

Analisis *Burden* dan *Spacing* untuk Memprediksi Fragmentasi Hasil Peledakan Menggunakan Metode *Kuz-Ram* pada Tambang Batugamping PT Semen Baturaja Tbk Sumatera Selatan

Mantul Sasmito*, Riam Marlina A., Mulya Gusman, Jukepsa Andas

Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* mantul.sasmito03@gmail.com

Abstrak. Fragmentasi batuan merupakan aspek penting dalam peledakan karena memengaruhi efisiensi dan biaya operasional seperti pemuatan dan pengangkutan. Di PT Semen Baturaja Tbk, fragmentasi batuan hasil peledakan belum mencapai target 90% untuk ukuran < 80 cm, sehingga masih diperlukan *secondary blasting* yang meningkatkan biaya. Penelitian ini bertujuan menganalisis distribusi fragmentasi serta memberikan rekomendasi optimalisasi parameter *burden* dan *spacing*. Metode yang digunakan meliputi analisis karakteristik batuan di lapangan, prediksi fragmentasi dengan model Kuz-Ram, serta validasi menggunakan *image analysis*. Hasil menunjukkan fragmentasi < 80 cm sebesar 79,31% menurut Kuz-Ram dan 75,43% dari *image analysis*, masih di bawah target. Oleh karena itu, direkomendasikan konfigurasi peledakan dengan *burden* 3,4 meter, *spacing* 4,1 meter, dan panjang kolom bahan peledak 2,8 meter. Konfigurasi ini diperkirakan menghasilkan fragmentasi 91,4%, sehingga memenuhi target perusahaan.

Kata kunci: peledakan, fragmentasi, geometri peledakan, *burden*, *spacing*

Abstract. Rock fragmentation is an important aspect of blasting activities as it affects operational efficiency and costs such as loading and hauling. At PT Semen Baturaja Tbk, the rock fragmentation from blasting has not yet met the company's target of 90% for sizes under 80 cm, thus requiring *secondary blasting*, which increases costs. This study aims to analyze the distribution of rock fragmentation and provide recommendations for optimizing *burden* and *spacing* parameters in blasting operations. The methods used include field analysis of rock characteristics, fragmentation prediction using the Kuz-Ram model, and validation through *image analysis*. The results show that fragmentation under 80 cm reached 79.31% according to the Kuz-Ram model and 75.43% based on *image analysis*, which is still below the target. Therefore, a blasting configuration with a *burden* of 3.4 meters, *spacing* of 4.1 meters, and explosive column length of 2.8 meters is recommended. This configuration is estimated to produce 91.4% fragmentation, thus meeting the company's target.

Keywords: blasting, fragmentation, blast geometry, *burden*, *spacing*

Tanggal Diterima: 10/06/2025; Tanggal Direvisi: 01/07/2025; Tanggal Disetujui: 19/06/2026; Tanggal Dipublikasi: 01/07/2026

1. Pendahuluan

PT. Semen Baturaja Tbk (SMBR) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan Batu Gamping. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang terbuka dan menggunakan metode *quary* yang bertipe *open pit*. Dalam kegiatan penambangan, PT SMBR melakukan pemberaian batuan menggunakan peledakan karena material di lokasi memiliki tingkat kekerasan 3 dalam skala mosh, sehingga alat gali muat *excavator* CAT 320 tidak dapat digunakan secara langsung untuk menggali material.

Pada PT Semen Baturaja belum melakukan analisis mendalam terkait fragmentasi hasil peledakan yang terjadi di area operasionalnya. Kondisi ini menyebabkan kurangnya pemahaman terhadap ukuran fragmentasi batuan yang sebenarnya di lapangan. Karena tidak dilakukan

analisis mendalam terhadap fragmentasi batuan, nilai *rock factor* dalam kegiatan peledakan di PT Semen Baturaja Tbk tidak dapat diketahui dengan presisi. Ketidaktahuan ini dapat berdampak langsung pada perancangan pola peledakan seperti pemilihan *burden* dan *spacing*. Tanpa pemilihan *burden* dan *spacing* yang akurat dapat menyebabkan fragmentasi yang tidak sesuai dapat menyebabkan ukuran Fragmentasi hasil peledakan menjadi > 80 cm.

PT SMBR menargetkan untuk fragmentasi hasil peledakan memiliki ukuran yaitu 80 cm dengan persentase minimal 90 % dari tiap kali peledakan. Fragmentasi yang berukuran lebih kecil akan lebih mudah diangkut dan diolah sehingga mengurangi biaya produksi dan meningkatkan produktivitas. Fragmentasi batuan yang berukuran besar dari 80 cm dianggap sebagai *boulder* memerlukan aktivitas

pengecilan fragmentasi menggunakan metode *secondary blasting*.

Pada November 2024, diketahui persentase fragmentasi batuan hasil peledakan < 80 cm belum memenuhi target, yaitu 75.43 %. Sehingga memerlukan aktivitas dan biaya tambahan untuk pengecilan fragmentasi batuan. Dengan persentase *boulder* mencapai 24,57 % pada November 2024, mempengaruhi aktivitas *digging* material oleh alat gali muat yang berdampak kepada meningkatnya waktu *cycle time* dan menyebabkan menurunnya *diggability* alat gali muat.

Oleh karena itu, diperlukan kajian analisis fragmentasi hasil peledakan sehingga kegiatan peledakan selanjutnya bisa direncanakan lebih baik, salah satunya menggunakan model Kuz-Ram. Pada penelitian ini akan menganalisis prediksi fragmentasi batuan hasil peledakan pada PT. Semen Baturaja Tbk. Selain itu, akan dianalisis efisiensi penggunaan model Kuz-Ram dalam memprediksi fragmentasi batuan hasil peledakan dengan membandingkannya dengan penggunaan *image analysis*. Sehingga, topik bahasan ini bisa menjadi rujukan nantinya untuk merencanakan *burden* dan *spacing* agar mendapatkan fragmentasi yang optimal.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Peledakan

Peledakan merupakan salah satu metode utama dalam industri pertambangan dan konstruksi yang bertujuan untuk membraikan batuan dari batuan induknya dengan memanfaatkan energi bahan peledak. Proses ini memungkinkan batuan yang keras dan masif untuk dihancurkan menjadi fragmen yang lebih kecil, sehingga memudahkan proses selanjutnya seperti pemuatan, pengangkutan, dan penghancuran lebih lanjut. Keberhasilan suatu peledakan sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis bahan peledak yang digunakan, pola pengeboran, desain peledakan, serta karakteristik geologi batuan itu sendiri [1].

2.2 Geometri Peledakan

Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L.Ash. Jarak ke bidang bebas atau *burden* (B), jarak antar lubang (S), *stemming* (T), *subdrilling* (J), kedalaman lubang ledakan (L), panjang kolom isian (PC), diameter lubang peledak (D), dan tinggi tangga (H) adalah semua komponen dari geometri peledakan tersebut [2].

