahaan, yaitu volume batuan terbongkar harian sebesar 3.000 m³ dan ukuran *boulder* ≥ 80 cm dengan persentase $\leq 10\%$. Hasil penelitian di lapangan menunjukkan bahwa operasi peledakan aktual batugamping perusahaan ditemukan masalah berupa fragmentasi yang belum memenuhi kriteria yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Software Split Desktop*, fragmentasi batuan hasil peledakan tersebut masih banyak yang berbentuk *boulder* ≥ 80 cm dengan persentase rata-rata 25,44%. Untuk meningkatkan fragmentasi batuan, dilakukan rancangan geometri peledakan usulan menggunakan metode R. L. Ash, C. J. Konya, dan *ICI Explosive* yang diharapkan dapat mengurangi terbentuknya *boulder*. Rancangan geometri peledakan yang diusulkan adalah metode *ICI Explosive* dengan *burden* 2,5 m, spasi 3 m, dan tinggi jenjang 6 m yang dapat menghasilkan volume batuan terbongkar sebesar 3.015 m³ dengan *powder factor* 0,48 kg/ m³ dan fragmentasi yang lolos ayakan 97,77%.

Kata Kunci : Fragmentasi, *Software Split Desktop*, *Boulder*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT Indocement Tunggal Prakarsa merupakan salah satu produsen semen terbesar di Indonesia yang berlokasi di Kabupaten Cirebon, Jawa Barat, dengan WIUP seluas 346 Ha. Sistem penambangan yang diterapkan PT Indocement Tunggal Prakarsa adalah sistem tambang terbuka dengan metode *quarry*. Dalam kegiatan penambangannya, PT Indocement Tunggal Prakarsa menggunakan metode pemboran dan peledakan yang diharapkan dapat menghasilkan

ukuran fragmentasi batuan dan volume batuan terbongkar yang sesuai dengan target perusahaan dan meminimalisir adanya *boulder*. Banyaknya *boulder* menyebabkan adanya penanganan khusus yang diperlukan berupa pengoperasian unit *rock breaker* untuk memperkecil ukuran *boulder* agar dapat diterima menjadi umpan *crusher*. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan adalah masih ditemukannya *boulder* dengan rata-rata 25,44% yang dianalisis dengan bantuan *Software Split Desktop*, sedangkan kriteria perusahaan yaitu ukuran

boulder ≥ 80 cm dengan persentase ≤ 10%. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis. Oleh karena itu, dibutuhkan rancangan geometri usulan agar dapat memenuhi kriteria perusahaan.

Rumusan Masalah

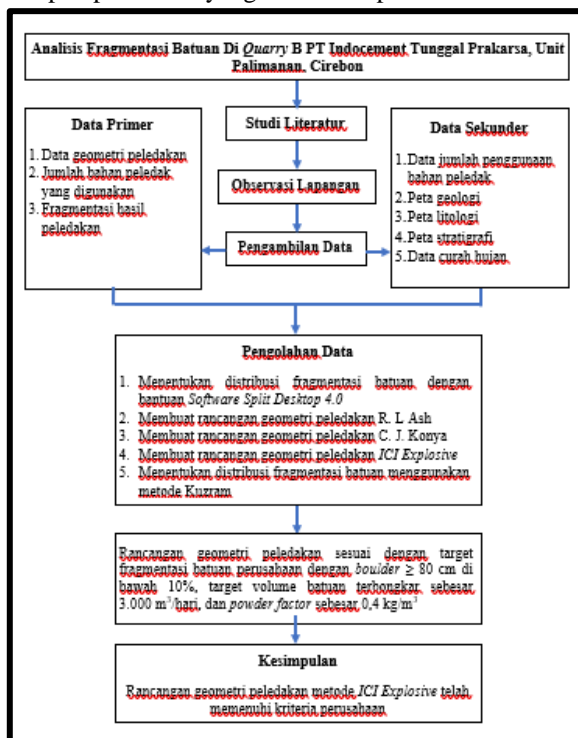
Masih banyaknya *boulder* yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan tentu akan menghambat proses produksi selanjutnya, sehingga perlu diketahui distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan saat ini yang berupa *boulder* ≥ 80 cm untuk dilakukan perbaikan geometri peledakan yang tepat agar fragmentasi batuan hasil peledakan sesuai dengan kebutuhan dan kriteria perusahaan.

Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan kondisi aktual geometri peledakan aktual PT Indocement Tunggal Prakarsa saat ini
2. Mendapatkan rancangan geometri peledakan aktual terhadap ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan metode Kuzram
3. Mendapatkan rancangan geometri peledakan usulan yang diharapkan dapat meminimalisir *boulder* sehingga kegiatan peledakan lebih efektif dan target volume terbongkar batugamping harian terpenuhi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan menggunakan tahapan penelitian yang tercantum pada Gambar 1:

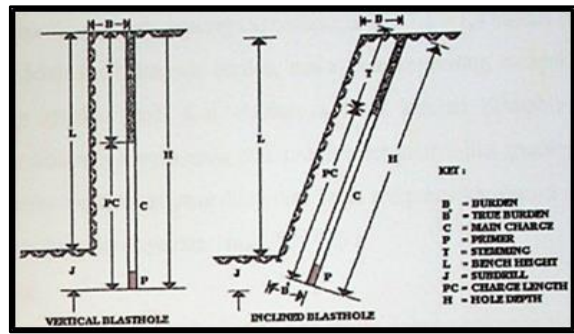


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Geometri Peledakan

Geometri peledakan adalah jarak lubang tembak yang dibuat pada suatu area yang akan dilakukan peledakan. Geometri peledakan dapat menjadi penentu baik atau tidaknya fragmentasi yang dihasilkan.

Bagian-bagian dari geometri peledakan dapat dilihat dari Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Simbol Desain Peledakan (Konya, 1991)

Berikut geometri peledakan usulan yang digunakan dalam penelitian:

1. Geometri Peledakan Menurut R. L. Ash (1967)

a. *Burden* (B)

Burden merupakan jarak tegak lurus antara lubang tembak dan bidang bebas, yang panjangnya bergantung pada karakteristik batuan. Penentuan *burden* didasarkan pada diameter lubang ledak dengan acuan batuan standar dan bahan peledak standar. Batuan standar memiliki berat jenis (densitas) sebesar 160 lb/cuft atau 2 ton/m³, sementara bahan peledak standar memiliki berat jenis (SG) 1,2 dan kecepatan detonasi (VOD) 12.000 fps atau 4.000 m/det. Jika batuan yang akan diledakkan sama dengan batuan standar dan menggunakan bahan peledak standar, maka *burden ratio* (kb) yang digunakan adalah 30. Namun, jika keduanya tidak sesuai, nilai kb standar harus disesuaikan dengan faktor penyesuaian (adjustment factor) menggunakan rumus:

$$AF1 = \sqrt[3]{\frac{D_{std}}{D}}$$

$$AF2 = \sqrt[3]{\frac{SG \times Ve^2}{SG_{std} \times V_{std}^2}}$$

$$Kb = Kb_{std} \times AF1 \times AF2$$

$$B = kb \times De / 12 \text{ ft} \text{ atau } B = kb \times De / 39,30 \text{ m}$$

Keterangan:

SG = Berat jenis bahan peledak yang digunakan

Ve = VOD bahan peledak yang digunakan

AF1 = *Adjustment factor* batuan yang akan diledakkan

AF2 = *Adjustment factor* bahan peledak yang digunakan

Kb = *Burden ratio*

Kb std = *Burden ratio* standar (30)

D = Bobot isi batuan yang diledakkan

De = Diameter lubang ledak (*inchi*)

b. *Spasi* (S)

Spasi merujuk pada jarak antara lubang ledak dalam satu baris yang diukur sejajar dengan bidang bebas. *Spasi* yang terlalu rapat dapat menyebabkan batuan hasil peledakan hancur, sedangkan *spasi* yang terlalu lebar dapat menimbulkan *boulder*. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengamatan terhadap rekahan di area peledakan dengan ketentuan tertentu, yaitu :

- 1) Orientasi antar retakan hampir tegak lurus, maka $S = 1,4 B$
- 2) Orientasi antar retakan mendekati 60° , maka $S = 1,15 B$ dan menetapkan waktu *long-delay*.

Persamaan yang digunakan:

$$S = K_s \times B$$

Keterangan:

$$K_s = \text{Spacing ratio (1,00 - 2,00)}$$

$$B = \text{Burden (m)}$$

$$S = \text{Spasi (m)}$$

c. *Stemming* (T)

Stemming adalah lubang ledak bagian atas yang tidak diisi bahan peledak, tetapi diisi material kerikil dan dipadatkan di atas bahan peledak. Fungsi *stemming* adalah untuk mengurung gas-gas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi maksimal agar terjadi keseimbangan tekanan dalam lubang tembak. Persamaan yang digunakan:

$$T = K_t \times B$$

Keterangan:

$$K_t = \text{Stemming ratio (0,75 - 1,00)}$$

$$T = \text{Stemming (m)}$$

d. *Subdrilling* (J)

Subdrilling adalah pemboran lubang ledak yang melebihi batas lantai jenjang bawah untuk memastikan batuan meledak secara penuh pada wajah peledakan dan mencegah terjadinya tonjolan (*toe*) pada lantai jenjang bawah, yang dapat menghambat proses penambangan berikutnya. Rumus yang digunakan untuk menghitung *subdrilling* adalah:

$$J = K_j \times B$$

Keterangan:

