

Evaluasi Teknis Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batu Gamping Di PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk Desa Palimanan Barat, Kecamatan Gempol, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat

Putri Pasaribu^{1*}, Dedi Yulhendra^{1**}

¹ Mahasiswa Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

² Dosen Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*putripasaribu51@gmail.com

**dediyulhendara@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk is a producer engaged in limestone mining, which is located in the village of West Palimanan, Gempol District, Cirebon Regency, West Java. The mining method used by PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk is an open pit mining system, using the Quarry mining method. From the results of the author's observations at PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk saw a lot of fragmentation resulting from blasting which resulted in boulder. The size of the boulder based on company standards is 50 cm with the percentage of rock fragmentation resulting from blasting 50 cm at PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk is still relatively high at around $\pm 30\%$, while the fragmentation expected by PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk < 50 cm with a blast yield of 80%. This study aims to design the optimum blasting geometry to reduce the percentage of boulder so that the jaw crusher specifications are met and do not increase the cost of renting the breaker unit again. The research method is carried out by providing the results of the analysis of the Kuz-Ram method. Then one of the proposed geometries is chosen which is better while the proposed geometry is given, namely Burden 2 m, Spacing 2.5 m, Stemming 2.2 m, Subdrilling 0.19 m, Level height 5,8 m, Depth of the blast hole 6.68 m, Powder column 4.4 m, Powder factor 0.59, Kuzram Fragmentation 20 %.

Keywords : Blasting Geometry, Blasting Fragmentation, Kuz - Ram Proposed Geometry.

1. Pendahuluan

PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk merupakan salah satu produsen yang bergerak dalam pertambangan Batu Gamping, yang terletak di desa Palimanan Barat, Kecamatan Gempol, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Metode penambangan yang digunakan oleh PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk yaitu sistem tambang terbuka, dengan metode penambangan *Quarry*. Dalam kegiatan penambangan dengan karakteristik batuan yang keras maka perlu dilakukan peledakan (*blasting*) yang bertujuan untuk memberaikan atau membongkar batuan

tersebut, sehingga dapat mempermudah dalam kegiatan penggalian (*digging*). Kegiatan Peledakan Bertujuan untuk melepas atau memberaikan material dari batuan induknya agar ukuran fragmentasi yang dihasilkan dapat memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya.

Dari hasil observasi penulis pada PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk melihat banyaknya fragmentasi hasil peledakan yang menghasilkan boulder. Ukuran bongkah berdasarkan standar perusahaan adalah sebesar 50 cm dengan, persentase fragmentasi batuan hasil peledakan ≥ 50 cm di PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk masih tergolong tinggi

yaitu kira-kira $\pm 30\%$, sementara fragmentasi yang diharapkan oleh PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk < 50 cm dengan hasil peledakan 80%.

Karena masih tingginya persentase fragmentasi yang berbentuk bongkah (boulder) PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk harus melakukan secondary blasting untuk memperkecil ukuran bongkahan agar terbentuk fragmentasi batuan yang sesuai dengan kegiatan yang akan dilakukan selanjutnya, atau dapat juga dengan menggunakan alat braker untuk memperkecil ukuran bongkahan. Dengan dilakukannya secondary blasting dan penyewaan alat braker menyebabkan adanya penambahan biaya produksi, yang membuat kegiatan peledakan menjadi tidak ekonomis lagi. Oleh karena itu, perlu dilakukan nya evaluasi pada geometri peledakan, juga memberikan usulan perbaikan untuk mengurangi persentase bongkahan (boulder) pada kegiatan peledakan di PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.

