



Studi Kehilangan Volume Batugamping pada Kegiatan Peledakan dan Crushing di PT. Yusrina Borneo Quantum Kecamatan Loakulu Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

Muhammad Aji Satria Mandiri^{1*}, Revia Oktaviani², Agus Winarno³, Tommy Trides⁴, Windhu Nugroho⁵

¹⁻⁵Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Indonesia

Korespondensi penulis: ajisatria132123@gmail.com

Abstract: *Blasting and crushing are essential stages in the limestone mining process; however, both stages may contribute to material volume loss due to technical factors and geological conditions. This study aims to analyze the blasted volume, crushed volume, and the amount of volume loss occurring throughout these processes. The research utilizes primary data including blasting geometry, blasting patterns, crushing production, and secondary data such as regional geology and equipment specifications. Based on 15 blasting activities conducted from October to December 2024, the total blasted volume reached 71,691 tons with an average powder factor of 0.23 kg/m³. Meanwhile, the total volume produced from secondary crushing was 71,575 tons. The comparison indicates volume loss influenced by suboptimal fragmentation, rock characteristics, work efficiency of the crushing unit, and operational constraints in the field. The results of this study are expected to serve as a reference for optimizing blasting design and crushing operations to minimize volume loss and improve overall mining productivity.*

Keywords: *Blasting; Crushing; Limestone; Powder Factor; Volume Loss.*

Abstrak. Kegiatan peledakan dan crushing merupakan tahapan penting dalam proses penambangan batugamping. Namun, kedua tahapan ini berpotensi menyebabkan kehilangan volume material akibat faktor teknis maupun kondisi geologi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis volume hasil peledakan, volume hasil crushing, serta besaran kehilangan volume yang terjadi pada rangkaian proses tersebut. Metode penelitian meliputi pengumpulan data primer berupa geometri peledakan, pola peledakan, produksi unit crushing, serta data sekunder seperti geologi regional dan spesifikasi alat. Dari 15 kali kegiatan peledakan selama periode Oktober–Desember 2024, diperoleh total volume hasil peledakan sebesar 71.691 ton, dengan nilai powder factor rata-rata 0,23 kg/m³. Sementara itu, total hasil secondary crushing adalah 71.575 ton. Perbandingan kedua volume tersebut menunjukkan adanya kehilangan produksi yang disebabkan oleh faktor fragmentasi yang tidak optimal, kondisi batuan, efisiensi kerja unit crushing, serta hambatan operasional di lapangan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam optimasi desain peledakan dan pengaturan operasi crushing agar kehilangan volume dapat diminimalkan dan produktivitas tambang meningkat.

Kata kunci: Batugamping; Peledakan; Crushing; Kehilangan Volume; Faktor Bubuk.

1. LATAR BELAKANG

Batugamping merupakan komoditas penting bagi industri semen, konstruksi, dan bahan bangunan, sehingga proses penambangannya harus dilakukan secara efisien. Pada tambang terbuka, peledakan menjadi metode utama pembongkaran batuan sebelum material diolah melalui proses crushing. Namun, ketidaktepatan rancangan peledakan, kondisi geologi, serta variasi karakteristik massa batuan dapat menghasilkan fragmentasi yang tidak optimal dan mempengaruhi kinerja unit crushing. Inefisiensi dalam kedua tahapan ini sering menimbulkan kehilangan volume produksi, baik akibat boulder yang tidak dapat diolah, material terbuang, maupun hambatan operasional alat. Kehilangan volume tersebut berdampak langsung pada produktivitas dan pencapaian target produksi perusahaan.

2. KAJIAN TEORITIS

Batugamping sebagai batuan sedimen karbonat memiliki sifat fisik dan mekanik yang memengaruhi proses pembongkaran dan pengolahannya, termasuk kekerasan, kuat tekan, serta struktur internal yang menentukan kualitas fragmentasi saat peledakan. Dalam kegiatan penambangan terbuka, peledakan merupakan metode utama untuk membongkar batuan, di mana keberhasilan proses tersebut dipengaruhi oleh rancangan geometri peledakan seperti burden, spasi, stemming, subdrilling, dan powder factor. Fragmentasi hasil peledakan menjadi faktor penting karena ukuran butir yang tidak seragam dapat menyebabkan hambatan pada proses loading maupun crushing. Proses crushing, baik primary maupun secondary, berfungsi mengecilkan ukuran material agar sesuai spesifikasi produksi, namun kinerjanya sangat dipengaruhi oleh ukuran umpan, kontinuitas pasokan material, dan efisiensi alat.

Akibat ketidakefisienan pada tahapan peledakan dan crushing, kehilangan volume material sering terjadi, baik karena boulder, material terbuang, maupun hambatan operasional alat. Beberapa penelitian sebelumnya memperkuat temuan tersebut: Anggraini (2023) menegaskan bahwa performa crusher sangat bergantung pada kualitas fragmentasi; Ghanda (2021) menunjukkan bahwa geometri peledakan menjadi faktor dominan dalam menentukan distribusi ukuran fragmentasi; Tiara Senja (2021) menemukan bahwa stabilitas aliran material sangat memengaruhi produktivitas crushing plant; sedangkan Reksa Rafaldo (2018) membuktikan bahwa fragmentasi buruk meningkatkan jumlah boulder dan menurunkan efisiensi alat. Dengan demikian, teori dasar peledakan, mekanika batuan, dan crushing serta temuan penelitian terdahulu menjadi landasan penting bagi penelitian ini untuk mengkaji hubungan antara hasil peledakan, hasil crushing, dan potensi kehilangan volume batugamping pada kegiatan penambangan.

3. METODE PENELITIAN

Tahap pengambilan data untuk memperoleh data-data yang akurat yang digunakan dan berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Pengambilan data dan pengamatan dilakukan sebanyak 15 kali, dimana data yang diperoleh secara langsung dilapangan (data primer) dan juga data yang diperoleh dari perusahaan (data sekunder).

Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer adalah sumber data kajian teknis yang dikumpulkan dengan melakukan pengamatan di lapangan, meliputi:

- 1) Data Geometri peledakan
- 2) Data Pola peledakan
- 3) Produksi unit Crushing
- 4) Waktu kerja

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapat secara tidak langsung dan sudah ada sebelumnya, biasanya merupakan hasil analisis dan interpretasi dari data primer penelitian sebelumnya yang berasal dari perusahaan. Adapun data primer pada penelitian ini yaitu:

- 1) Kesempaan Daerah
- 2) Geologi Regional
- 3) Data IUP
- 4) Spesifikasi Alat

Pengolahan Data

Adapun lebih jelasnya, tahapan pengolahan dan analisis data penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

1. Penentuan geometri peledakan

Geometri peledakan merupakan desain awal sebelum dilakukannya peledakan yang meliputi burden, spacing, stemming, powder column, subdrilling, diameter lubang ledak dan kedalaman lubang ledak.

2. Produksi unit Crushing

Kegiatan produksi pada unit crushing merupakan tahapan penting dalam proses pengolahan batugamping dari hasil peledakan (blasting) hingga menjadi material berukuran lebih kecil dan akan disimpan di stockpile area.

3. Perhitungan persentase kehilangan

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa persentase kehilangan material pada kegiatan crushing dari hasil peledakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di PT. Yusrina Borneo Quantum di kawasan penambangan batugamping. Batugamping yang terdapat pada lokasi penambangan menunjukkan karakteristik geologi yang cukup seragam, namun memiliki variasi tingkat kekerasan yang berpengaruh langsung terhadap desain dan efektivitas peledakan. Secara umum, satuan

batugamping di area ini tersusun oleh material karbonat berwarna putih keabu-abuan dengan tekstur padat hingga berlapis tipis.

Batugamping merupakan salah satu jenis bahan galian mineral industri yang komposisi utamanya adalah mineral karbonat. Mineral dapat berupa kalsit (CaCO_3), dolomit (MgCO_3) dan beberapa mineral sekunder lain. Tingginya kandungan CaO pada batugamping disebabkan oleh komposisi batugamping tersebut yang didominasi oleh cangkang-cangkang fosil baik dari *foraminifera bentonit* maupun *foraminifera planktonik*.

a. Volume Peledakan

Data rancangan peledakan yang digunakan pada PIT 36, merupakan rancangan yang dibuat oleh PT. Yusrina Borneo Quantum, untuk ukuran *burden* dan *spacing* serta *stemming* sangat bervariasi karena menyesuaikan luas batuan yang akan diledakkan. Berikut adalah data geometri aktual peledakan selama penelitian yang berlangsung di lokasi PIT 36 disajikan dalam

Tabel 1. Volume Hasil Peledakan

No	Tanggal	Burden (m)	Spasi (m)	Hole (m)	Powder Coloum (m)	Stemming (m)	Jumlah Lubang	Densitas Batuan (g/cm ³)	Volume (m ³)
1	14/10/24	3.40	3.33	6.14	2.74	3.40	49	2.6	5.109
2	19/10/24	3.40	3.43	6.07	2.67	3.40	57	2.6	4.763
3	24/10/24	3.26	3.12	5.93	2.67	3.26	54	2.6	4.886
4	29/10/24	3.45	3.33	6.00	2.55	3.45	50	2.6	5.169
5	3/11/24	3.28	3.13	6.02	2.74	3.28	51	2.6	4.727
6	9/11/24	3.34	3.29	6.06	2.72	3.34	65	2.6	4.893
7	13/11/24	3.21	3.17	5.96	2.75	3.21	52	2.6	4.730
8	18/11/24	3.18	3.10	5.92	2.74	3.18	55	2.6	4.814
9	23/11/24	3.27	3.23	6.05	2.78	3.27	47	2.6	4.505
10	28/11/24	3.18	3.25	6.12	2.94	3.18	53	2.6	5.028
11	3/12/24	3.14	3.13	6.04	2.90	3.14	50	2.6	4.452
12	8/12/24	3.17	3.18	6.12	2.95	3.17	46	2.6	4.256
13	13/12/24	3.16	3.18	6.05	2.89	3.16	52	2.6	4.742
14	18/12/24	3.11	3.68	6.12	3.01	3.11	52	2.6	4.646
15	23/12/24	3.34	3.28	5.98	2.64	3.34	43	2.6	4.976
Rata-rata		3.26	3.26	6.04	2.78	3.26	52	2.6	4.779
Total		48.89	48.83	90.58	41.69	48.89	776	2.6	71.691

Selama periode Oktober hingga Desember 2024, kegiatan peledakan dilakukan sebanyak lima belas kali, dengan total volume hasil peledakan mencapai 71.691 ton. Volume peledakan per periode berkisar antara 4.256 hingga 5.169 ton dengan densitas Batugamping 2.6 g/cm³. Setiap kegiatan diawali dengan tahap pengeboran (drilling) menggunakan pola

tertentu yang disesuaikan dengan karakteristik batuan gamping, diikuti oleh proses pengisian bahan peledak (*charging*), pemasangan detonator, hingga kegiatan peledakan utama (*blasting*).

Dalam kegiatan peledakan selama lima belas kali didapat nilai rata – rata *burden* 3,26 m, *spasi* 3,26 m, *hole* 6,04 m, *powder coloum* 2,78 m, *stemming* 3,26 m, *powder factor* 0,22 kg/m³ dan rata - rata lubang 52. Pada peledakan ke 1 dan 4 diperoleh nilai *powder factor* <0,20 kg/ton. