

**EVALUASI DAMPAK GEOMETRI PELEDAKAN AKTUAL TERHADAP
FRAGMENTASI BATUAN PADA PENAMBANGAN BATU KAPUR*****EVALUATION OF THE IMPACT OF ACTUAL BLASTING GEOMETRY ON
ROCK FRAGMENTATION IN LIMESTONE MINING***H. Prabowo^{1,2*}, E. Amrina², M. Rifaldi³,^{1,2}Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Program Pascasarjana, Universitas Andalas Padang³Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang^{1,2}Limau Manis, Kecamatan Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat³Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang Sumatera Barate-mail: ¹heri.19782000@ft.unp.ac.id, ²elita@eng.unand.ac.id, ³rifaldi22@gmail.com**ABSTRAK**

Batu kapur ditambang oleh CV Tekad Jaya dengan menggunakan sistem penambangan terbuka dengan teknik penambangan *quarry*. Metode peledakan digunakan dalam kegiatan pemecahan batuan. Hasil dari prosedur peledakan belum ideal karena masih terdapat hasil fragmentasi yang lebih besar dari 80 cm sebanyak 31,35%. Hal ini belum sesuai dengan target ukuran fragmen >80 cm tidak melebihi 10 persen seperti yang direncanakan. Untuk mencapai hasil fragmentasi yang diinginkan, Teori Kuz-Ram digunakan untuk memperbaiki geometri peledakan berdasarkan permasalahan tersebut. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi dampak geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan. Data aktual geometri peledakan; *burden* 2,18 meter, spasi 3,16 meter, kedalaman lubang ledak 5,53 meter, tinggi jenjang 5,19 meter, *stemming* 3,09 meter, *subdrilling* 0,34 meter, pengisian kolom 2,45 meter, dan *powder factor* 0,26 kg/m³. Geometri tersebut menghasilkan fragmentasi *boulder* ukuran >80 cm sebanyak 31,35%. Perbaikan usulan geometri peledakan dengan menggunakan teori Kuz-Ram yaitu *burden* 1,9 meter, spasi 2,85 meter, kedalaman lubang ledak 6,46 meter, tinggi jenjang 5,99 meter, *stemming* 1,33 meter, *subdrilling* 0,47 dan *powder factor* 0,61 kg/m³. Setelah dilakukan perhitungan, proporsi bongkahan material yang berukuran lebih besar dari 80 cm menjadi 3,19%. Hal ini telah sesuai dengan target perusahaan yaitu ukuran fragmentasi hasil peledakan > 80 cm kurang dari 10%.

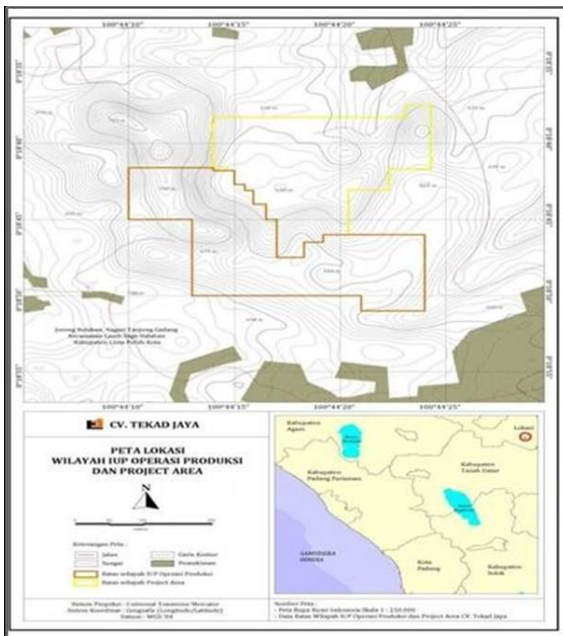
Kata kunci: fragmentasi, geometri, *software split desktop*, kuz-ram**ABSTRACT**

Limestone mined by CV. Tekad Jaya uses an open pit mining system with quarry mining techniques. The blasting method is used in rock breaking activities. The results of the blasting procedure are not ideal because there are still fragmentation results greater than 80 cm as much as 31.35%, this is not in accordance with the target size of fragments > 80 cm not exceeding 10 percent as planned. To achieve the desired fragmentation results, Kuz-Ram theory is used to improve the blasting geometry based on these problems. The purpose of this study was to evaluate the blasting geometry for rock fragmentation. Actual data of blasting geometry; *burden* 2.18 meters, spacing 3.16 meters, blast hole depth 5.53 meters, height 5.19 meters, *stemming* 3.09 meters, *subdrilling* 0.34 meters, column filling 2.45 meters, and Powder Factor 0.26 kg/m³. Produced 31.35% fragmentation of boulder size > 80 cm. Improvements to the proposed blasting geometry by using the Kuz-Ram theory; *burden* 1.9 meters, spacing 2.85 meters, blast hole depth 6.46 meters, height 5.99 meters, *stemming* 1.33 meters, *subdrilling* 0.47 and Powder Factor 0.61 kg/m³. After calculating, the proportion of chunks of material that are larger than 80 cm is 3.19%, which is in accordance with the company's target size of fragmentation resulting from blasting > 80 cm, less than 10%.