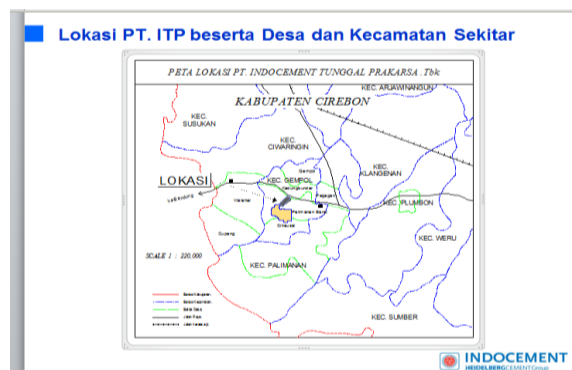
Peledakan merupakan pemecahan suatu material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak untuk memberai tanah penutup, membongkar batuan yang bersifat padat atau keras bisa berupa material berharga atau endapan bijih yang bersifat kompak dari batuan induknya menjadi material yang cocok untuk dikerjakan dalam proses produksi berikutnya” (Bhandari 1997). Karena sifat material dilokasi penambangan PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk tergolong keras, maka dilakukan kegiatan peledakan untuk membongkar materialnya sebelum kegiatan loading dilakukan. Berdasarkan Hand Out Teknik Peledakan UNP (2016) “Bahan peledak adalah suatu bahan kimia senyawa tunggal atau campuran berbrntuk padat, cair, atau campurannya yang apabila diberi suatu 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”.

2. Lokasi Penelitian

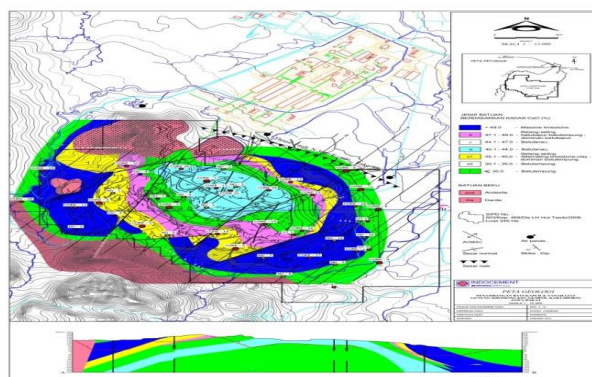
Secara administratif PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. terletak di desa Palimanan Barat, Kecamatan Gempol, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat dengan batas-batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah utara yaitu Kecamatan Gempol
- Sebelah selatan yaitu Kecamatan Rajagaluh
- Sebelah barat yaitu Kecamatan Ciwaringin
- Sebelah timur yaitu Kecamatan Palimanan

Secara geografis letak PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk terletak di $108^{\circ}24'15''$ - $108^{\circ}24'30''$ BT dan $6^{\circ}43'55''$ - $6^{\circ}43'55''$ LS Lokasi pabrik terletak 20 km sebelah barat kota Cirebon dengan ketinggian sekitar 25 mdpl, sedangkan lokasi penambangan batu gamping berada ± 3 km di lokasi pabrik, tepat nya yaitu di pegunungan Kromong.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. Peta Geologi Struktur

3. Metodologi Penelitian

Tahap penelitian yang dilakukan oleh penulis di mulai dengan kegiatan observasi lapangan guna mendapatkan data primer kemudian dilanjutkan dengan pencarian data skunder dan studi pustaka untuk menganalisis suatu data dan teori yang sudah ada. Data yang didapatkan kemudian diolah menggunakan cara matematis. Selanjutnya ditentukan kolerasi hasil pengolahan data dengan pertanyaan penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis Penelitian ini yaitu penelitian terapan yang menggunakan teori dan data yang didapat dilapangan untuk memecahkan suatu masalah. Tujuan dari penelitian terapan ini yaitu menggunakan teori untuk membantu memecahkan masalah praktis.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Sangat penting untuk memiliki sistem muddah digunakan dan mudah untuk difahami serta efisien untuk pengumpulan data yang terjadi di dalam suatu perusahaan. Data yang di gunakan maupun yang diolah dalam penelitian ini adalah data primer dan data skunder. Data primer seperti data yang di dapatkan langsung dilapangan atau data skunder di dapatkan langsung dari suatu pengamatan. Untuk mendukung atau membantu

penelitian yang kami lakukan maka menggunakan data skunder.