2.2.1 *Burden* (B)

Burden adalah jarak yang tegak lurus antara lubang tembak dengan bidang bebas (*free face*). Panjang *burden* sangat dipengaruhi oleh kondisi dari karakteristik batumannya. Penentuan

panjang *burden* ialah langkah pertama untuk dapat mengontrol fragmentasi, *airblast*, dan getaran [2].

$$B = \frac{K_b \times D_e}{39,3} \quad (1)$$

Keterangan:

K_b = *Burden ratio*

D_e = Diameter lubang ledak

B = *Burden*

$$KB = KB_{std} \times AF1 \times A \quad (2)$$

Keterangan:

$AF1$ = *adjsument factor* untuk batuan yang diledakkan

$AF2$ = *adjsument factor* untuk handak yang dipakai

$$AF1 = \left(\frac{D_{std}}{D} \right)^{1/3} \quad (3)$$

Keterangan:

D = bobot isi batuan yang diledakkan

$$AF2 = \left(\frac{SG \cdot VE2}{SG_{std} \cdot V_{std}^2} \right)^{1/3} \quad (4)$$

Keterangan:

SG = BJ bahan peledak yang dipakai

Ve = VOD bahan peledak yang dipakai

2.2.2 *Spacing* (S)

Spacing memiliki pengertian ialah jarak antar lubang tembak yang dirangkai dalam satu baris serta sejajar dengan bidang bebas (*free face*) [2].

$$S = K_s \times B \quad (5)$$

Keterangan:

K_s = *spacing ratio* (1,0 – 2,0)

B = *burden* (m)

Jarak spasi yang lebih rapat dari ketentuan dapat menimbulkan fragmentasi batuan yang lebih kecil, sebaliknya jika jarak spasi lebih lebar dari ketentuan dapat menimbulkan fragmentasi batuan yang besar (*boulder*) dan tonjolan-tonjolan (*stump*) diantara lubang tembak setelah proses peledakan.

2.2.3 *Stemming* (T)

Stemming ialah panjang isian dari lubang tembak yang isiannya tidak menggunakan bahan peledak, tetapi diisi dengan menggunakan material lain seperti tanah liat, material hasil pemboran, maupun kerikil. Dalam menentukan panjang *stemming* terlebih dahulu harus mengetahui dulu *stemming ratio* nya. *Stemming ratio* yang biasa digunakan ialah bernilai 0,70, nilai tersebut sudah

cukup untuk mengontrol *flyrock*, *airblast*, serta *stress balance* [2]. Dalam menentukan *stemming* dapat menggunakan persamaan di bawah.

$$T = K_t \times B \quad (6)$$

Keterangan:

K_t = *stemming ratio* (0,7 – 1,0)

B = *burden* (m)

2.2.4 Subdrilling (J)

Subdrilling ialah kelebihan panjang lubang tembak yang terletak dibagian bawah lantai jenjang. *Subdrilling* ini berguna untuk pada saat setelah peledakan jenjang terbongkar tepat pada batas lantai jenjang sehingga didapatkan lantai jenjang yang rata. Ada beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi panjang subdrilling seperti: tinggi jenjang, struktur geologi, dan kemiringan lubang tembak. Dalam menentukan subdrilling terlebih dahulu harus menentukan nilai dari *subdrilling ratio* yang berkisar antara 0,20 – 0,40 [2]. Untuk perhitungan *subdrilling* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$J = K_j \times B \quad (7)$$

Keterangan:

K_j = *subdrilling ratio* (0,2 – 0,4)

B = *burden* (m)

2.2.5 Kedalaman Lubang Ledak (H)

Kedalaman lubang ledak ialah panjang dari hasil tambah *stemming* dan kolom isian bahan peledak. Dalam menentukan kedalaman lubang ledak disesuaikan dulu dengan produksi yang akan dicapai atau sesuai dengan kapasitas alat gali muat dan juga pertimbangan dari aspek geoteknik. Kedalaman lubang ledak berdasarkan *hole depth ratio* memiliki nilai 1,5 – 4,0 [2]. Untuk menentukan panjang dari kedalaman lubang ledak dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$H = K_h \times B \quad (8)$$

Keterangan:

K_h = *hole dept ratio* (1,5 – 4)

B = *burden* (m)

2.2.6 Panjang kolom isian (PC)

Panjang kolom isian ialah panjang kolom yang digunakan nantinya untuk mengisi bahan peledak. Dalam menentukan panjang kolom isian bisa dilakukan pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang *stemming* [2].

$$PC = H - T \quad (9)$$

Keterangan:

H = kedalaman (m)

T = *stemming* (m)

2.3 Fragmentasi

Dalam menentukan ukuran rata-rata fragmentasi batuan hasil peledakan, salah satu perhitungan yang dapat digunakan adalah model perhitungan fragmentasi batuan oleh Kuz-Ram. Model perhitungan Kuz- Ram berdasar pada model persamaan dari Kuznetsov [3], yang telah dimodifikasi oleh Cunningham [4].

$$X_m = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0.8} \times Q^{0.167} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0.63} \quad (10)$$

$$n = \left(22 - 14 \frac{B}{D_e} \right) \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left(\left(1 + \frac{S}{B} \right) / 2 \right)^{0.5} \times \frac{PC}{L} \quad (11)$$

$$P_{80} = X_m \left(\ln \left(\frac{1}{0.20} \right) \right)^{1/n} \quad (12)$$

Keterangan :

X_m = Ukuran fragmentasi rata-rata (cm)

A = Faktor batuan (Rock Factor)

V = Volume batuan terbuka (m³)

Q = Berat handak (kg)

E = RWS bahan peledak (DABEX = 87)

n = Index Keseragaman

P_{80} = *Passing 80%* (cm)

Pada model perhitungan prediksi fragmentasi Kuz-Ram, untuk memperoleh nilai faktor batuan menggunakan beberapa parameter seperti berikut:

Tabel 1. Parameter Nilai Faktor Batuan

PARAMETER	RATING
<i>Rock Mass Description (RMD)</i>	
1. Powdery/Friable	10
2. Blocky	20
3. Totally Massive	50
<i>Joint Plane Spacing (JPS)</i>	
1. Close ($S < 0,1 M$)	10
2. Intermediate ($S 0,1 - 1 M$)	20
3. Wide ($S > 1 M$)	30
<i>Join Plane Orientation (JPO)</i>	
1. Horizontal	10
2. Dip out of face	20
3. Strike normal to face	30
4. Dip into face	40
<i>Specific Gravity influence (SGI)</i>	25 x SG - 50
<i>Hardness (H) Skala Mohs</i>	1 Sampai 10
<i>Blastibility Index (BI)</i>	0,5 x (RMD + JPS + JPO +SGI +H)
<i>Rock Factor (A)</i>	0,12 x BI

3. Metodologi Penelitian

3.1 Sumber Data

3.1.1 Studi Literatur

Pada tahap ini, yang dilakukan adalah mengumpulkan informasi dan referensi bacaan terkait tema studi kasus yang akan dianalisis, misalnya definisi, strategi, atau teknik yang dapat menambah acuan penulis menyelesaikan studi kasus untuk hasil yang lebih baik. Kajian teori dapat diperoleh dari karya ilmiah, buku, website, maupun informasi yang didapatkan secara langsung dari berbagai narasumber lapangan.

3.1.2 Orientasi dan Pengamatan Lapangan

Disini penulis melakukan orientasi kegiatan penambangan yang dilaksanakan perusahaan dengan ikut secara langsung ke lapangan maupun di kantor masing-masing departemen. Khususnya pada lokasi peledakan, penulis melakukan pengamatan langsung terhadap geometri peledakan, fragmentasi batuan. dan dampak hasil peledakan.

3.1.3 Perumusan Masalah

Dibuat berdasarkan isu-isu yang ada di lapangan. Lalu, dari isu yang diperoleh akan dilakukan pembahasan lebih lanjut untuk menjawab isu-isu yang terkait dengan topik studi kasus.

3.2 Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan adalah data yang relevan dengan kebutuhan penelitian dan didasarkan pada literatur yang ada. Selanjutnya, akan digunakan sebagai acuan dalam mencari solusi atas permasalahan yang ditemukan. Dalam analisis ini, menggunakan data primer dan data sekunder. Kegiatan ini dilakukan setelah mempelajari literatur dan pengamatan di lapangan. Berikut ini data primer dan data sekunder yang dibutuhkan:

1. Data Primer
 - a. Data geometri peledakan
 - b. Fragmentasi peledakan
 - c. Deskripsi karakteristik massa batuan
2. Data Sekunder
 - a. Spesifikasi handak
 - b. Densitas Batuan

3.3 Teknik Pengolahan Data

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data dan analisis sehingga didapatkan hasil analisis dan pembahasannya. Berikut analisis yang dilakukan:

1. Menganalisis nilai *rock factor* yang ada pada kegiatan peledakan di PT. SMBR
2. Menganalisis distribusi ukuran fragmentasi peledakan aktual dengan menggunakan image analysis *Split Desktop 4.0* dan metode Kuz – Ram.
3. Menganalisis usulan perbaikan *burden* dan *spacing* agar fragmentasi hasil peledakan < 80 cm sebanyak 90% di PT. SMBR

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

4.1.1 Spesifikasi Handak

Kegiatan peledakan PT. Semen Baturaja Tbk dilakukan oleh PT Dahana sebagai penyedia jasa peledakan dan pengeboran serta penyedia bahan peledak. Metode yang di gunakan dalam kegiatan peledakan adalah *Non-elektronik (nonel)* merupakan tipe inisiasi dan detonator yang digunakan pada kegiatan peledakan PT SMBR. Untuk bahan peledak yang digunakan adalah merk DABEX 73 (*Dahana Bulk Emulsion Explosives*) dengan campuran 70% emulsi dan 30% ANFO Untuk spesifikasi bahan peledak DABEX 73, dapat di lihat sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Dabex 73[5]

<i>Specifications</i>	<i>DABEX 73</i>
<i>Specific Gravity</i>	1,14 g/cc
<i>Emulsion Content</i>	70 %
<i>Relative Weight Strength</i>	87
<i>Velocity of Detonatiom</i>	5300 m/s
<i>Water Resistance</i>	<i>Excelent</i>

4.1.2 Geometri Peledakan

Data geometri peledakan aktual diambil secara langsung di lapangan dengan mengukur *burden (B)*, *spacing (s)*, *steming (T)*, *subdriling (J)*, kedalaman lubang ledak (L), panjang kolom isian (PC), jumlah lubang ledak (N). Pengambilan data dilakukan sebanyak 30 kali peledakan agar hasil yang didapat akurat, pengambilan data dimulai dari tanggal 11 November – 17 Desember 2024. Data geometri peledakan aktual yang di peroleh sebagai berikut:

Tabel 3. Geometri Peledakan Aktual

No	Tanggal	Lokasi	B	S	T	J	L	PC	N
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	2,5	2,8	1,9	0,5	4	2	100
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	2,8	3	1,7	0,5	3	1,3	90
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	2,8	3	1,7	0,5	3	1,3	108
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	3,1	3,3	2,4	0,5	5	2,5	135
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	2,7	3	1,7	0,5	3	1,3	105
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	2,5	2,6	2,5	0,5	5	2,4	30
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	2,8	3	2,5	0,5	5	2,4	35
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	2,7	3,3	1,8	0,5	3	1,2	35
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	2,7	3	2,4	0,5	5	2,5	55
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	3,1	3,3	1,8	0,5	3	1,2	30
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	3	3,2	2,4	0,5	5	2,5	65
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	2,9	3,2	1,7	0,5	3	1,3	110
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	3	3,3	1,7	0,5	3	1,3	45
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	2,8	3	2,4	0,5	5	2,5	70
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	2,8	3	1,7	0,5	3	1,3	65
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	2,8	3	1,7	0,5	3	1,3	20
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	2,7	3,1	1,7	0,5	3	1,3	155
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	2,7	3,1	2,4	0,5	5	2,5	45
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	3,5	4	3,2	0,5	6	2,7	30
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	3	3,5	1,8	0,5	3	1,2	85
21	10/12/2024	SUMP	2,5	3,4	2,4	0,5	5	2,5	15
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10_18A	3	3,5	1,8	0,5	3	1,2	120
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	3	3,4	1,8	0,5	3	1,2	70
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	2,9	3,4	3,2	0,5	6	2,7	75
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	3,3	3,8	1,8	0,5	3	1,2	80
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	3	3,5	1,8	0,5	3	1,2	40
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	3	3,3	1,8	0,5	3	1,2	125
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	2,9	3,4	3,1	0,5	6	2,8	35
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	3	3,5	3,1	0,5	6	2,8	60
30	17/12/2024	SUMP	3	3,5	3,1	0,5	6	2,8	25

4.1.3 Densitas Batuan

Densitas batuan merupakan salah satu parameter penting dalam kegiatan peledakan karena mencerminkan seberapa padat dan berat suatu jenis batuan yang akan diledakan. Di wilayah operasi PT Semen Baturaja (PT SMBR), nilai densitas batuan yang terukur berada pada 2,23 ton/m³. Nilai ini terbilang tinggi dan sangat dipengaruhi oleh jenis batuan penyusunnya, yaitu batu gamping (*limestone*).

4.1.4 Deskripsi Rata - Rata Massa Batuan

Data deskripsi massa batuan diambil secara langsung di lapangan dengan mengamati dan mengukur stuktur batuan yang ada di lapangan yang berupa pengambilan data RMD, JPS dan JPO sebanyak 30 kali peledakan yang bertujuan untuk mendapat data yang akurat. Dari pengamatan di lapangan didapatkan nilai rata – rata RMD 20, JPS 20 Dan JPO 10.

Tabel 4.Penilaian Massa Batuan

No	Tanggal	Lokasi	RM	JPS	JPO
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	20	20	10
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	20	20	10
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	20	20	10
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	20	20	10
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	20	20	10
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	20	20	10
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	20	20	10
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	20	20	10
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	20	20	10
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	20	20	10
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	20	20	10
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	20	20	10
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	20	20	10
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	20	20	10
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	20	20	10
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	20	20	10
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	20	20	10
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	20	20	10
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	20	20	10
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	20	20	10
21	10/12/2024	SUMP	20	20	10
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10_18A	20	20	10
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	20	20	10
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	20	20	10
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	20	20	10
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	20	20	10
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	20	20	10
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	20	20	10
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	20	20	10
30	17/12/2024	SUMP	20	20	10

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Faktor Batuan

Untuk menentukan *Rock Mass Description* (RMD) di perlukan pengamatan terhadap massa batuan langsung di lapangan untuk menentukan bentuk hancuran suatu massa batuan yang dapat di lihat sebagai berikut:



Gambar. Penentuan RMD

Dari gambar di atas dapat dilihat pada tanda panah merah yang menunjukkan bahwa massa batuan yang ada pada PT. Semen Baturaja memiliki bentuk hancuran *Blocky* dikarenakan bentuk nya menyerupai balok. Hal ini menunjukkan bahwa *Rock Mass Description (RMD)* memiliki nilai 20 dikarenakan sifatnya yang *Blocky*.

Selanjutnya menentukan *Joint Plane Spacing (JPS)* yang dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran massa batuan di lapangan untuk menentukan jarak tegak lurus antaran bidang lemah dengan bidang lemah yang lain dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar . Penentuan JPS

Dari gambar di atas dapat dilihat pada tanda panah yang menunjukkan bahwa jarak tegak lurus bidang lemah ke bidang lemah yang lain pada yang ada pada PT. Semen Baturaja yaitu di antara 10

cm – 100 cm hal ini menunjukkan bahwa nilai *Joint Plane Spacing (JPS)* 20 yang memiliki sifat *intermediate*.

Selanjutnya menentukan *Join Plane Orientation (JPO)* yang dilakukan pengamatan dilapangan untuk mengetahui arah dari massa batuan terhadap arah peledakan yang ada pada PT.

Semen Baturaja Tbk sebagai berikut:



Gambar . Penentuan JPO

Pada gambar dilihat tanda panah yang menunjukkan arah massa batuan yang ada pada PT. Semen Baturaja Tbk yang *horizontal* yang memiliki nilai 10.

Setelah didapatkan nilai RMD 20, JPS 20 dan JPO 10 dilanjutkan menentukan nilai *rock factor* sebagai berikut selanjutnya dilakukan perhitungan *Specific Gravity Influence (SGI)* *Blastibility Index (BI)* dan *Rock Factor (A)*

- *Specific Gravity Influence (SGI)*

$$\begin{aligned} SGI &= 25 \times SG - 50 \\ &= 25 \times 2.23 - 50 \\ &= 5,75 \end{aligned}$$

- *Blastibility Index (BI)*

$$\begin{aligned} BI &= 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \\ &= 0,5 \times (20 + 20 + 14 + 5,75 + 3) \\ &= 29,4 \end{aligned}$$

- *Rock Factor (A)*

$$\begin{aligned} A &= 0,12 \times BI \\ &= 0,12 \times 29,4 \\ &= 3,53 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka di dapatlah nilai *Specific Gravity Influence (SGI)* rata – rata 5,75, *Blastibility Index (BI)* rata – rata 29,4 dan *rock factor* rata - rata di PT.Semen Baturaja Tbk. adalah 3,53.

4.2.2 Prediksi *Split Dekstop 4.0*

Pada pengambilan data untuk menganalisis fragmentasi hasil peledakan aktual, dilakukan pengambilan foto dari fragmentasi hasil peledakan sebanyak 3 (tiga) kali per 1 (satu) blok peledakan. Untuk melakukan analisis fragmentasi, digunakan

software *Split-Desktop 4.0*. Adapun tahap analisis fragmentasi menggunakan metode *Split-Desktop 4.0* sebagai berikut:

- Menentukan Gambar

Tahap ini dilakukan dengan cara menentukan batas foto hasil komputasi lalu penentuan skala yang akan digunakan. Foto asli dapat langsung diproses dalam bentuk JPG ataupun PNG. Untuk menentukan distribusi ukuran fragmentasi diperlukan media pembanding yang digunakan sebagai skala perbandingan saat menjalankan aplikasi *Split Desktop 4.0*. Skala gambar ditentukan dengan dua cara yaitu menggunakan satu dan dua ojek. Objek ditempatkan secara tegak lurus dengan gambar batuan hasil peledakan. Gambar dibawah ini merupakan contoh pengambilan gambar menggunakan skala.

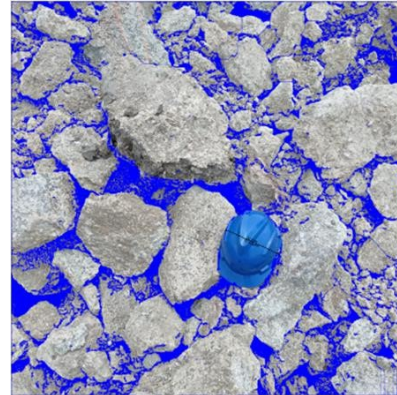


Gambar . Foto Fragmentasi di Lapangan

- Perhitungan Ukuran Fragmentasi

Selanjutnya menginputkan foto fragmentasi yang telah diambil kedalam software *Split Desktop 4.0* dengan tujuan melakukan perhitungan distribusi fragmentasi hasil peledakan. Perhitungan ukuran dimulai dengan membuat skala pembanding, salah satu yang dapat digunakan adalah *safety helmet*. Setelah dimiliki skala pembanding, selanjutnya

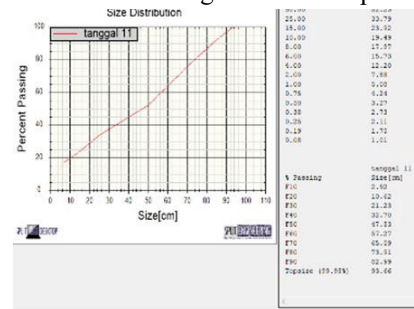
melakukan *deliniasi* terhadap fragmentasi material hasil peledakan baik secara manual maupun otomatis oleh program.