Keywords: fragmentation, geometry, *software split desktop*, kuz-ram

PENDAHULUAN

CV Tekad Jaya salah satu Badan Usaha Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) yang bergerak di bidang pertambangan, khususnya pertambangan batu kapur. Berlokasi di Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat, di Jorong Bulakan, Nagari Tanjung Gadang, dan Jorong Lareh Sago Halaban. Pengambilan data aktual geometri peledakan berada di wilayah IUP Operasi Produksi CV Tekad Jaya (Gambar 1).



Gambar 1. Wilayah IUP Operasi Produksi dan Peta Topografi CV Tekad Jaya

CV Tekad Jaya dalam melakukan penambangan menggunakan sistem penambangan terbuka (tambang terbuka). Tingkat kekerasan batuan menunjukkan bahwa penghancuran batu kapur yang dilakukan oleh CV Tekad Jaya menggunakan teknik pemboran dan peledakan. Pengeboran dilakukan dengan maksud untuk membuat lubang ledak yang nantinya akan diisi dengan bahan peledak [1], [2]. Setelah itu dilakukan peledakan, dan *excavator* akan digunakan untuk menggali material hasil peledakan. Peledakan adalah operasi penghancuran yang menggunakan bahan peledak untuk membraikan tanah lapisan atas dan memfasilitasi penghancuran dengan cara mekanis [3].

Menurut F. Assany and R. Kopa (2021) [4] restrukturisasi geometri peledakan menggunakan R.L. Ash dibuat untuk mengoptimalkan geometri ledakan terhadap fragmentasi untuk mencapai tujuan produktivitas peralatan gali muat. R.L. Ash (1967) membuat panduan untuk menghitung geometri permukaan ledakan di tempat yang berbeda, berdasarkan pengalaman empiris yang diperoleh dengan jenis pekerjaan dan batu yang berbeda. Sehingga R.L. Ash

berhasil mengajukan empirik yang digunakan sebagai pedoman dalam rancangan awal peledakan batuan [5]. ICI Explosives membuat panduan menghitung geometri peledakan dengan “coba-coba” atau *trial and error*. Tinggi jenjang dan diameter lubang ledakan (D) merupakan faktor yang digunakan sebagai pedoman dalam menghitung geometri ledakan [6].

Dari hasil pengamatan lapangan penulis mengamati di CV Tekad Jaya bahwa sekitar 31,35% dari peledakan menghasilkan fragmen batuan seukuran bongkah (>80 cm). Di sisi lain, perusahaan telah menetapkan bahwa target fragmentasi yang lebih besar dari 80 cm adalah kurang dari 10%. Jenis batuan, densitas batuan, kekuatan batuan, struktur batuan, jenis peledakan, metode peledakan, bentuk peledakan, semuanya berdampak pada keberadaan bongkah-bongkah batuan selama kegiatan pembersihan batuan [2], [4]. Selain itu, ditemukan juga retakan di beberapa lokasi yang membuat material menjadi keras dan sulit untuk dimuat. Proses penambangan selanjutnya, khususnya proses pengangkutan dan pemuatan, akan dipengaruhi oleh terjadinya risiko fragmentasi yang tidak dapat diprediksi secara akurat [5].

Untuk memperkirakan ukuran batuan memerlukan perhitungan yang cepat. Perangkat lunak yang digunakan adalah split desktop 2.0, sebuah program untuk membantu menganalisis gambaran fragmentasi material hasil peledakan dengan menganalisa ukuran fragmen batuan [6], [7]. Hasilnya berupa diagram tingkat ukuran diskontinuitas normal yang dilewati akibat peledakan. Saat ini sudah ada parameter untuk menentukan proporsi fragmentasi berbasis digital dan perangkat lunak. Jika hal ini dilakukan secara pengamatan fisik, maka akan merepotkan dan sulit untuk dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencapai hasil fragmentasi yang diinginkan. Teori Kuz-Ram digunakan untuk memperbaiki geometri peledakan berdasarkan permasalahan tersebut. Geometri peledakan aktual akan dievaluasi kemudian dilakukan usulan perbaikan untuk perhitungan ulang disain dari geometri peledakan. Harapannya hasil peledakan menghasilkan fragmen boulder ukuran > 80 cm kurang dari 10%.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada tanggal 14 September hingga 26 Oktober 2022 di CV Tekad Jaya, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan. Penelitian terapan adalah penelitian yang bertujuan untuk menambah pengetahuan ilmiah dengan tujuan praktis dan mencari solusi dari permasalahan tertentu secara langsung dapat diterapkan untuk menghindari masalah yang dihadapi [8].

Perhitungan geometri peledakan aktual menggunakan teori R.L. Ash untuk mengoptimalkan geometri ledakan terhadap fragmentasi. Persentase ukuran fragmentasi

hasil peledakan menggunakan software split deskstop 2.0. Usulan geometri peledakan menggunakan Teori Kuz-Ram untuk menghasilkan fragmentasi boulder sesuai target perusahaan yaitu kurang dari 10% dengan harapan tujuan produktivitas peralatan gali muat dapat tercapai.

Peledakan

Tujuan peledakan adalah untuk memisahkan batuan dari batuan induknya, sehingga menghasilkan batuan yang lebih kecil. Bahan kimia digunakan untuk meledakkan material yang digunakan dalam penggalian, sehingga menimbulkan ledakan agar batuan dapat terpecah. Menurut Sujiman, Ibnu Hasyim, dan Adi Putra (2014), desain peledakan dan kondisi geologi dari lapisan batuan harus diperhatikan untuk mencapai fragmentasi dan ukuran yang seragam.