3.3 Teknik Pengolahan Data

Teknik yang telah digunakan untuk menganalisa data adalah kombinasi dari teori dan data lapangan, baik itu data primer maupun data skunder.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Peledakan Dengan Metode Kuz-ram

$$X = A_o \times \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left[\frac{E}{1115} \right]^{-0,63}$$

Keterangan :

- X = Rata-rata ukuran fragmentasi
- Ao = factor batuan (Rock Factor)
- V = volume perlubang
- Q = Jumlah bahan peledak tiap lubang
- E = Relative Weight Strenght bahan peledak

Untuk menentukan distribusi bongkahan fragmentasi hasil peledakan dapat digunakan persamaan segai berikut :

$$RX = e - \left(\frac{x}{Xc} \right)^n \dots\dots\dots (1)$$

$$Xc = \frac{x}{(0,693)} \dots\dots\dots (2)$$

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{De} \right] \times \left[1 - \frac{W}{B} \right] \left[\left(\frac{1 + \frac{S}{B}}{2} \right) \right]^{0,5} \times \left[\frac{PC}{L} \right] \dots (3)$$

Dimana :

- n = Indeks keseragaman
- B = Burden (m)
- De = Diameter Lubang Ledak (mm)
- S = Spasi (m)
- W = Standar Deviasi Lubang Bor (m)
- PC = Panjang Lubang Ledak (m)
- L = Tinggi Jenjang (m)
- XC = Karakteristik Ukuran
- X = Fragmentasi Rata-rata
- Rx = Persentase material yang tertahan pada ayakan (%)
- x = Ukuran ayakan (cm)

Sedangkan ukuran fragmentasi batuan dilakukan dengan pembobotan batuan Lily (1986). Persamaan faktor batuan adalah sebagai berikut (Syafaruddin 2016 :55) :

$$Blastibility Index (BI) = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Faktor batuan (A)} = BI \times 0,1 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- BI = Blastibility Index
- RMD = Rock mass description
- JPS = Joint plane spacing
- JPO = Joint plane orientation
- SGI = Spesific gravity index
- H = Hardness
- A = Factor batuan

4.2 Target Ukuran Fragmentasi Bucket Excavator

Pada penelitian ini alat gali muat yang diamati adalah Excavator Pc 200 dengan kapasitas bucket 15m³. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi digging time dari material hasil peledakan yaitu ukuran dari fragmentasi hasil peledakan. Semakin bagus dan seragam ukuran fragmentasi hasil peledakan tersebut akan semakin memudahkan kinerja alat gali muat untuk menggali dan memuat hasil fragmentasi tersebut, begitu juga sebaliknya.

Ukuran fragmentasi yang baik dapat di tentukan oleh dimensi dari bucket alat gali yang akan memuatnya ke dalam dump truck sehingga dapat mengoptimalkan produktivitas alat gali muat. Berdasarkan kapasitas dari bucket dapat diketahui ukuran target fragmentasi yang dimuat oleh excavator, yaitu dengan melakukan perhitungan. Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan ukuran fragmentasi hasil peledakan yang mudah diangkat atau dimuat oleh bucket excavator atau sebagus-bagusnya ukuran fragmentasi hasil peledakan yang dimuat oleh bucket excavator berikut adalah permasalahannya.

$$P \text{ degree} = (0,15 - 0,2) \times \sqrt[3]{E}$$

$$P \text{ degree} = (0,15 - 0,2) \times \sqrt[3]{15 \text{ m}^3}$$

$$= 0,37 \text{ m} - 49 \text{ m} = 37 \text{ cm} - 49 \text{ m}$$

Keterangan K = kapasitas Bucket (m³)

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan, bahwasanya ukuran fragmentasi hasil peledakan yang optimal untuk dimuat oleh bucket excavator PC 200 adalah berukuran 37 cm – 49 cm. dengan tercapainya suatu ukuran fragmentasi yang optimal berdasarkan kapasitas bucket excavator, maka waktu yang dibutuhkan untuk menggali material hasil peledakan akan lebih cepat.