Gambar Hasil Deliniasi Fragmentasi *Split Desktop 4.0*

- Tampilan Grafik Hasil

Setelah deliniasi fragmentasi selesai, hasil perhitungan ukuran fragmentasi dapat dilihat di menu result yang akan menampilkan grafik serta distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan



Tabel. Tabel Hasil Analisis Fragmentasi Split Dekstop 4.0 (cm)

No	Tanggal	Lokasi	Ukuran rata - rata fragmentasi	Indeks Keseragaman	P80
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	27,50	0,71	49,273
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	34,70	0,74	68,483
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	45,80	0,82	79,890
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	25,18	0,72	52,463
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	29,26	0,79	60,110
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	31,68	0,80	60,320
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	22,37	0,79	54,910
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	30,93	0,78	63,057
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	28,43	0,76	57,567
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	34,01	0,68	64,907
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	47,44	0,80	88,307
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	35,17	0,75	68,383
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	27,42	0,74	57,317
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	24,17	0,74	51,810
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	22,29	0,74	47,287
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	29,04	0,68	58,823
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	28,52	0,70	57,547
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	14,11	0,71	29,333
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	31,03	0,67	61,787
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	20,35	0,73	44,850
21	10/12/2024	SUMP	24,77	0,63	49,863
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10_18A	45,54	0,74	80,900
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	23,46	0,65	48,927
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	37,32	0,66	69,197
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	41,77	0,71	70,780
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	36,81	0,75	76,607
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	28,83	0,67	57,310
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	36,44	0,70	68,030
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	32,15	0,77	67,503
30	17/12/2024	SUMP	27,27	0,68	57,020
Rata - rata			30,79	0,73	60,752

Selanjutnya dilanjut dengan menganalisis presentase fragmentasi < 80 cm. Untuk menganalisis presentase fragmentasi < 80 cm di perlukan ukuran rata – rata fragmentasi (Xm) dan index keseragaman (n) dapat di lihat sebagai berikut:

- Karakteristik Ukuran (xc)

$$xc = \frac{Xm}{(0,693)^{1/n}} = \frac{30,79}{(0,693)^{1/0,73}} = 60,86 \text{ cm}$$

- Presentasi Fragmentasi ≥ 80 cm (Rx 80)

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

$$Rx = 2,718 - \left(\frac{80}{60,86}\right)^{0,73} \times 100 \%$$

$$Rx = 24,57 \%$$

- Presentasi Fragmentasi ≤ 80 cm (Yx 80)

$$Yx = 100 \% - 24,57 \%$$

$$= 75,43 \%$$

Keterangan:

Xm : Fragmentasi rata – rata

n : Index Keseragaman

xc : karakteristik Ukuran

Rx80: Fragmentasi ≥ 80 cm

Yx80 : Fragmentasi ≤ 80 cm

Tabel. Hasil Presentasi Fragmentasi Peledakan
<80 cm Split Dekstop 4.0 (%)

No	Tanggal	Lokasi	>80	<80
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	22,82	77,18
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	27,79	72,21
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	33,42	66,58
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	20,32	79,68
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	21,66	78,34
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	23,27	76,73
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	15,05	84,95
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	23,52	76,48
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	22,02	77,98
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	29,00	71,00
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	34,99	65,01
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	27,64	72,36
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	21,51	78,49
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	18,77	81,23
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	16,80	83,20
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	25,18	74,82
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	24,18	75,82
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	9,17	90,83
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	27,08	72,92
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	15,27	84,73
21	10/12/2024	SUMP	23,40	76,60
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10_18A	34,88	65,12
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	21,45	78,55
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	31,77	68,23
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	33,21	66,79
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	28,92	71,08
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	25,32	74,68
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	30,09	69,91
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	24,71	75,29
30	17/12/2024	SUMP	23,82	76,18
Rata - Rata			24,57	75,43

4.2.3 Prediksi Fragmentasi Kuz – Ram

Prediksi ukuran fragmentasi hasil peledakan menggunakan model Kuz-Ram membutuhkan parameter faktor batuan (A), volume batuan terongkar hasil peledakan (V), jumlah bahan peledak (Q), dan *relative weight strength* bahan peledak (RWS). Adapun analisis prediksi fragmentasi metode Kuz – Ram sebagai berikut:

- Analisis Fragmentasi Rata - Rata

$$X_m = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0.8} \times Q^{0.167} \times \left(\frac{E}{828} \right)^{-0.63}$$

$$X_m = 3,53 \left(\frac{2458}{828} \right)^{0.8} \times 828^{0.167} \times \left(\frac{87}{115} \right)^{-0.63}$$

$$X_m = 30,56 \text{ cm}$$

Keterangan :

X_m = Ukuran fragmentasi rata-rata (cm)

A = Faktor batuan (Rock Factor)

V = Volume batuan terbuka (m³)

Q = Berat handak (kg)

E = RWS bahan peledak (DABEX 73 = 87)

Dari perhitungan di atas didapatkan lah ukuran fragmentasi rata – rata yang ada pada PT. Semen Baturaja Tbk yaitu 30,56. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel. Hasil Rata – Rata Fragmentasi Kuz – Ram (cm)

No	Tanggal	Lokasi	X_m
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	24,53
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	29,10
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	30,00
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	36,27
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	29,00
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	20,14
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	25,37
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	27,41
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	25,90
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	29,83
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	30,51
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	32,59
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	29,56
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	27,76
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	27,56
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	22,64
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	31,78
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	25,71
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	39,96
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	36,25
21	10/12/2024	SUMP	21,67
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10 18A	38,40
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	34,29
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	35,18
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	41,36
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	31,96
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	36,88
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	30,27
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	34,83
30	17/12/2024	SUMP	30,09
Rata - rata			30,56

- Analisis Index keseragaman Kuz- ram

Analisis terhadap nilai indeks keseragaman (n) pada tiap blok peledakan. Nilai n yang lebih besar menunjukkan distribusi ukuran fragmentasi yang lebih seragam dan mendekati ukuran rata-rata, sedangkan nilai n yang lebih kecil menunjukkan distribusi ukuran fragmentasi yang lebih bervariasi.

$$n = \left(22 - 14 \frac{B}{De} \right) \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left(\left(1 + \frac{S}{2} \right)^{0.5} \times \frac{Pc}{L} \right)^{1.8}$$

$$n = \left(22 - 14 \frac{2,9}{89} \right) \times \left(1 - \frac{0,14}{2,9} \right) \times \left(\left(1 + \frac{3,2}{2,5} \right)^{0.5} \times \frac{1,8}{4} \right)$$

$$n = 0,85$$

Keterangan:

n : Index Keseragaman

B : *Burden* (m)

S : *spacing* (m)

De : Diameter Lubang Ledak (mm)

W : Standar deviasi lubang ledak (0,14)

Pc : Panjang Kolom Isian (m)

L : Kedalaman Lubang Ledak (m)

Dari perhitungan di atas didapatkanlah indek keseragaman fragmentasi hasil peledakan di PT. Semen Baturaja Tbk menggunakan metode Kuz - Ram yaitu 0,84 yang menunjukan kelas II yaitu tidak seragam. Hasil analisis indek keseragaman metode kuzram PT. Semen Baturaja sebagai berikut:

Tabel. Hasil Rata – Rata Index Keseragaman Kuz- Ram (cm)

No	Tanggal	Lokasi	n
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	0,98
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	0,81
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	0,81
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	0,91
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	0,83
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	0,92
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	0,90
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	0,79
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	0,96
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	0,73
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	0,92
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	0,81
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	0,80
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	0,94
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	0,81
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	0,81
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	0,84
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	0,97
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	0,80
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	0,75
21	10/12/2024	SUMP	1,04
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10 18A	0,75
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	0,75
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	0,86
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	0,73
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	0,75
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	0,74
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	0,89
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	0,88
30	17/12/2024	SUMP	0,88
Rata - rata			0,8