Geometri Peledakan

Perhitungan geometri peledakan yang baik akan membuat pemecah batu agar sesuai dengan ukuran *excavator*, tidak ada potongan, kondisi pijakan yang stabil, dan permukaan hasil peledakan yang lebih baik bagi peralatan mekanis dan pekerja adalah keuntungan dari perhitungan geometri peledakan yang baik [9]. Desain peledakan dan geologi lapisan batuan harus diperhatikan untuk mendapatkan fragmentasi yang seragam dan sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Rumusan Geometri Peledakan Batuan Menurut R. L. Ash

1. *Burden* (B)

Muatan adalah jarak vertikal terpendek antara pesawat bebas dan selungkup berisi bahan peledak. Harga rasio beban (*Kb*) harus ditentukan sebelum jumlah beban dapat ditentukan. Bahan peledak standar memiliki berat jenis 1,2, kecepatan detonasi 12000 fps, dan *Kb* (rasio beban) standar 30. Batuan standar memiliki berat isi 160 lb/ft³. Jika batu atau bahan peledak yang akan diledakkan tidak berukuran normal, biaya *kb* harus diubah oleh faktor modifikasi.

$$B = \frac{Kb \times De}{12} \tag{1}$$

Ketika menentukan beban, diameter lubang ledak diperhitungkan di samping konstanta *Kb*, yang bervariasi tergantung pada kelompok atau jenis batuan dan bahan peledak. Persamaan untuk menghitung *KB*, *AF1*, dan *AF2* tercantum di bawah ini.

$$AF_1 = \left(\frac{SGVe^2}{SG_{std}Ve_{std}^2} \right)^{1/3} \tag{2}$$

$$AF_2 = \left(\frac{D_{std}}{D} \right)^{1/3} \tag{3}$$

$$Kb = Kb_{std} \times AF_1 \times AF_2 \tag{4}$$

2. *Spacing* (S)

Istilah "jarak" mengacu pada jarak yang memisahkan satu lubang ledak dengan lubang ledak lainnya secara berurutan. Harga beban memiliki dampak yang signifikan terhadap harga spasi [1], [3]. Kondisi yang digunakan untuk menemukan berapa banyak pendispersi adalah sebagai berikut:

$$S = Ks \times B \tag{5}$$

3. *Stemming* (T)

Stemming adalah bagian lubang ledak di atas tiang ledak yang tidak diisi bahan peledak, melainkan berisi potongan-potongan dan material lepas lainnya. Tujuan utama dari *stemming* adalah untuk menahan gas peledakan sehingga energi peledakan dapat didistribusikan secara merata ke seluruh lubang ledak [10], [11]. Nilai *burden* juga mempengaruhi panjang *stemming*. Nilai *stemming* ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T = Kt \times B \tag{6}$$

4. *Subdrilling* (J)

Subdrilling adalah kedalaman lubang tembak yang dilebihkan dari permukaan jenjang di bawahnya; bertujuan untuk memperoleh permukaan yang rata dengan permukaan jenjang tersebut [2]. Nilai *subdrilling* ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$J = Kj \times B \tag{7}$$

5. Kedalaman dari suatu lubang ledak (H)

Jumlah level dan *subdrilling* menentukan kedalaman lubang ledak yang akan digali. Beban tidak boleh kurang dari kedalaman lubang ledak. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya *overbreak* [3]. Perhitungan benturan dapat digunakan untuk menentukan kedalaman bukaan benturan atau dapat disesuaikan agar sesuai dengan level saat ini. Rumus yang dapat digunakan untuk menemukannya adalah sebagai berikut jika ditentukan dengan menggunakan geometri peledakan (Ash, 1990):

$$H = Kh \times B \tag{8}$$

6. Panjang dari kolom isian (PC)

Panjang kolom pengisian adalah panjang kolom lubang tembak yang diisi bahan peledak. Kedalaman segmen ini sesuai dengan panjang bukaan terminasi pendek relatif terhadap panjang batang. Rumus yang digunakan adalah:

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

Rumus Geometri Peledakan Batuan Menurut C.J. Konya

1. Burden (B)

Menggunakan diameter lubang ledak, jenis batuan, dan kerapatan ledakan untuk menentukan beban. Dalam teknik penambangan [12], Konya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$B = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{0,33} \quad (10)$$

2. Spacing (S)

Rasio tinggi tangga terhadap jarak beban dan jenis detonator elektrik yang digunakan menentukan jarak spasi. Level rendah didefinisikan dengan rasio L/B kurang dari atau sama dengan 4, sedangkan level tinggi didefinisikan dengan rasio yang lebih besar dari atau sama dengan 4. Untuk menentukan jarak spasi sesuai dengan Konya ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak spasi

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

$$S = (L + 7B)/8 \quad (11)$$

3. Stemming (T)

Material yang menutupi lubang ledak di atas kolom muatan bahan peledak disebut *stemming*. Batu terbang akan terjadi jika *stemming* tidak cukup panjang. Tekanan pada bidang bebas atas dan samping harus seimbang karena panjang *stemming* harus sama dengan panjang *burden*. Perhitungan Konya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = 0,070 \times B \quad (12)$$