4.3 Data Peledakan Aktual

Berdasarkan hasil pengukuran analisis terhadap geometri peledakan geometri aktual yang digunakan oleh PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk maka didapatkan rata-rata geometri peledakan aktual dan juga gambar foto fragmentasi peledakan sebanyak 10 kali peledakan dari tanggal 01 April - 19 April 2022 yaitu bisa dilihat pada tabel 2 dan juga gambar foto fragmentasi peledakan sebagai berikut:

Tabel 1. Rata-rata Geometri Aktual Kedalaman Lubang Ledak 7 m PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk

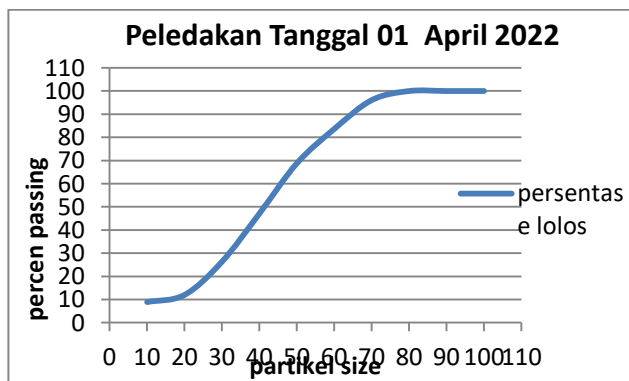
Tanggal	Banyak lubang	Kedalaman lubang (H)	Burden (B)	Spasi (S)	Stem ming (T)	Powder Column (PC)
1-Apr-22	60	6.63 m	2.14	3.25	2.28	4.35
3-Apr-22	30	6.56 m	2.16	3.29	2.22	4.34
5-Apr-22	72	6.70 m	2.17	3.35	2.21	4.49
7-Apr-22	72	6.71 m	2.18	3.37	2.2	4.51
9-Apr-22	48	6.81 m	2.23	3.3	2.23	4.58
11-Apr-22	66	6.60 m	2.24	3.26	2.2	4.4
13-Apr-22	36	6.70 m	2.13	3.31	2.22	4.48
15-Apr-22	29	6.67 m	2.24	3.21	2.19	4.48
17-Apr-22	36	6.78 m	2.22	3.37	2.8	3.98
19-Apr-22	48	6.73 m	2.27	3.27	2.21	4.52
Rata-rata	51,6	6.68 m	2.198	3.298	2.276	4.413

Tabel 2. Total Isian Bahan Peledak Aktual PT. Indocement Tunggul Prakarsa

No	Tanggal	De (m)	PC (m)	n (lubang)	DAN FO (kg/m ³)	DANFO (kg/lubang)	Dyna mite Total (kg/lubang)	E = DANFO +Dyna mite
1	01-Apr-2022	0,0889	4.35	60	4,961	1.294,82	12	1.294,94
2	03-Apr-2022	0,0889	4.34	30	4,961	1.808,58	6	1.808,64
3	05-Apr-2022	0,0889	4.49	72	4,961	1.069,19	15	1.069,24
4	07-Apr-2022	0,0889	4.51	72	4,961	805.46	15	805.51

Tabel 3. Persentase lolos dan persentase tertahan peledakan 01-April-2022

Peledakan Tanggal 01 April 2022										
Ayakan (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Persentase lolos	888	138	260	471	678	844	907	1000	1000	1000
Persentase tertahan	911	860	737	529	322	156	93	0	0	0



Gambar 3. Persentase lolos dan persentase tertahan peledakan 01-April-2022

Gambar 3 menunjukkan bahwa adalah hasil dari persentase lolos dengan persentase lolos yaitu 68.78 %, dengan persentase tertahan yaitu 31,22%, maka fragmentasi batu gamping tersebut masih tergolong kurang baik.

4.5 Fragmentasi Hasil Peledakan Dari Geometri Peledakan Aktual PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk

5	09-Apr-2022	0,0889	4.58	48	4,961	1.908,5	9.6	1.917,1
6	11-Apr-2022	0,0889	4.4	66	4,961	1.883,5	13.2	1.886,7
7	13-Apr-2022	0,0889	4.48	36	4,961	1.333,5	7.2	1.340,7
8	15-Apr-2022	0,0889	4.48	29	4,961	666,7	5.8	672,6
9	17-Apr-2022	0,0889	3.98	36	4,961	1.145,1	7.2	1.152,3
10	19-Apr-2022	0,0889	4.52	48	4,961	1.596,6	9.6	1.605,2