$K_j = \text{Subdrilling ratio (tidak lebih dari 0,2. Untuk batuan masif biasanya 0,3)}$

$$J = \text{Subdrilling (m)}$$

e. Kedalaman Lubang Ledak (H)

Kedalaman lubang ledak adalah jumlah total antara tinggi jenjang dan *subdrilling*. Kedalaman ini harus lebih besar atau sama dengan *burden* untuk mencegah terjadinya *overbreak* dan *cratering*. Biasanya, kedalaman lubang ledak disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan faktor-faktor geoteknik.

$$H = K_h \times B$$

Keterangan:

$$K_h = \text{Hole dept ratio (1,5 - 4,0)}$$

$$H = \text{Kedalaman lubang ledak (m)}$$

f. Panjang Kolom Isian (PC)

Panjang kolom isian adalah panjang kolom dari lubang ledak yang terisi oleh bahan peledak. Persamaan yang digunakan:

$$PC = H - T$$

Keterangan:

$$PC = \text{Panjang kolom isian (m)}$$

$$H = \text{Kedalaman lubang ledak (m)}$$

$$T = \text{Stemming (m)}$$

2. Geometri Peledakan Menurut C. J. Konya (1990)

a. *Burden* (B)

Jarak *burden* yang terlalu kecil akan menghasilkan bongkaran yang sangat hancur dan tergeser jauh dari dinding jenjang, serta berisiko menyebabkan batu terbang. Sebaliknya, jika jarak *burden* terlalu besar, fragmentasi yang dihasilkan akan kurang optimal karena gelombang tekan yang mencapai bidang bebas menciptakan gelombang tarik yang lemah di bawah kekuatan tarik batuan, sehingga batuan di area *burden* tidak hancur. Nilai *burden* ditentukan oleh karakteristik batuan, bahan peledak, dan diameter lubang ledak. Secara sistematis, besar nilai *burden* dapat dihitung sebagai berikut:

$$1) B = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{0,33}$$

$$2) B = \left(\left(\frac{2 \times SGe}{SGr}\right) + 1,5\right) \times De$$

$$3) B = 0,67 \times De \times \left(\frac{Stv}{SGr}\right)^{0,33}$$

Keterangan:

$$B = \text{Burden (ft)}$$

$$De = \text{Diameter lubang ledak (inchi)}$$

$$SGe = \text{Specific gravity of explosive}$$

$$SGr = \text{Specific gravity of rock}$$

$$Stv = \text{Relative bulk strength (ANFO = 100)}$$

Langkah setelah diketahui nilai *burden* dasarnya yaitu melakukan koreksi terhadap faktor tertentu, yaitu faktor jumlah baris lubang ledak (K_r), faktor posisi lapisan batuan (K_d), dan faktor kondisi dari struktur geologinya (K_s). Besar faktor-faktor yang dibutuhkan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 berikut:

Tabel 1. Faktor Koreksi Terhadap Jumlah Baris dalam Lubang Ledak (Konya, 1990)

Corrections for Number of Rows	K_r
One or two rows of holes	1,00
Third and subsequent rows of buffer blast	0,90

Tabel 2. Faktor Koreksi Terhadap Posisi Lapisan Batuan (Konya, 1990)

Corrections for Rock Deposition	K_d
Bedding steeply dipping into cut	1,18
Bedding steeply dipping into face	0,95
Other cases of deposition	1,00

Tabel 3. Faktor Koreksi Terhadap Struktur Geologi (Konya, 1990)

Corrections for Geologic Structure	K_s
Heavily cracked, frequent weak joints, weakly cemented layers	1,30
Thin well-cemented layers with tight joints	1,10
Massive intact rock	0,95

Secara sistematis, persamaan *burden* terkoreksi dapat ditulis:

$$B_c = B \times K_r \times K_d \times K_s$$

Keterangan:

$$B_c = \text{Burden terkoreksi (ft)}$$

$$B = \text{Burden hasil perhitungan menggunakan rumus dasar (ft)}$$

$$K_r = \text{Faktor koreksi terhadap jumlah baris lubang}$$

ledak

Kd = Faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan

Ks = Faktor koreksi terhadap struktur geologi

b. Spasi (S)

Spasi yang kecil menyebabkan banyaknya lubang ledak dan mempengaruhi jumlah bahan peledak yang digunakan, sehingga dinilai efektif namun tidak ekonomis. Spasi yang besar akan menghasilkan fragmentasi yang kurang baik dan dinding akhir yang ditinggalkan relatif tidak rata. Jarak spasi ditentukan berdasarkan jenis detonator listrik yang digunakan dan besar perbandingan antara tinggi jenjang dengan *burden*. Jika perbandingan L/B lebih kecil dari 4, maka digolongkan jenjang rendah dan jika lebih besar dari 4 maka digolongkan jenjang tinggi. Persamaan spasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Persamaan untuk Menentukan Jarak Spasi (Konya, 1990)