4. Subdrilling (J)

Subdrill adalah lubang ledakan di bawah permukaan yang dapat digunakan untuk membuat lantai yang baik. Konya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$J = 0,30 \times B \quad (13)$$

5. Kedalaman lubang ledak (H)

Ketinggian level, beban, dan arah pengeboran semuanya mempengaruhi kedalaman lubang ledak. Jumlah dari besaran stemming dan pemuatan baris menentukan kedalaman lubang ledakan [13]. Laju produksi (kapasitas muatan) dan pertimbangan geoteknik biasanya menentukan kedalaman lubang ledak.

$$H = L + J \quad (14)$$

6. Panjang kolom isian (PC)

Tingkat material pengisi yang tidak stabil adalah kontras antara kedalaman lubang ledak dan *stemming*. Menurut N. A. Ampulembang, dkk (2020) [14] Teknik Peledakan Konya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PC = H - T \quad (15)$$

Distribusi Hasil Peledakan

Konsentrasi isian (*Loading density*)

Ketebalan muatan - jumlah muatan berbahaya per meter panjang bagian - tidak boleh ditetapkan sebelum bukaan pengakhiran dapat ditentukan. Persamaan R.L. Ash (1990) dapat digunakan untuk menentukan ketebalan muatan, yaitu [9]:

$$De = 1/4 \times \pi \times (De)^2 \times SG \quad (16)$$

Rumus berikut ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang tembak:

$$E = De \times PC \quad (17)$$

Volume hasil peledakan

Beban, jarak, kedalaman, dan jumlah lubang ledak semuanya mempengaruhi volume batuan yang diledakkan. Gunakan rumus berikut ini untuk menentukan volume peledakan per lubang:

$$V = B \times S \times H \quad (18)$$

Powder Factor (PF)

Powder Factor adalah angka yang menyatakan perbandingan jumlah bahan yang diledakkan dengan jumlah bahan peledak yang digunakan, dalam kg/m³.

$$PF = \frac{\text{Jumlah bahan peledak}}{\text{Volume peledakan}} \quad (19)$$

Perhitungan Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

Diskontinuitas adalah istilah umum untuk ukuran fragmen batuan yang terkena dampak. Proses selanjutnya menentukan ukuran fragmentasi. Ukuran fragmentasi yang ideal adalah 30 cm dan ukuran fragmentasi maksimum yang dapat masuk ke dalam crusher adalah 80 cm. Persamaan Kuznetsov 1973 dapat digunakan untuk menghitung ukuran peledakan rata-rata [7].

$$X = A_o \times \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63} \quad (20)$$

Rumus indeks keseragaman (n) digunakan untuk memastikan proporsi material batuan yang telah dipecah selama peledakan. Indeks keseragaman batuan dikatakan tinggi jika lebih besar dari 1 sesuai dengan rumus berikut:

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{D} \right] \times \left[\frac{1 + \frac{S}{B}}{2} \right]^{0,5} \times \left[1 - \frac{W}{B} \right] \times \left[\frac{PC}{L} \right] \quad (21)$$

Dengan menggunakan rumus Singgih Saptono, nilai ukuran (Xc) dapat ditentukan (2006:77)

$$Xc = \frac{x}{(0,693)^{\frac{1}{n}}} \quad (22)$$

Metode Pengukuran Fragmentasi Menggunakan Software Split Desktop

Split Desktop adalah perangkat lunak untuk memproses gambar yang menggunakan analisis gambar skala abu-abu digital untuk menentukan distribusi ukuran fragmen batuan [15]. Dengan menggunakan kamera digital, pengambilan gambar dari video, atau foto yang dipindai, gambar skala abu-abu dapat diperoleh secara manual. Gambar yang akan digunakan dalam Split diambil dengan kamera digital. Split memiliki ukuran gambar maksimum 800 x 600 piksel, sehingga ukuran gambar maksimum harus diperhitungkan selama pengambilan sampel, karena pemrosesan gambar mungkin diperlukan.

Split Desktop memiliki dua format yaitu perangkat lunak Split Desktop yang merupakan versi offline perangkat lunak Split "bantuan pengguna" yang dapat digunakan pada gambar yang tersimpan dan perangkat lunak Split-

Otomatis, yang beroperasi secara terus menerus dan mengambil gambar dari ban berjalan, tumpukan sampah, truk pengangkut, tumpukan lindi, titik pengambilan, tempat pembuangan limbah, tempat penimbunan, ban berjalan, atau lokasi lain di mana gambar fragmen batuan yang jelas dapat diperoleh dapat menjadi subjek gambar ini [4].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Peledakan Aktual

Dari tanggal 23 September 2020 hingga 17 Oktober 2020, peledakan di CV Tekad Jaya diamati sebanyak lima kali. Foto-foto fragmentasi peledakan dan geometri peledakan aktual diambil selama kegiatan berlangsung. Dengan mengukur secara langsung beban lubang ledak, jarak, dan kedalaman, serta tinggi jenjang dan parameter lainnya, data geometri peledakan aktual dikumpulkan secara manual. Tabel 2 menunjukkan data aktual untuk geometri ledakan.