Untuk menentukan persentase dari fragmentasi hasil peledakan aktual, penulis menggunakan software split desktop dalam perhitungannya karena hasil fragmentasi yang dihasilkan lebih sesuai dengan keadaan aktual di lapangan. Adapun kategori boulder di PT. Indocement Tunggul Prakarsa yaitu ≥ 50 cm karena bisa mempengaruhi kemampuan jaw crusher. Adapun persentase fragmentasi peledakan yang berukuran boulder dari hasil pengolahan dengan software split desktop seperti tabel dibawah ini :

Tabel 5. Hasil Peledakan Aktual Dengan Menggunakan Software Split Desktop

No	Tanggal Peledakan	Ayakan ≥ 50 cm	
		% Lolos	% Tertahan
1.	01 – April 2022	68.78	31.22
2.	03 – April 2022	46.52	53.48
3.	05 – April 2022	59.01	40.99
4.	07 – April 2022	78.05	21.95
5.	09 – April 2022	40.30	59.7
6.	11 – April 2022	43.36	56.64
7.	13 – April 2022	57.23	42.77
8.	15 – April 2022	65.11	34.89
9.	17 – April 2022	50.53	49.47
10	19 – April 2022	36.50	63.5
Rata-rata		54.53	45.46

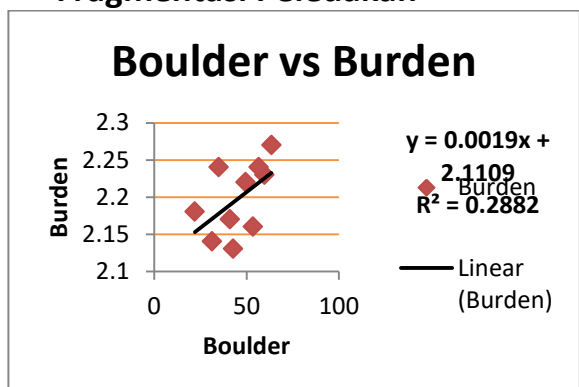
Dari perhitungan diatas, dapat diketahui rata-rata dari persentase lolos fragmentasi batu gamping berukuran ≥ 50 cm yang dihasilkan adalah 50,53 %. Sedangkan rata-rata persentase tertahan fragmentasi batu gamping berukuran ≥ 50 cm yang dihasilkan adalah 45.46 %, maka fragmentasi batu gamping tersebut masih tergolong kurang baik.

4.6 Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Aktual Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan

4.6.1 Analisis Statistik Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Peledakan.

Pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi hasil peledakan yang dikategorikan berukuran boulder perlu diketahui, untuk melihat besarnya pengaruh antara variabel-variabel tersebut. Untuk menyatakan hubungan tersebut maka perlu dicari sebuah persamaan yang mewakili data-data tersebut. Analisis yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh geometri peledakan terhadap hasil fragmentasi peledakan yang berukuran boulder yaitu analisis bivariante. Analisis statistik bivariante dilakukan untuk melihat parameter yang memiliki hubungan yang lebih kuat dengan fragmentasi hasil peledakan. Hubungan statistik dari tersebut didapatkan nilai koefisien determinan (R^2) yang memperlihatkan hubungan antara parameter geometri peledakan terhadap fragmentasi peledakan.

4.6.2 Pengaruh Burden Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan



Gambar 4. Pengaruh Burden Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan

Dari hasil analisis ke dua uji statistik yang telah dilakukan maka diperoleh nilai R square (R^2) terbesar dari uji linear dengan nilai sebesar 0,2882 yang artinya variabel burden dapat menjelaskan variabel fragmentasi peledakan antara boulder sebesar 28,82 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa parameter burden memiliki hubungan kuat terhadap fragmentasi peledakan ukuran boulder.

Parameter	R ²	Persamaan Regresi
Burden	0,2882	y = 0,0019 x + 2,1109
Spacing	0,1806	y = 0,0017x + 3,2055
Kedalaman Lubang Ledak	0,0184	y = 0,0008x + 6,6536
Powder Column	0,0014	y = 0,0005x + 4,4346
Stemming	0,0082	y = 0,0013x + 2,219
Tinggi Jenjang	0,0204	y = 0,0015x + 5,62
Subdrilling	0,0838	y = 0,0032x + 0,4459
Powder Factor	0,2489	y = 0,004x + 0,6131

Dari hasil data aktual yang di dapatkan untuk mengetahui parameter apa saja yang paling berpengaruh terhadap fragmentasi, maka didapatkan analisis statistik seperti terdapat pada tabel 16 di atas, parameter yang paling berpengaruh terhadap fragmentasi peledakan yaitu Burden: 0,2882, spasi : 0,1806 dan powder column : 24,89.