Tipe detonator	L/B < 4	L/B > 4
<i>Instantaneous</i>	$S = (L + 2B) / 3$	$S = 2B$
<i>Delay</i>	$S = (L + 7B) / 8$	$S = 1,4B$

c. *Stemming* (T)

Stemming terlalu pendek mengakibatkan *fly rock* dan *noise*, sedangkan *stemming* yang terlalu panjang mengakibatkan retakan ke belakang jenjang dan bongkah di sekitar dinding jenjang. Perhitungan *stemming* menggunakan rumus:

$$T = 0,7 \times B$$

Keterangan:

B = *Burden* (ft)

T = *Stemming* (ft)

d. *Subdrilling* (J)

Persamaan untuk mencari panjang *subdrilling* menurut C. J. Konya yaitu:

$$J = 0,3 \times B$$

Keterangan:

B = *Burden* (ft)

J = *subdrilling* (ft)

3. Geometri Peledakan Menurut *ICI Explosive*

Salah satu cara merancang geometri usulan untuk perbaikan fragmentasi batuan yang belum sesuai target perusahaan yaitu dengan metode *ICI Explosive*. Geometri ini menggunakan metode coba-coba atau *trial and error* atau *rule of thumb*.

Persamaan metode *ICI Explosive* yang digunakan yaitu:

a. *Burden* (B)

$$B = 25 De - 40 De$$

b. *Spasi* (S)

$$S = 1 B - 1,5 B$$

c. *Stemming* (T)

$$T = 20 De - 30 De$$

d. *Subdrilling* (J)

$$J = 8 De - 12 De$$

e. Tinggi Jenjang (L)

$$L = 60 De - 140 De$$

(Suwandi, 2014)

Keterangan:

B = *Burden* (m)

S = *Spasi* (m)

T = *Stemming* (m)

J = *Subdrilling* (m)

L = Tinggi jenjang (m)

De = Diameter lubang ledak (m)

Pengisian Bahan Peledak

Jumlah isian bahan peledak tiap meter panjang kolom isian (*loading density*) ditentukan dengan rumus:

$$de = 0,508 \times De^2 \times SGe$$

Sehingga dalam satu bidang lubang ledak dapat ditentukan menggunakan rumus:

$$E = de \times PC$$

Keterangan:

D = Diameter lubang ledak (inchi)

de = *Loading density* (kg/m)

E = Jumlah bahan peledak dalam satu lubang ledak (kg)

PC = Panjang kolom isian (m)

SGe = Berat jenis bahan peledak yang digunakan

Powder Factor (PF)

Menurut R. L. Ash (1967), *powder factor* merupakan suatu perbandingan bahan peledak yang digunakan dalam volume peledakan dengan satuan kg/m³. *Powder factor* juga dapat didefinisikan sebagai jumlah bahan peledak yang digunakan sebagai berat peledak dengan satuan kg/ton. Target *powder factor* yang diinginkan perusahaan untuk pembongkaran batugamping di *Quarry B* sebesar 0,4 kg/m³. Nilai di bawah standar menghasilkan energi ledak yang rendah karena kekurangan bahan peledak sehingga menghasilkan fragmentasi yang tidak optimal dan terjadi bongkah. Sebaliknya, nilai di atas standar menyebabkan *loss energy* yang mengakibatkan peledakan tidak efektif dan mengakibatkan terjadinya *fly rock* dan *air blast*. *Powder factor* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$PF = \left(\frac{E}{V} \right)$$

Keterangan:

PF = *Powder factor* (kg/m³)

E = Jumlah penggunaan bahan peledak (kg)

V = Volume batuan terbongkar (m³)

Fragmentasi Batuan Menggunakan Metode Kuzram

Fragmentasi adalah istilah umum yang menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Beberapa faktor yang mempengaruhi fragmentasi adalah struktur geologi, pola pemboran, geometri peledakan, dan spesifikasi bahan peledak. Menurut Mc. Gregor (1967), peledakan dapat dikatakan berhasil jika jumlah batuan hasil peledakan (fragmentasi) lebih banyak dari *boulder* dengan persentase bongkah batuan yang dihasilkan harus di bawah 15%. Cunningham (1983) menyempurnakan persamaan Kuznetsov agar dapat diaplikasikan untuk semua jenis bahan peledak sebagai berikut:

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

Keterangan:

- \bar{x} = Ukuran rata-rata fragmentasi batuan (cm)
- A = Faktor batuan (*rock factor*)
- V = Volume batuan yang terbongkar (B x S x L)
- Q = Jumlah bahan peledak pada setiap lubang ledak (kg)
- E = *Relative weight strength* bahan peledak (ANFO = 100)