Tabel 2. Data perhitungan peledakan aktual di CV Tekad Jaya

No	Parameter Geometri Peledakan	Periode Peledakan (September – Oktober 2020)					Rata - rata
		23 Sept	28 Sept	8 Okt	12 Okt	17 Okt	
1	Burden (B)	2,22 m	2,16 m	2,14 m	2,25 m	2,13 m	2,18 m
2	Spasi (S)	3,11 m	3,12 m	3,21 m	3,13 m	3,23 m	3,16 m
3	Kedalaman Lubang Ledak (H)	5,56 m	5,63 m	5,46 m	5,51 m	5,49 m	5,53 m
4	Tinggi Jenjang (L)	5,25 m	5,21 m	5,14 m	5,23 m	5,12 m	5,19 m
5	Subdrilling (T)	0,31 m	0,42 m	0,32 m	0,28 m	0,37 m	0,34 m
6	Stemming (T)	2,82 m	2,92 m	3,08 m	3,21 m	3,43 m	3,09 m
7	Powder Column (PC)	2,74 m	2,71 m	2,38 m	2,30 m	2,15 m	2,45 m
8	Diameter Lubang Ledak (de)	3 inch/76	3 inch/76	3 inch/76	3 inch/76	3 inch/76	3 inch/76
		2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
9	Powder Factor (PF)	0,29 kg/m ³	0,30 kg/m ³	0,26 kg/m ³	0,24 kg/m ³	0,23 kg/m ³	0,26 kg/m ³
10	Jumlah Lubang	79 buah	65 buah	60 buah	72 buah	70 buah	69,2 buah

Tabel 3. Data perhitungan untuk fragmentasi peledakan batuan menggunakan rumus Kuz-Ram

No	Tanggal Peledakan	Ukuran (size) %	Ukuran (size) %
		Powder Factor	Kuz-Ram
1	23/Sep/2022	0,29	29,81
2	28/Sep/2022	0,30	31,03
3	8 Okt/2022	0,26	31,03
4	12/Okt 2022	0,24	32,30
5	17/Okt 2022	0,23	32,62
Rata – rata		0,26	31,35

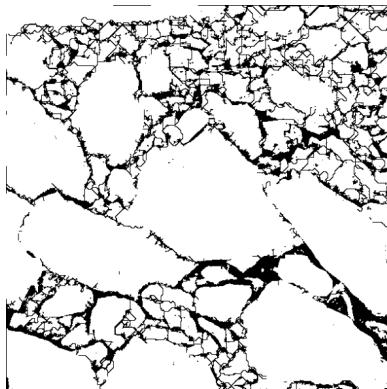
Persentase *boulder* berukuran 80 cm tertahan berdasarkan bentuk ledakan sebenarnya yang ditentukan

dengan menggunakan rumus Kuz-Ram ditunjukkan pada Tabel 3. Secara keseluruhan, rata-rata fragmentasi *boulder* di CV Tekad Jaya adalah 31,35%, sedangkan target perusahaan adalah kurang dari 10%.

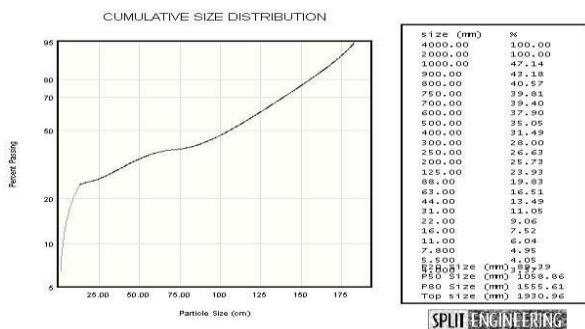
Distribusi Fragmentasi Batuan Dengan Software Split Desktop

Dengan menggunakan foto digital, Split Desktop memeriksa ukuran fragmentasi batuan. Bongkahan fragmentasi yang diledakkan sesuai standar perusahaan berukuran kurang dari 80 cm.

Peledakan pada tanggal 23 September 2022



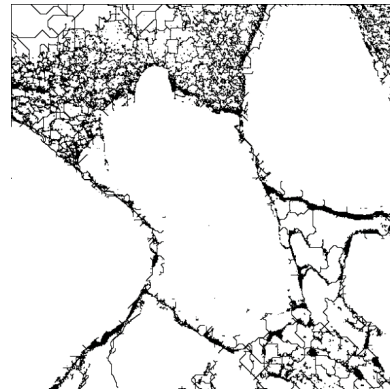
Gambar 2. Image analysis dengan Split Desktop untuk peledakan tanggal 23 September 2022



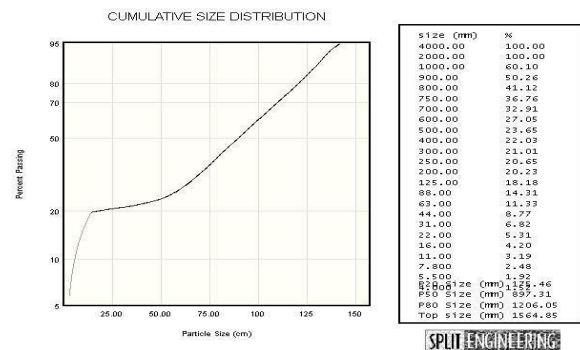
Gambar 3. Hasil analisis dengan Split Desktop pada fragmentasi tanggal 23 September 2022

Berdasarkan target presentasi *boulder* yang ditetapkan, persentase fragmentasi batuan hasil peledakan dengan pada tanggal 23 September 2022 yaitu ukuran lolos 80 cm sebesar 40,57 persen dan persentase tertahan 59,43 persen. Masih dikategorikan sebagai fragmentasi yang kurang baik.