4.7 Pengolahan Dan Analisis

Tabel 6. Parameter Blastibility Index PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk

PARAMETER	PEMBOBOTA N
1.Rock Mass Description (RMD)	
1.1 Powdery / Friable	10
1.2 Bloky	20
1.3 Totally Massive	50
2.joint Plane Spasing (JPS)	
2.1 Close (Spasi <1 m)	10
2.2 Intermediete (Spasi 0.1 -1 m)	20
2.3 Wide (Spasi >1 m)	50
3. Joint Plane Orientation (JPO)	
3.1Horizontal	10
3.2 Dip Out of Face	20
3.3 Strike Normal to Flace	30
3.4 Dip Into Face	40
4. Spesific Grafity Influence	0
5.Hardness (H)	3

Untuk melakukan perhitungan nilai Blastibility Index (BI) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 BI &= 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \\
 &= 0,5 \times (20 + 50 + 40 + 0 + 3) \\
 &= 56,5
 \end{aligned}$$

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Analisis Linear Pengaruh Parameter Geometri Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi Peledakan Ukuran Boulder

$$\begin{aligned}
 \text{RF (A) Rock Factor} & \\
 &= 0,12 \times \text{BI} \\
 &= 0,12 \times 56,5 \\
 &= 6,78
 \end{aligned}$$

4.7.1 Perhitungan Menggunakan Metode Kuz- Ram Berdasarkan Geometri Aktual

a) Ukuran fragmentasi batuan rata – rata

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63} \\
 &= 6,78 \times \left(\frac{43.93m^3}{13.51}\right)^{0,8} \times 21^{0,17} \times \left(\frac{100}{115}\right)^{-0,63} \\
 &= 6,78 \times 2,56 \times 1,556 \times 1,092 \\
 &= 24,49 \text{ cm} = 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b) ndeks keseragaman (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \left(2,2 - 14 \times \frac{B}{De}\right) \times \left(\frac{1+\frac{S}{B}}{2}\right)^{0,5} \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(\frac{PC}{L}\right) \\
 &= \left(2,2 - 14 \times \frac{2,2}{88,9}\right) \times \left(1 - \frac{0}{2,14}\right) \times \left(\frac{1+\frac{3,3}{2,2}}{2}\right)^{0,5} \times \left(\frac{4,35}{5,8}\right) \\
 &= 1,87 \times 1,25 \times 1 \times 0,75 \\
 &= 1,71
 \end{aligned}$$

c) Karakteristik ukuran ayakan

$$\begin{aligned}
 \text{XC} &= \frac{\bar{X}}{(0,693)^{\frac{1}{n}}} \\
 &= \frac{29,49}{(0,693)^{\frac{1}{1,71}}} \\
 &= \frac{29,49}{0,81} \\
 &= 36,40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

d) Presentase fragmentasi < 50 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{XC}\right)^n} \times 100$$

$$P = 100 \% - R.$$

$$R = 2,71828 \left(\frac{50}{36,40}\right)^{1,71} \times 100\%$$

$$= 2,71828^{-1,19} \times 100\%$$

$$= 0,30 \times 100\%$$

$$= 30\% (>50\text{cm})$$

$$P = 100\% - 30\%$$

$$= 70 \% (<50 \text{ cm})$$

Adapun parameter perhitungan yang harus diketahui terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan fragmentasi hasil peledakan menggunakan rumus Kuz-Ram bisa dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Parameter Fragmentasi hasil Peledakan Menggunakan Rumus Kuz-Ram

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	Faktor Batuan	A	6,78
2	Burden	B	2.2 m
3	Spasi	S	3,2 m
4	Tinggi Jenjang	L	5.8 m
5	Kedalaman Lubang Ledak	H	6.68 m
6	Powder Column	PC = H-T	4,4 m
7	Volume Batuan Yang diledakan	V = B x S x L	/m ³
8	Relatif Weight Strength	100	100
9	Diameter Lubang Ledak	De	0,889 m
10	Standar Deviasi Pemboran	W = 0	0
11	Nisbah Spasi dan Burden	S/B	1,3
12	Densitas Pengisian Bahan Peledak	de	4,961
13	Berat Bahan Peledak Tiap Lubang	Q/E = PC x de	13.51 kg/lubang