Rosin-Ramler secara umum telah diakui sebagai rujukan penggambaran tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan. Persamaan Rosin-Ramler yaitu:

$$R_x = e^{-\left(\frac{x}{X_c}\right)^n} \times 100 \%$$

$$X_c = \frac{\bar{x}}{(0.693)^{\frac{1}{n}}}$$

Besarnya indeks keseragaman (n) didapatkan dari persamaan yang telah dikembangkan oleh Cunnigham sebagai berikut:

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

Keterangan:

- R_x = Persentase material yang tertinggal pada ayakan (%)
- e = Basis logaritma natural (e = 2,71)
- x = Ukuran ayakan (cm)
- X_c = Karakteristik ukuran batuan (cm)
- n = Indeks keseragaman
- d = Diameter lubang ledak (mm)
- W = Standar deviasi dari keakuratan pemoran (m)
- A = Ratio perbandingan *spasi* dengan *burden*

Blastability Index (BI)

Menurut C. L. Jimeno (1995), pembobotan massa batuan adalah pembobotan batuan berdasarkan nilai indeks peledakan yang dapat digunakan untuk mencari besarnya faktor batuan yang berpengaruh terhadap desain peledakan dan fragmentasi batuan. Faktor batuan (RF) diperoleh dari pembobotan massa batuan berdasarkan nilai *Blastability Index* (BI) yang merupakan nilai kemampuledakan suatu batuan berdasarkan pembobotan massa batuan. *Blastability Index* didapatkan dengan menjumlahkan lima parameter geomekanik, yaitu *Rock Mass Description* (RMD), *Joint Plane Spacing* (JPS), *Joint Plane Orientation* (JPO), *Specific Gravity Influence* (SGI), dan *Hardness* (H).

Persamaan untuk *Blastability Index* yaitu:

$$BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$$

Keterangan:

- BI = *Blastability Index*
- RMD = *Rock Mass Description*
- JPS = *Joint Plane Spacing*
- JPO = *Joint Plane Orientation*
- SGI = *Specific Gravity Influence* (SGI = 25 x *specific gravity* batuan – 50)
- H = *Hardness*

Setelah itu didapatkan nilai faktor batuan (RF):

$$RF = 0,12 \times BI$$

III. HASIL PENELITIAN

Karakteristik Massa Batuan

Batuan yang terdapat di *Quarry B* merupakan batugamping dengan rekahan yang berisi tanah liat. Hasil pengeboran saat eksplorasi menunjukkan bahwa tekstur batuan termasuk dalam golongan *blocky*. Sifat material di lokasi penambangan PT Indocement Tunggal Prakarsa tergolong keras, oleh karena itu diperlukan kegiatan peledakan untuk membongkar material sebelum dilakukan kegiatan selanjutnya.

Geometri Peledakan Aktual

Data geometri peledakan PT Indocement Tunggal Prakarsa didapatkan saat melakukan pengamatan di lokasi penelitian *Quarry B*, diantaranya adalah ukuran diameter lubang ledak sebesar 3,5 *inchi*, dengan parameter data geometri peledakan aktual yang dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Data Geometri Peledakan Aktual

Tgl	Burden (m)	Spasi (m)	Stemming (m)	Kedalaman lubang (m)	Tinggi jenjang (m)	Subdrilling (m)	Jumlah lubang ledak	Kolom Isian (m)
07 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	32	5
09 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	48	5
11 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	48	5
12 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	32	5
13 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	48	5
14 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	48	5
18 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	32	5
20 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	32	5
21 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	48	5
23 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	48	5
26 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	32	5
28 Juli 2023	3	3,5	2	7	6	1	48	5

Geometri peledakan yang digunakan perusahaan selalu sama, yaitu *burden* 3 m, *spasi* 3,5 m, dan tinggi jenjang 6 m. Hal yang membedakan hanya jumlah lubang ledak, yaitu antara 32 lubang atau 48 lubang. Peledakan umumnya menggunakan pola peledakan *corner cut* dan pola pemoran yang digunakan adalah pola *zig-zag*.

Bahan Peledak

Bahan peledak yang digunakan PT Indocement Tunggal Prakarsa adalah ANFO + Emulsion dengan densitas 0,82 gr/cc dan kecepatan detonasi (VOD) sebesar 11.562,94 fps (3.500 m/s).

Distribusi Fragmentasi Batuan

Untuk memperoleh data fragmentasi hasil peledakan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara teoritis dan aktual:

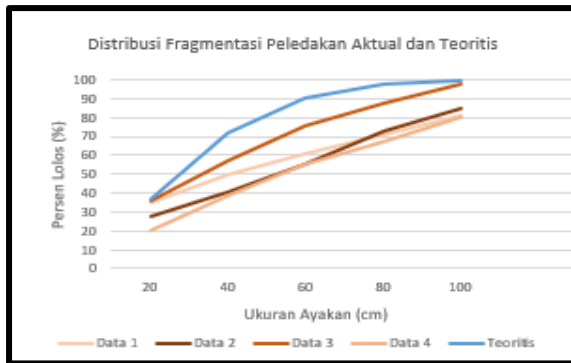
1. Distribusi Fragmentasi Batuan Aktual Dengan Bantuan *Software Split Desktop*

Berdasarkan pengamatan di lapangan, diambil empat contoh data hasil peledakan aktual yang kemudian diolah menggunakan *Software Split Desktop*, diperoleh distribusi fragmentasi batuan yang dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Distribusi Fragmentasi Batuan Hasil Pengolahan *Software Split Desktop 4.0*

Data	Fragmentasi ≤ 80 cm (%)	Boulder ≥ 80 cm (%)	Ukuran Fragmentasi Terbesar (cm)
1	70,86	29,14	156,47
2	72,62	27,38	141,62
3	87,47	12,53	118,45
4	67,31	32,69	151,11
Rata-Rata	74,57	25,44	141,91

Berdasarkan tabel di atas, keempat data hasil pengolahan *Split Desktop 4.0* menunjukkan bahwa masih terdapat *boulder* lebih dari 80 cm dengan persentase rata-rata yang masih jauh dari kriteria perusahaan sebesar 25,44%, sedangkan secara teoritis



yang diolah menggunakan metode Kuzram, persentase *boulder* lebih dari 80 cm hanya sebesar 2,67%. Hasil analisis menunjukkan terdapat deviasi persentase *boulder* ≥ 80 cm pada peledakan aktual rata-rata dengan teoritis sebesar 9,54%. Distribusi fragmentasi peledakan aktual dan teoritis dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:

Gambar 3. Distribusi Fragmentasi Peledakan Aktual dan Teoritis

2. Distribusi Fragmentasi Batuan Menggunakan Metode Kuzram

Secara teoritis, distribusi fragmentasi batuan pada geometri peledakan aktual sudah memenuhi kriteria perusahaan, yaitu dengan fragmentasi rata-rata geometri aktual sebesar 26,465 cm dengan persentase bongkah batuan ≥ 80 cm sebesar 2,67%. Namun, hasil analisi metode Kuzram dapat berbeda dengan hasil fragmentasi batuan aktual di lapangan karena ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fragmentasi batuan hasil peledakan aktual, namun tidak diperhitungkan dalam metode Kuzram.

Hasil Produksi Geometri Peledakan Aktual

Data penggunaan bahan peledak aktual, *powder factor*, dan volume batuan ter bongkar dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Data Penggunaan Bahan Peledak Geometri Peledakan Aktual PT Indocement Tunggal Prakarsa

Oleh karena target volume ter bongkar harian batugamping yang diinginkan perusahaan sebesar 3.000 m³, maka data 2 dengan berat dinamit 0,2 kg/batang dan isi ANFO 21,35 kg/lubang ledak

digunakan sebagai acuan untuk perhitungan

Data	Jml lubang (n)	Deonator (pcs)		Dynamit (kg)		DANFO (kg)		Volume batuan ter bongkar (m ³)	Powder factor (kg/m ³)
		pcs	Total	kg	Total	Kg	Total		
1	32	1	32	0,2	6,4	21,09	675	2016	0,34
2	48	1	48	0,2	9,6	21,35	1025	3024	0,34
3	48	1	48	0,2	9,6	19,79	950	3024	0,32
4	32	1	32	0,2	6,4	20,31	650	2016	0,33

keberhasilan tercapainya hasil produksi dan *powder factor* pada geometri peledakan usulan.

IV. PEMBAHASAN

Distribusi Fragmentasi Batuan di Lapangan

Permasalahan yang dihadapi PT Indocement Tunggal Prakarsa yaitu masih banyaknya *boulder* hasil peledakan ≥ 80 cm yang dapat mengganggu berjalannya kegiatan produksi selanjutnya. Perusahaan menetapkan target fragmentasi hasil peledakan tidak lebih dari 80 cm (≤ 80 cm) dengan persentase bongkah $\leq 10\%$. Langkah yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu melakukan analisis fragmentasi batuan dengan bantuan *Software Split Desktop 4.0* untuk mengetahui distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan aktual dan persentase *boulder* yang lebih dari 80 cm sebagai acuan untuk membuat rancangan geometri usulan yang lebih sesuai untuk mengatasi permasalahan yang ada di perusahaan.

Hasil analisis *Software Split Desktop* yang dibuat dengan menggunakan empat contoh data peledakan aktual hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa masih terdapat *boulder* ≥ 80 cm dengan persentase rata-rata yang masih jauh dari kriteria perusahaan yaitu sebesar 25,44%, oleh karena itu perlu dibuat rancangan geometri peledakan usulan untuk memperbaiki geometri peledakan saat ini agar dapat memenuhi kriteria perusahaan.

Distribusi Fragmentasi Batuan Secara Teoritis

Secara teoritis, fragmentasi batuan dapat diprediksi menggunakan metode Kuzram. Metode ini memerlukan data geometri peledakan, karakteristik batuan, dan spesifikasi bahan peledak. Hasil analisis fragmentasi batuan menggunakan metode Kuzram menunjukkan bahwa persentase *boulder* ≥ 80 cm hanya sebesar 2,67%. Hasil tersebut sudah memenuhi kriteria perusahaan karena berada pada persentase di bawah 10%, namun pada kenyataannya di lapangan, hasil peledakan aktual masih menghasilkan persentase *boulder* ≥ 80 cm sebesar 25,44%. Hal tersebut dapat terjadi karena dalam metode Kuzram tidak memperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kegiatan peledakan, misalnya pengaruh air dan cuaca yang dapat mempengaruhi geometri peledakan dan bahan peledak.

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan persentase *boulder* ≥ 80 cm pada peledakan aktual rata-rata dan teoritis dengan deviasi sebesar 9,54%. Langkah yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan membuat rancangan geometri peledakan usulan untuk memperbaiki geometri peledakan saat ini agar dapat memenuhi kriteria perusahaan.

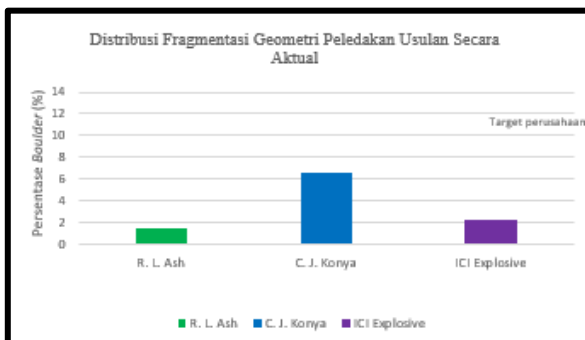
Geometri Peledakan Usulan

Geometri peledakan usulan dirancang guna mengoptimalkan geometri peledakan aktual saat ini. Perhitungan geometri ini akan menjadi suatu perbandingan dan pendekatan terhadap geometri aktual yang secara keseluruhan geometri tersebut akan dievaluasi berdasarkan beberapa parameter sebagai indikasi bahwa geometri tersebut tepat untuk menghasilkan fragmentasi yang diharapkan perusahaan, yaitu distribusi fragmentasi batuan dan persentase *boulder*, nilai PF, dan pemenuhan target volume batuan terbongkar harian sebanyak 3.000 m³. Geometri peledakan usulan yang digunakan adalah metode R. L. Ash, C. J. Konya, dan *ICI Explosive*, serta distribusi fragmentasi batuan dianalisis menggunakan metode Kuzram. Desain geometri peledakan usulan disajikan dalam Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Perbandingan Teoritis Geometri Peledakan Aktual dan Geometri Peledakan Usulan

Parameter	Geometri Usulan		
	R. L. Ash	C. J. Konya	ICI Explosive
Burden (m)	2,482	2,661	2,5
Spasi (m)	3,723	3,079	3
Tinggi jenjang (m)	6	6	6
Subdrilling (m)	0,745	0,798	1
Stemming (m)	1,986	1,863	2
Kolom isian (m)	4,759	4,935	5
Kedalaman lubang (m)	6,745	6,798	7
Fragmentasi rata-rata (cm)	24,650	21,880	20,219
% Material ≥80 cm (taoritia)	0,16	0,7	0,23
% Deviasi (x 9,54%)	1,50	6,66	2,23

Distribusi fragmentasi geometri peledakan usulan secara aktual dengan deviasi 9,54% dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Distribusi Fragmentasi Geometri Peledakan Usulan Secara Aktual

Berdasarkan data pada Tabel 8 dan Gambar 4 di atas, diketahui bahwa ketiga geometri peledakan usulan sudah memenuhi kriteria perusahaan dengan target persentase *boulder* ≤ 10%. Geometri peledakan R. L. Ash memiliki nilai fragmentasi rata-rata terbaik dengan persentase material yang tertahan oleh ayakan 80 cm sebesar 1,50%.

Hasil Produksi Geometri Peledakan Usulan

Kriteria berhasilnya suatu peledakan selain fragmentasi merata dengan sedikit bongkah yang ukurannya sudah sesuai kriteria perusahaan adalah

tercapainya target produksi. Selain itu, *powder factor* yang menunjukkan bagaimana efisiensi peledakan dalam menghasilkan fragmentasi yang diinginkan juga perlu diperhatikan. *Powder factor* menunjukkan penggunaan jumlah bahan peledak yang efisien dan ekonomis. Nilai *powder factor* di bawah standar menghasilkan fragmentasi tidak optimal dan terjadi bongkah. Sebaliknya, nilai di atas standar mengakibatkan peledakan tidak efektif dan terjadi *fly rock* dan *air blast*. Data penggunaan bahan peledak pada geometri peledakan usulan dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Data Perbandingan Penggunaan Bahan Peledak Geometri Peledakan Usulan

Geometri Peledakan	Jml. Lubang (n)	Detonator (pcs)		Dinamit (kg)		DANFO (kg)		Volume batuan (terbongkar) (m ³)	Powder factor (kg/m ³)
		pcs	Total	kg	Total	kg	Total		
R. L. Ash	54	1	54	0,2	10,8	21,35	1.153	2.994	0,39
C.J. Konya	61	1	61	0,2	12,2	21,35	1.303	2.999	0,44
ICI Explosive	67	1	67	0,2	13,4	21,35	1.431	3.015	0,48

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa dari ketiga geometri peledakan usulan, hanya geometri peledakan usulan metode *ICI Explosive* yang dapat memenuhi target dengan volume batuan terbongkar sebesar 3.015 m³ dengan *powder factor* sebesar 0,48 kg/m³.

Berdasarkan tiga parameter yang sudah ditentukan, maka geometri peledakan yang diusulkan adalah geometri peledakan metode *ICI Explosive* dengan *burden* 2,5 m, spasi 3 m, tinggi jenjang 6 m, dan jumlah lubang ledak 67 lubang karena hanya geometri ini yang dapat memenuhi ketiga parameter dengan volume batuan terbongkar perusahaan yang dihasilkan sebesar 3.015 m³ dengan *powder factor* sebesar 0,48 kg/m³ dan persentase *boulder* ≥80 cm yang dihasilkan dengan memasukkan perssen deviasi 9,54% sebesar 2,23%.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UPN “Veteran” Yogyakarta dan PT Indocement Tungal Prakarsa karena telah mendukung penyelesaian penelitian ini.

VI. KESIMPULAN

1. Hasil fragmentasi rata-rata batuan di lapangan belum sesuai dengan kriteria perusahaan karena masih terdapat persentase rata-rata bongkah ≥ 80 cm sebesar 25,44% dengan ukuran terbesar 156 cm yang dianalisis dengan bantuan *Software Split Desktop 4.0*.
2. Rancangan geometri peledakan aktual dengan *burden* 3 m, spasi 3,5 m, dan tinggi jenjang 6 m setelah dianalisis menggunakan metode Kuzram menghasilkan fragmentasi batuan rata-rata 26,465 cm dan persentase bongkah (≥ 80 cm) 2,67%, hasil tersebut sudah memenuhi kriteria perusahaan.

3. Rancangan geometri peledakan akhir yang diusulkan yaitu geometri peledakan metode *ICI Explosive* dengan *burden* 2,5 m, spasi 3 m, tinggi jenjang 6 m karena hanya geometri ini yang dapat memenuhi ketiga parameter dengan volume batuan terongkar perusahaan yang dihasilkan sebesar 3.015 m³ dengan *powder factor* sebesar 0,48 kg/m³ dan persentase *boulder* ≥80 cm yang dihasilkan dengan memasukkan perssen deviasi 9,54% sebesar 2,23%.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyansyah, D., dkk. (2023). *Bulletin Informasi Cuaca Stasiun Meteorologi Kertajati*. Majalengka: Stasiun Meteorologi Kertajati.
- Ash, R.L. (1967). *The Design of Blasting Rounds*. In *Surface Mining*. EP Pfeider. New York: American Institute of Mining Engineer.
- Ash, R. L. (1990). *Design of Blasting Round, "Surface Mining"*. B. A. Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Cunningham, C.V.B. (1983). *The Kuz–Ram model for prediction of fragmentation from blasting*. In R. Holmberg & A Rustan (eds), *Proceedings of First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*.
- Hustrulid, W. (1999). *Blasting Principles for Open Pit Mining Volume 1 – General Design Concepts*. Rotterdam, Netherlands: A. A. Balkema
- Jimeno, C. L. and Jimeno E. L. (1995). *Drilling and Blasting of Rocks*. Rotterdam, Netherlands: A. A. Balkema
- Koesnaryo, S. (1988). *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta
- Konya, C. J. and Walter E. J. (1990). *Surface Blast Design*. New Jersey: Seismological Observatory John Carroll University
- Noeradi, D dan Tabri K. N. (1985). *Gunung Kromong Carbonate Study West Java*. Bandung: ITB – AMOCO JOINT RESEARCH.
- Purwoto, dkk. (2011). *Peta Geologi Penambangan Batukapur dan Tanah Liat Gunung Kromong, Kecamatan Gempol, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat*. Cirebon: PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk. Skala 1 : 12.000.
- Suwandi, A. (2014). *Diktat Kursus Juru Ledak XIV pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*. Bandung: Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara.
- Wibowo, V. A., (2017). *Optimasi Mixing Batugamping dengan Parameter CaO dan TOC di PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk. Plant Palimanan – Cirebon Jawa Barat* [Skripsi]. Jakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Trisakti.