Peledakan pada tanggal 28 September 2022



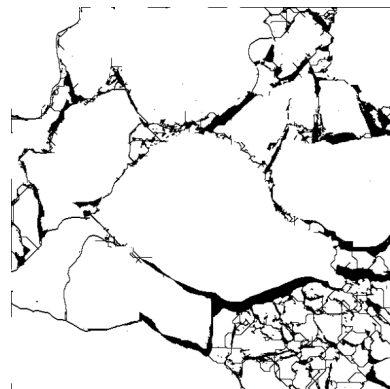
Gambar 4. Image analysis dengan Split Desktop peledakan tanggal 28 September 2022



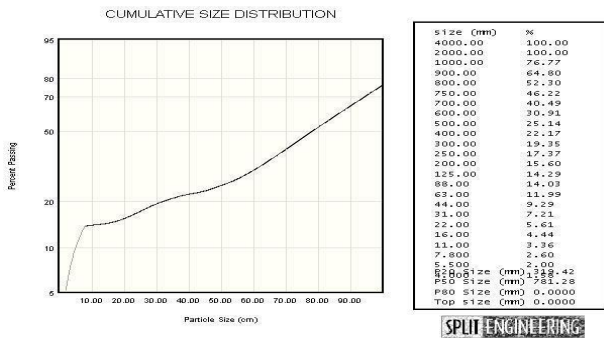
Gambar 5. Hasil analisis dengan Split Desktop pada fragmentasi tanggal 28 September 2022

Persentase fragmentasi batuan yang disebabkan oleh peledakan pada tanggal 28 September 2020 dengan ukuran umpan 80 cm yaitu ukuran lolos 41,12 persen dan tertahan 58,88 persen. Masih termasuk kategori fragmentasi yang kurang baik.

Peledakan pada tanggal 8 Oktober 2022



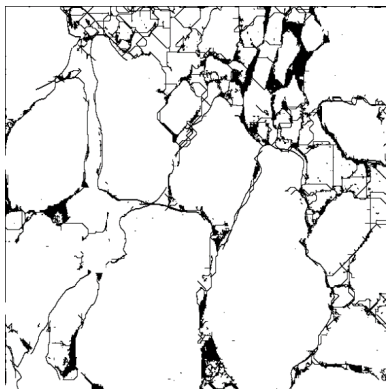
Gambar 6. Image analysis dengan Split Desktop untuk peledakan tanggal 8 Oktober 2022



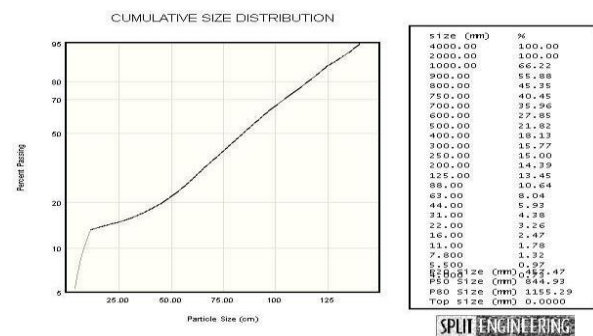
Gambar 7. Hasil analisis dengan split desktop pada fragmentasi tanggal 8 Oktober 2022

Persentase fragmentasi batuan yang disebabkan oleh peledakan pada tanggal 28 September 2020 dengan ukuran umpan 80 cm yaitu lolos sebesar 52,30 persen dan tertahan sebesar 47,70 persen. Dengan demikian dikategorikan sebagai fragmentasi yang kurang baik [16].

Peledakan pada tanggal 12 Oktober 2022



Gambar 8. Image analysis dengan Split Desktop untuk peledakan tanggal 12 Oktober 2022

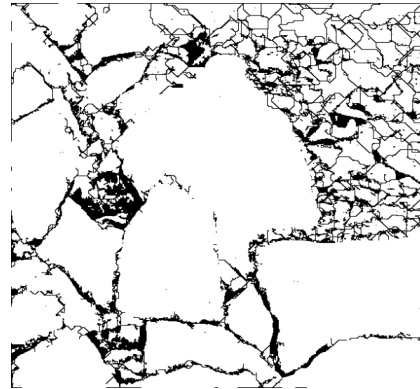


Gambar 9. Hasil analisis dengan split desktop pada fragmentasi tanggal 12 Oktober 2022

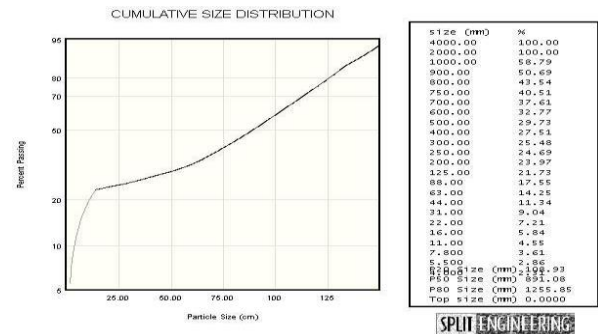
Persentase fragmentasi batuan yang disebabkan oleh peledakan dengan Split Desktop pada tanggal 28

September 2020 yaitu ukuran lolos sebesar 45,35 persen dan tertahan sebesar 54,65 persen. Termasuk kategori sebagai fragmentasi yang kurang baik.