- Analisis P80

Untuk menganalisis Ukuran fragmentasi P80 diperlukan nilai ukuran fragmentasi (X_m) rata-rata dan nilai indeks keseragaman (n) sebagai berikut:

$$P80 = X_m \left(\ln \left(\frac{1}{0,20} \right) \right)^{1/n}$$

$$P80 = 30,56 \left(\ln \left(\frac{1}{0,20} \right) \right)^{1/0,85}$$

$$P80 = 59,84 \text{ cm}$$

Keterangan:

P80 : *Passing* 80 %

X_m : Fragmentasi Rata – Rata (cm)

n : indeks Keseragaman (n)

Dari perhitungan di atas didapatkanlah ukuran P80 pada kegiatan peledakan di PT. Semen Baturaja yaitu berukuran 59,84 cm untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel. Hasil Rata – Rata P80 (cm)

No	Tanggal	Lokasi	P80
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	40,40
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	57,82
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	59,60
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	64,62
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	56,46
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	35,22
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	45,51
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	56,34
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	43,69
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	66,45
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	53,75
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	64,96
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	59,61
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	47,80
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	54,76
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	44,97
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	61,32
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	43,00
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	81,11
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	77,96
21	10/12/2024	SUMP	33,82
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10_18A	82,58
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	74,32
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	66,44
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	92,23
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	68,74
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	80,58
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	57,17
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	66,58
30	17/12/2024	SUMP	57,53
Rata - rata			59,84

Setelah di dapatkan hasil analisis dengan menggunakan metode kuz - ram dilanjutkan dengan menganalisis fragmentasi <80 cm, untuk menganalisis fragmentasi < 80 cm diperlukan data fragmentasi rata – rata (X_m) dann index keseragaman (n) sebagai berikut:

- Karakteristik Ukuran (x_c)

$$x_c = \frac{X_m}{(0,693)^{1/n}}$$

$$x_c = \frac{30,56}{(0,693)^{1/0,85}} = 51,88 \text{ cm}$$

- Presentasi Fragmentasi ≥ 80 cm ($R_x 80$)

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

$$R_x = 2,718 - \left(\frac{80}{51,88} \right)^{0,85} \times 100 \%$$

$$R_x = 20,69 \%$$

- Presentasi Fragmentasi ≤ 80 cm ($Y_x 80$)

$$Y_x = 100 \% - 20,69 \%$$

$$Y_x = 79,31 \%$$

Keterangan:

X_m : Fragmentasi rata – rata

n : Index Keseragaman

x_c : karakteristik Ukuran

$R_x 80$: Fragmentasi ≥ 80 cm

$Y_x 80$: Fragmentasi ≤ 80 cm

Untuk lebih jelasnya hasil fragmentasi kecil dari 80 cm menggunakan metode kuz - ram dapat di lihat sebagai berikut:

Tabel. Hasil Presentasi Fragmentasi Peledakan <80 cm Kuz – Ram (%)

No	Tanggal	Lokasi	>80	<80
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	10,94	89,06
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	20,61	79,39
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	21,42	78,58
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	24,11	75,89
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	19,97	80,03
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	8,36	91,64
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	14,18	85,82
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	19,98	80,02
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	12,95	87,05
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	24,17	75,83
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	18,62	81,38
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	23,76	76,24
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	21,41	78,59
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	15,34	84,66
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	19,19	80,81
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	14,40	85,60
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	22,25	77,75
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	12,51	87,49
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	29,92	70,08
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	28,43	71,57
21	10/12/2024	SUMP	6,84	93,16
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10_18A	29,99	70,01
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	27,12	72,88
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	24,62	75,38
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	32,65	67,35
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	25,09	74,91
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	29,22	70,78
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	19,32	80,68
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	23,72	76,28
30	17/12/2024	SUMP	19,48	80,52
Rata - Rata			20,69	79,31

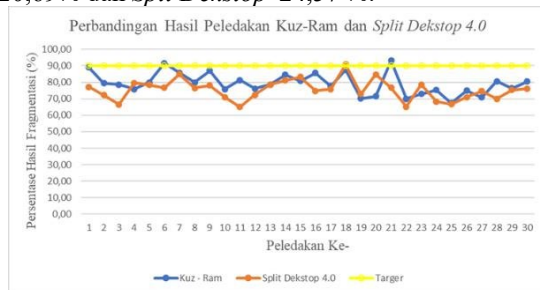
4.2.4 Perbandingan Fragmentasi Kecil dari 80 cm Kuz – Ram Dan *Split Dekstop 4.0*

Setelah dilakukan analisis prediksi menggunakan metode kuz – ram dan *split dektop 4.0* dilanjutkan dengan membandingkan ukuran fragmentasi hasil peledakan kecil dari 80 cm yang dapat di lihat sebagai berikut:

Tabel . Perbandingan Fragmentasi Kecil dari 80 cm Kuz – ram dan *Split Dekstop 4.0* (%)

No	Tgl	Lokasi	>80 Kuz - ram	<80 Split Dekstop 4.0	>80 Split Dekstop 4.0	<80 Split Dekstop 4.0
1	11/11/2024	BTA - 1 12/10	11,08	88,92	22,82	77,18
2	12/11/2024	BTA - 1 12/10	20,76	79,24	27,79	72,21
3	13/11/2024	BTA - 1 25/17 B	21,57	78,43	33,42	66,58
4	14/11/2024	BTA - 1 8/9	33,73	66,27	20,32	79,68
5	18/11/2024	BTA - 1 12/17	20,12	79,88	21,66	78,34
6	18/11/2024	BTA - 1 8/9	15,21	84,79	23,27	76,73
7	19/11/2024	BTA - 1 12/10	14,34	85,66	15,05	84,95
8	19/11/2024	BTA - 1 SUMP	20,13	79,87	23,52	76,48
9	21/11/2024	BTA - 1 25/17	13,10	86,90	22,02	77,98
10	21/11/2024	BTA - 1 12/17	24,33	75,67	29,00	71,00
11	21/11/2024	BTA - 1 12/10	18,79	81,21	34,99	65,01
12	25/11/2024	BTA - 1 8/9	32,32	67,68	27,64	72,36
13	25/11/2024	BTA - 1 5/3	29,70	70,30	21,51	78,49
14	26/11/2024	BTA - 1 15/17B	15,51	84,49	18,77	81,23
15	26/11/2024	BTA - 1 12/10	19,34	80,66	16,80	83,20
16	26/11/2024	BTA - 1 SUMP	14,56	85,44	25,18	74,82
17	28/11/2024	BTA - 1 12/17	22,39	77,61	24,18	75,82
18	28/11/2024	BTA - 1 15/17B	12,67	87,33	9,17	90,83
19	10/12/2024	BTA - 1 40/17C	30,07	69,93	27,08	72,92
20	10/12/2024	BTA - 1 12/17	28,56	71,44	15,27	84,73
21	10/12/2024	SUMP	6,96	93,04	23,40	76,60
22	11/12/2024	BTA - 1 15/10 18A	30,11	69,89	34,88	65,12
23	12/12/2024	BTA - 1 15/17B	27,26	72,74	21,45	78,55
24	12/12/2024	BTA - 1 8/9	33,71	66,29	31,77	68,23
25	13/12/2024	BTA - 1 12/18	32,77	67,23	33,21	66,79
26	13/12/2024	BTA - 1 12/10A	25,24	74,76	28,92	71,08
27	16/12/2024	BTA - 1 12/10A	29,35	70,65	25,32	74,68
28	17/12/2024	BTA - 1 15/17B	21,11	78,89	30,09	69,91
29	17/12/2024	BTA - 1 8/9	34,32	65,68	24,71	75,29
30	17/12/2024	SUMP	21,27	78,73	23,82	76,18
Rata - Rata			22,68	77,32	24,57	75,43

Dari tabel di atas dapat dilihat hasil dari perbandingan presentase fragmentasi kecil dari 80 cm untuk metode Kuz – Ram didapat 79, 69 % dan *Split Dekstop 4.0* 75,43 % sedangkan persentasi besar dari 80 cm menggunakan metode Kuz- Ram 20,69% dan *Spit Dekstop* 24,57 %.

**Gambar.** Grafik Perbandingan PresentasiPerolehan Fragmentasi Hasil Peledakan

Grafik pada gambar di atas menunjukkan bahwa hasil prediksi fragmentasi menggunakan Kuz-Ram yang berwarna biru, maupun ukuran *Split Desktop 4.0* yang berwarna merah menunjukan bahwa pada fragmentasi hasil peledakan pada PT.

Semen Baturaja Tbk masih belum mencapai target fragmentasi dari perusahaan yaitu <80 % sebanyak 90 % dan >80 cm sebanyak 10 %. Oleh karena itu di perlukan perbaikan *burden* dan *spacing* agar fragmentasi hasil peledakan dapat memenuhi target dari PT. Semen Baturaja Tbk.

4.2.5 Rekomendasi *burden* dan *Spacing*

Data yang diperlukan untuk memberikan rekomendasi *burden* dan *spacing* seperti diameter lubang ledak (De), berat jenis bahan ledak (SG) dan densitas batugamping. Adapun data yang di perlukan adalah sebagai berikut:

$$Kb_{std} = 30$$

$$SG = \text{Berat jenis bahan peledak } 1,14 \text{ gr/cc}$$

$$SG_{std} = \text{Berat jenis bahan peledak standar} \\ = 1,20 \text{ gr/cc}$$

$$Ve \text{ dabex} = 5300 \text{ m/s}$$

$$= 17388 \text{ f/s}$$

$$Ve_{std} = 12000 \text{ f/s}$$

$$De = \text{Diameter lubang} = 3 \text{ inci}$$

$$D = \text{Bobot isi batu gamping}$$

$$= 2,23 \text{ ton/m}^3$$

$$= 139 \text{ lb/ft}$$

$$D_{std} = \text{Bobot isi batuan standar} \\ = 2,56 \text{ ton/m}^3 \\ = 160 \text{ lb/ft}$$

Setelah didapatkan data seperti di atas kemudian dilakukanlah analisis untuk memeberikan rekomendasi *burden* dan *spacing* sebagai berikut:

- *Adjusment Factor*

$$AF1 = \left(\frac{D_{std}}{D}\right)^{1/3}$$

$$AF1 = \left(\frac{160}{139}\right)^{1/3}$$

$$= 1,04$$

$$AF2 = \left(\frac{SG \cdot VE2}{SG_{std} \cdot Vestd2}\right)^{1/3}$$

$$AF2 = \left(\frac{1,14 \cdot (17388)^2}{1,2 \cdot (12000)^2}\right)^{1/3}$$

$$= 1,25$$
- $Kb_{terkoreksi} = Kb_{standar} \times Af1 \times Af2$

$$Kb_{terkoreksi} = 30 \times 1,04 \times 1,25$$

$$= 39$$
- *Burden (B)*

$$B = \frac{Kb \cdot De}{39,3}$$

$$= \frac{39,3 \cdot 3,5}{39,3}$$

$$= 3,4 \text{ m}$$
- *Spasi (S)*

$$S = B \times Ks$$

$$= 3,4 \times 1,2$$

$$= 4,1 \text{ m}$$
- *Steming (T)*

$$T = B \times Kt$$

$$= 3,4 \times 0,7$$

$$= 2,3 \text{ m}$$
- *Subdriling (J)*

$$J = B \times Kj$$

$$= 3,4 \times 0,2$$

$$= 0,5 \text{ m}$$
- Kedalaman Lubang (L)

$$L = B \times KI$$

$$= 3,4 \times 1,5$$

$$= 5,1 \text{ m}$$
- Tinggi Jenjang (H)

$$H = L - J$$

$$= 5,1 - 0,5 = 4,6 \text{ m}$$
- Panjang kolom Isian (PC)

$$PC = L - T$$

$$= 5,1 - 2,3$$

$$= 2,8 \text{ m}$$
- Volume Peledakan (V)

$$V = B \times S \times H$$

$$= 3,4 \times 4,1 \times 4,5$$

$$= 62,73 \text{ m}^3$$
- *Loading Density (de)*

$$De = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (D)^2 \times SG \times 1000$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,14 \times 1000$$

$$= 14,43 \text{ Kg/m}$$
- Pemakaian Handak (Q)

$$Q = de \times PC \\ = 14,43 \times 2,8 \\ = 40,4 \text{ kg}$$

- *Powder factor (PF)*

$$PF = Q / V$$

$$= 40,4 \text{ kg} / 62,73 \text{ m}^3$$

$$= 0,64 \text{ kg/m}^3$$
- Fragmentasi Rata Rata

$$Xm = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,167} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$Xm = 3,53 \left(\frac{62,73}{40,4}\right)^{0,8} \times 40,4^{0,167} \times \left(\frac{87}{115}\right)^{-0,63}$$

$$Xm = 11,08 \text{ cm}$$
- $n = \left(22 - 14 \frac{B}{De}\right) \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(\left(1 + \frac{S}{B}\right)/2\right)^{0,5} \times \frac{PC}{L}$

$$n = \left(22 - 14 \frac{3,4}{89}\right) \times \left(1 - \frac{0,14}{3,4}\right) \times \left(\left(1 + \frac{4,1}{3,4}\right)/2\right)^{0,5} \times \frac{2,8}{5,1}$$

$$n = 2,8$$
- $P80 = Xm \left(\ln\left(\frac{1}{0,20}\right)\right)^{1/n}$

$$P80 = 11,08 \left(\ln\left(\frac{1}{0,20}\right)\right)^{1/n}$$

$$P80 = 6,17 \text{ cm}$$
- Karakteristik Ukuran (xc)

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

$$= \frac{11,08}{(0,693)^{2,8}} = 5,7 \text{ cm}$$
- Presentasi Fragmentasi $\geq 80 \text{ cm}$ (Rx 80)

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

$$Rx = 2,718 - \left(\frac{80}{5,7}\right)^{2,8} \times 100 \% = 8,6 \%$$
- Presentasi Fragmentasi $\leq 80 \text{ cm}$ (Yx 80)

$$Yx = 100 \% - 8,6 \% = 91,4 \%$$

Setelah dilakukan analisis maka didapatkan remokendasi *burden* dan *spacing* yang dapat di lihat sebagai berikut:

Tabel . Geometri Usulan Metode RL ASH

Geometri Usulan Metode RL ASH	
<i>Burden (B)</i>	3,4 m
<i>Spacing (S)</i>	4,1 m
<i>Steming (T)</i>	2,3 m
<i>Subdriling (J)</i>	0,5 m
Kedalaman Lubang(L)	5,1 m
Tinggi Jenjang (H)	4,5 m
Panjang Kolom Isian (PC)	2,8 m
Volume Peledakan (V)	62,73 m ³

Dengan rekomendasi pada tabel di atas maka didapatkan ukuran fragmentasi seperti tabel di bawah:

Tabel. Ukuran Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Geometri Usulan

Ukuran Fragmentasi Peledakan Berdasarkan Usulan Geometri	
Rata – Rata Fragmrntasi	11,08 cm
Indek Keceragaman	2,8
P80	6,17 cm
Fragmentasi > 80 cm	8,6 %
Fragmentasi <80 cm	91.4 %

Dari Tabel 19 dan 20 dapat kita lihat *burden* 3,4 m, *spacing* 4,1 m, *steming* 2,3 m, *subdrilling* 0,5 m, kedalaman lubang 5,1 m, tinggi jenjang 4,5 m, panjang kolom isian 2,8 m dan volume peledakan 62,73 m³

Dengan geometri peledakan di atas maka di dapatkan ukuran fragmentasi rata – rata 11,08 cm, indeks keseragaman 2,8, p80 6,17 cm, fragmentasi > 80 cm 8,6% dan fragmentasi <80 cm 91,4% dari hal ini dapat disimpulkan bahwa target perusahaan dapat terpenuhi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisis dan pengamatan langsung di lapangan menggunakan metode Kuz – Ram di dapatlah nilai *rock factor* di PT. Semen Baturaja Tbk yaitu rata – rata 3,53. Hal ini disebabkan oleh karakteristik massa batuan yang dinilai dari sifat hancurnya bersifat atau *rock mass deskriptor (RMD)* yang memiliki sifat *bloky* dikarenakan bentuk hancuran pada massa batuan seperti bentuk balok, kemudian jarak tegak lurus antara suatu bidang lemah ke bidang lemah yang lain memiliki jarak antara 10 cm sampai dengan 100 cm yang menunjukkan bahwa sifat batuanannya, dan yang terakhir orientasi massa batuan yang dengan arah peledakan memiliki sifat *horizontal*
2. Dari hasil analisis menggunakan metode *split desktop 4.0* didapatkan distribusi ukuran rata – rata fragmentasi 30,79 cm, indeks keseragaman 0,73 yang menunjukkan indeks keseragaman kelas I yaitu sangat tidak seragam/sangat beragam, lalu P80 didapatkan 60,75 cm. Hasil analisis menggunakan metode Kuz-Ram didapatkan distribusi fragmentasi ukuran rata – rata 30,55 cm, lalu indeks keseragaman diperoleh 0,85 yang menunjukkan indeks keseragaman kelas II yaitu tidak seragam/beragam, dan ukuran P80 didapatkan 59,84 cm. Kemudian perolehan persentase ukuran <80 cm per-peledakan di dapatlah sebanyak rata-rata 75,43 % dan >80 didapatkan 24,57% menggunakan metode *split desktop 4.0* lalu ukuran <80 cm menggunakan Kuz – Ram didapatkan 79,31 % dan >80 cm di dapatkan 20,69 %. Hal ini menunjukkan bahwa persentase perolehan fragmentasi hasil peledakan di PT. Semen Baturaja belum memenuhi target yaitu <80 sebanyak 90 % dan >80 cm sebanyak 10 %.oleh karena itu di perlukan Perbaikan *spacing* dan *burden* agar

perolehan fragmentasi memenuhi target perusahaan.

3. Dari analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode RL ASH maka didapatkan perbaikan *burden* 3,4 m dan *spacing* 4,1 m dengan menggunakan panjang kolom isian yang paling besar dari geometri aktual di PT SMBR yaitu 2,8 dimana panjang kolom isian ini adalah kolom isian paling besar yang diizinkan oleh perusahaan PT. Semen Baturaja Tbk. Dari *burden* dan *spacing* yang di usulkan maka dapat menghasilkan ukuran fragmentasi < 80 cm sebanyak 91,4 % dan *boulder* yang didapatkan hanya 8,6 %. Hal ini menunjukkan dengan perbaikan yang diusulkan dapat memenuhi target fragmentasi dari perusahaan PT. Semen Baturaja Tbk

5.2 Saran

1. Diperlukan analisis yang lebih dalam dan pemantauan terhadap fragmentasi hasil peledakan agar dapat memenuhi target fragmentasi perusahaan.
2. Diperlukan pengukuran yang tepat terhadap *burden* dan *spacing* saat kegiatan pemboran agar plan dari perusahaan dapat diaplikasikan di lapangan dan terhindar dari kesalahan.

Referensi

- [1] Frianto, R., Nurhakim, N., & Riswan, R. (2017). Kajian Teknis Geometri Peledakan Pada Keberhasilan Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan. Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, 11(1), 56-67.
- [2] Ash, R. L. (1967). Field Conditions and Their Relationships to Blasting Design. Proceedings, 28th Annual Mining Symposium, Univ. of Minn., Duluth, Minn.,(1967), 189–196
- [3] Kuznetsov, V.M. 1973. The Mean Diameter of Fragments Formed by Blasting Rock J.Min Sci; 9 pp. 144-148
- [4] Cunningham, C.V.B. 2005. The Kuz-Ram Fragmentation Model-20 Years on. South Africa. Brighton Conference Proceeding, R. Holmberg et al, ISBN 0-9550290-007
- [5] Dahana. 2022. Total Explosives Solution. Dahana Persero.
- [6] Ash, R. L. (1968). The design of blasting rounds. Surface Mining, 387.
- [7] Nata, R. A., Putra, J. C. E., & Riam Marlina, A. (2022). Evaluasi Kegiatan Pengeboran untuk Peledakan dalam Rangka Meningkatkan

Produktivitas Pengeboran di PT. Ansar Terang
Crushindo Pangkalan Koto Baru Kabupaten
Lima Puluh Kota.

- [8] Lilly PA. An empirical method of assessing
rock mass blastability. In: Davidson JR, ed.
Proceedings of the Large Open Pit Mining
Conference, the Aus IMM. Victoria: Parkville;
1986:89–92.