4.7.2 Perhitungan fragmentasi kuz-ram berdasarkan geometri usulan Burden : 2 m Dan Spasi :2.5

a) Ukuran fragmentasi batuan rata – rata

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63} \\
 &= 6,78 \times \left(\frac{43.93m^3}{13.51}\right)^{0,8} \times 21,58^{0,17} \times \left(\frac{100}{115}\right)^{-0,63} \\
 &= 6,78 \times 2,56 \times 1,556 \times 1,092 \\
 &= 29,49 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b) Indeks keseragaman (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \left(2,2 - 14 \times \frac{B}{De}\right) \times \left(\frac{1+\frac{S}{B}}{2}\right)^{0,5} \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(\frac{PC}{L}\right) \\
 &= \left(2,2 - 14 \times \frac{2}{88,9}\right) \times \left(\frac{1+\frac{2,5}{2}}{2}\right)^{0,5} \times \left(1 - \frac{0}{2}\right) \times \left(\frac{4,35}{5,8}\right) \\
 &= 1,89 \times 1,127 \times 1 \times 0,75 \\
 &= 1,59
 \end{aligned}$$

c) Karakteristik ukuran ayakan

$$\begin{aligned}
 \text{XC} &= \frac{\bar{X}}{(0,693)^{\frac{1}{n}}} = \frac{29,49}{(0,693)^{\frac{1}{1,59}}} \\
 &= \frac{29,49}{0,79} \\
 &= 37,32 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

d) Presentase fragmentasi < 50 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{XC}\right)^n} \times 100$$

$$P = 100 \% - R.$$

$$R = 2,71828 \left(\frac{50}{37,32} \right)^{1,59} \times 100\%$$

$$= 2,71828^{-1,57} \times 100\%$$

$$= 0,20 \times 100 \%$$

$$= 20 \% (>50\text{cm})$$

$$P = 100\% - 20\%$$

$$= 80\% (< 50 \text{ cm})$$

$$= 80\% (< 50 \text{ cm})$$

Burden 2 m ; Spacing 2,5 m ; Stemming 2,2 m ; Subdrilling 0,19 m ; Tinggi jenjang 5,8 m ; Kedalaman lubang ledak 6.68 m ; Powder column 4,4 m ; Powder factor 0,64 kg/ton ; Fragmentasi dihasilkan dari rumusan Kuz-Ram yaitu 20 %.

5. Hasil ujicoba dengan teori Kuz-Ram
Berdasarkan ujicoba yang dilakukan didapat ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan (X rata-rata) : 29,49 cm, Indeks keseragaman (n) : 1,58, karakteristik batuan (xc) : 37.32 dan persentase fragmentasi batuan ukuran *boulder* : 20 %.

5.2 Saran

1. Sebelum melakukan suatu peledakan lakukanlah terlebih dahulu perhitungan teoritis menggunakan metode kuz – ram pada setiap geometri peledakan yang telah ditetapkan,hal ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan sebelum merencanakan geometri peledakan selanjutnya.
2. Agar terpenuhinya parameter-parameter seperti PF dan ukuran fragmentasi hasil peledakan, direkomendasikan untuk tetap konsisten terhadap geometri yang sudah dihitung, yaitu geometri perhitungan dengan menggunakan teori kuz-ram.
3. Ukuran hasil peledakan hendaknya berkisar antara 37- 49 cm, sehingga proses penggalian maupun pemuatan batuan hasil peledakan tersebut membutuhkan waktu yang lama dan tentunya sesuai dengan ukuran yang seharusnya di muat oleh *bucket excavator*.

Tabel9. Perhitungan Fragmentasi Peledakan Menggunakan Rumusan Kuz-Ram dari Rancangan Usulan Geometri Peledakan

Geometri Peledakan	Ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan (X Rata-rata)	Indeks Keseragaman Ukuran (n)	Karakteristik Batuan (xc)	Persentase fragmentasi ukuran <i>boulder</i>
Burden 2 m spasi 2,5 m	29,49	1,59	37.32	20
Burden 3 m spasi 3,5 m	29,49	1,71	36.40	30

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan pembahasan yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan fragmentasi batuan hasil peledakan aktual perusahaan diperoleh persentase fragmentasi berukuran *boulder* berdasarkan perhitungan Kuz-Ram yaitu sebesar 30%, sedangkan perhitunggan menggunakan *software split dekstop* sebesar 45.46 % sehingga rata-rata fragmentasi *boulder* yang dihasilkan ini masih tergolong banyak.
2. Hasil perhitungan fragmentasi batuan hasil peledakan aktual rata-rata persentase fragmentasi berukuran *boulder* selisih yang didapatkan antara *software split dekstop* dan aktual adalah 13%.
3. Geometri yang memiliki hubungan pengaruh besar terhadap fragmentasi hasil peledakan aktual di PT. Indocement Tungal Prakarsa Tbk yaitu: *spacing* 0,1806 ; *burden* 0,2882 ; *Powder Factor* 0,2489.
4. Untuk mengurangi ukuran fragmentasi *boulder* yang selama ini masih menjadi kendala dalam kegiatan peledakan di PT. Indocement Tungal Prakarsa Tbk maka adapun geometri peledakan yang diusulkan yaitu menggunakan perhitungan kuz – ram berdasarkan :
 - a. Desain geometri peledakan usulan :

Daftar Pustaka

- [1] Ash, R.L. *Design of Blasting Round*, “Surface Mining”, B.A Kennedy, Editir, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, pp. 565-584.
- [3] Abiodun Ismail Lawal. 2021 *A new modification to the Kuz-Ram model using the fragment size predicted by image analysis*
- [4] Bhandari, S. (1997) *Engineering rock blasting operations*. A.A Balkema. Rotterdam. Brokfiel. United States of Amerika.
- [5] Dian Abimanyu. 2018 *Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan dan Biaya Peledakan Pada Pit Lisat PT. Teguh Sinar Abadi Kabupaten Kutai Barat Provinsi Kalimantan Timur*
- [6] Gita Andini Nila Sari. 2017 *Evaluasi Geometri Berdasarkan Fagmentasi Hasil Peledakan Pada Penambangan Batu Gamping di PT. Semen Tonosa*
- [7] G.C Hunter, dkk. 1990. *A. Review Of Image Analysis Techniques For Measuring Blast Fragmentation*
- [9] Hüsamettin Kus. Dkk 2018 *Modeling And Optimization For Fly Ash Reinforced Broze-Blased Compasite Materials Using Multi Objective Taguchi Technique And Resregion Analysis*

- [10] Jeong-Hun Han dan Jae-Joon Song. 2014 *Statistical Estimation of Fragmentation by Applying Stereophotogrammetri to blok pile*
- [11] Konya, C.J. dkk 2014. *Rock Blasting and Overbreak Control*. Virginia: US Departement Of Transportation
- [12] Laju Boy Ardi Harahap dan Dedi Yulhendra. 2020 Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan Limestone Pada PT. Semen Padang, Kota Padang
- [13] Milia Putri. 2018 Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi dan *Diggability* dalam Pemenuhan Target Produktivitas *Ore* di *Pit* Durian Barat dan *Pit South Osela Site* Bakan PT. J Resources Boolang Mongondow Sulawesi Utara
- [16] Moamar Aprilian Ghanafi. 2014 Kajian Teknis Geometri Peledakan Berdasarkan Analisis *Blastability* dan *Digging Rate* Alat Gali Muat di *Pit* MT-4 Tambang Air Laya PT.Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim
- [17] Rudi Frianto. dkk 2014 Kajian Teknis Geometri Peledakan Pada Keberhasilan Pembongkaran *Overburden* Berdasrakan Fragmentasi Hasil Peledakan Safaruddin, dkk.2016. Analisa Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Dan *Digging Time* Material Blasting
- [18] Tim IWPL. 1996. *Supervisory Teknik Peledakan Dklat Angkatan IV Karimun Granite Riau*: Bandung