Peledakan pada tanggal 17 Oktober 2022



Gambar 10. Image analysis dengan Split Desktop untuk peledakan tanggal 17 Oktober 2022



Gambar 11. Hasil analisis dengan split desktop pada fragmentasi tanggal 17 Oktober 2022

Persentase fragmentasi batuan yang disebabkan oleh peledakan dengan Split Desktop pada tanggal 28 September 2022 dengan ukuran umpan 80 cm yaitu lolos sebesar 43,54 persen dan tertahan 56,46 persen. Masih dikategorikan sebagai fragmentasi yang buruk.

Tabel 4. Data fragmentasi batuan rata-rata dari ledakan nyata menggunakan Split Desktop

No	Tanggal Peledakan	Ukuran (size)	Ukuran (size)
		%	%
		Persentase tertahan	Persentase lolos
1	23/Sep/2022	59,43	40,57
2	28/Sep/2022	58,88	41,12
3	8 Okt/2022	47,70	52,30
4	12/Okt 2022	54,65	45,35
5	17/Okt 2022	56,46	43,54
Rata – rata		55,40	44,60

Tabel 4 menampilkan persentase peledakan berbasis geometri peledakan aktual terhadap bongkah berukuran 80 cm yang tertahan. Berdasarkan persentase *boulder* yang telah ditentukan, analisis menggunakan perangkat lunak split desktop menunjukkan tingkat fragmentasi *boulder* sebesar 55,40% secara keseluruhan dan rata-rata 44,60% *boulder* yang berukuran 80 cm, melebihi target perusahaan sebesar 10%.

Split Desktop dan Kuz-Ram memiliki rasio fragmentasi sebesar 1,76 sebagai hasilnya. Nilai perbandingan ini akan dihubungkan dengan hasil fragmentasi dari geometri yang direkomendasikan di masa depan untuk mendapatkan prediksi fragmentasi dari Split Desktop.

Bentuk Peledakan Batuan Dan Hasil Fragmentasi Batuan Berdasarkan Teori R.L Ash

Geometri peledakan

Hasil perhitungan fragmentasi pemberaian batuan dengan teori geometri R.L. Ash ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Geometri peledakan dengan menggunakan rumus R. L. Ash

No	Parameter	Nilai
1	Burden (B)	1,9 m
2	Spasi (S)	2,85 m
3	Stemming (T)	1,33 m
4	Subdrilling (J)	0,47 m
5	Tinggi jenjang (L)	5,99 m
6	Kedalaman lubang ledak (H)	6,46 m
7	Powder Column (PC)	5,13 m
8	Loading Density (De)	3,84 kg/m
9	Jumlah bahan peledakan per lubang (Q)	19,69 kg/m ³
10	Volume batuan yang diledakkan (V)	32,433 m ³
11	Powder Factor (PF)	0,61 kg/m ³

Persamaan Kuz-Ram diperlukan untuk estimasi diskontinuitas peledakan. Tabel 6 menggambarkan parameter perhitungan yang diperlukan untuk menentukan fragmentasi ledakan sebelum menerapkan rumus Kuz-Ram.

Tabel 6. Parameter perhitungan untuk fragmentasi batuan hasil dari peledakan dengan rumus Kuz-Ram

No	Parameter	Nilai
1	Faktor Batuan (A)	6,07 m
2	Burden (B)	1,90 m
3	Spasi (S)	2,85 m
4	Tinggi jenjang (L)	5,99 m
5	Kedalaman lubang ledak (H)	6,46 m
6	Powder Column (PC)	5,13 m

7	Volume batuan yang diledakkan (V)	32,43 m ³
8	Relative Weight Strength	100
9	Diameter lubang ledak (de)	76,2 mm
10	Standar deviasi pemboran (W)	0
11	Loading Density (De)	3,84 kg/m
12	Berat bahan peledak per lubang	19,69 kg/m ³

Tabel 7 menampilkan hasil dari penggunaan rumus Kuz-Ram untuk menghitung fragmentasi peledakan dari geometri sesuai dengan teori R.L. Ash.

Tabel 7. Perhitungan fragmentasi batuan peledakan rumus R. L. Ash dengan menggunakan rumus Kuz-Ram

No	Parameter	Nilai
1	Ukuran rata – rata fragmentasi hasil Peledakan (X rata – rata)	27,22 cm
2	Indeks keseragaman ukuran (n)	1,51
3	Karakteristik batuan (Xc)	36,78 cm
4	Prediksi fragmentasi ukuran <i>boulder</i> dari rumus Kuz-Ram	3,9 %
5	Prediksi fragmentasi ukuran <i>boulder</i> dari Software Split Desktop	6,86 %

KESIMPULAN

Desain geometri peledakan aktual adalah sebagai berikut, mengikuti teori R.L. Ash sebagai panduan yaitu *burden* 2,18 meter, *spasi* 3,169 meter dengan *subdrilling* 0,34 m, *tinggi jenjang* 5,19 m, *kedalaman lubang ledak* 5,53 m, *powder column* 2,45 m, *berat bahan peledak per lubang* 19,69 kg/m³, *diameter lubang ledak* 7,62 cm, *powder factor* 0,26 kg/m³. Geometri ini menghasilkan fragmentasi *boulder* ukuran > 80 cm sebanyak 31,35%. Setelah perbaikan dengan perhitungan dengan metode Kuz-Ram geometri peledakan usulan menjadi; *burden* 1,9 meter, *spasi* 2,85 meter dengan *subdrilling* 0,47 m, *tinggi jenjang* 5,99 m, *kedalaman lubang ledak* 6,46 m, *powder kolom* 5,13 m, *berat bahan peledak per lubang* 19,69 kg/m³, *diameter lubang ledak* 7,62 cm, *powder factor* 0,61 kg/m³. Berdasarkan perhitungan metode Kuz-Ram prediksi fragmentasi *boulder* sebanyak 3,19%. Hal ini sudah memenuhi target produksi peledakan yaitu ukuran fragmen > 80 cm kurang dari 10%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Rinaldo, B. Heriyadi, and H. Prabowo. (2018), “Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat,” *J. Bina Tambang*, 3(3), 1163–1173.

[2] R. M. Sunyoto and R. Kopa (2021), “Analisis



- Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan Serta Digging Time Dan Produktivitas Alat Gali Muat Pada Tamka PT. Allied Indo ...," *Bina Tambang*, 6(1), 88–99.
- [3] A. T. Wahyudi and R. Kopa (2020), "Kajian Teknis Penentuan Geometri Peledakan Untuk Mengoptimalkan Perolehan Hasil Peledakan CV. Tekad Jaya Desa Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat," *J. Bina Tambang*, 5(5), 32–41.
- [4] F. Assany and R. Kopa (2021) "Kajian Teknis dan Ekonomis Peledakan di Pit 1 PT. Pebana Adi Sarana Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat," *J. Bina Tambang*, 6(1), 218–228.
- [5] Obed M.H. Siregar (2013), "Studi Pengaruh Karakteristik Batuan Andesit Dan Distribusi Fragmentasi Terhadap Teknis Peledakan Di Town Site Base Camp PT Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan," *Jur. Tek. Pertamb. Fak. Tek. Univ. Sriwij.*, 11.
- [6] M. I. Cahyadi and R. Kopa (2019), "Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran Tanah Pada PT. Koto Alam Sejahtera Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat," *J. Bina Tambang*, 4(1), 140–152.
- [7] R. Ramadana, S dan Kopa (2018), "Analisis Geometri Peledakan Guna Mendapatkan Fragmentasi Batuan yang Diinginkan untuk Mencapai Target Produktivitas Alat Gali Muat Pada Kegiatan Pembongkaran Lapisan Tanah Penutup (Overburden) di Pit Menara Utara, PT. Arkananta Apta Pratista Job Site PT.K," *J. Bina Tambang*, 3(4), 1523–1535.
- [8] R. S. Z. Rian Hidayat, Asep Neris Bachtiar (2021), "Analisis geometri peledakan terhadap fragmentasi dan biaya peledakan di PT. Alied Indo Coal Jaya (AICJ) Sawahlunto, Sumatera Barat" .
- [9] Aprilliana, M. T. Toha, and B. K. Susilo (2020), "Blasting Geometry Based On Rock Mass Rating (RMR) And Blasting Result Fragmentation," *J. Pertamb.*, 4(4), 209–215.
- [10] P. Pasaribu and S. T. D. Yulhendra (2022), "Evaluasi Teknis Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batu Gamping Di PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk, Di Desa Palimanan Barat, Kecamatan Gempol ...," *Bina Tambang*, 7(2), 190–197.
- [11] M. T. Adha and R. Kopa (2021), "Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan dan Digging Time Alat Gali Muat Backhoe Caterpillar 6030 Pada Area Pit Limit PT. Semen Padang, Indarung, Provinsi Sumatera Barat," *Bina Tambang*, 6(4), 24–34.
- [12] I. T. Mukhlis (2022), "Metode RL Ash Combine Ved untuk Pencapaian Target Produktivitas 2000 Ton/Jam Excavator CAT 3060 BH pada Area PNBP di PT Semen Padang.
- [13] D. P. Libriyon and R. Kopa (2019), "Evaluasi geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan digging Time alat gali muat dan recovery peledakan di Pit B PT. Darma Henwa Tbk Bengalon Coal Project Kalimantan Timur," *Bina Tambang*, 5(1), 200–212.
- [14] N. A. Ampulembang, H. Saliman, and P. N. Hartami (2020), "Overburden Blasting Fragmentation Analysis of Each Layer and Its Effect on Digging Time," *Indones. Min. Energy J.*, 3(2), 65–75.
- [15] T. Harukadol and R. Kopa (2020), "Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Untuk Mengoptimalkan Hasil Peledakan Pada Penambangan Batu Andesit Di PT. Bintang Sumatera Pacific Pangkalan Koto Baru Kabupaten 50 Kota Provinsi Sumatera Barat," *Bina Tambang*, 6(1), 24–36.
- [16] Haryati, O. S., Kopa, R., & Prabowo, H. (2018). Pemetaan Kestabilan Lereng Pada Lokasi Penambangan Emas Pit Durian Pt J Resources Bolaang Mongondow Site Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. *Bina Tambang*, 3(1), 481-482.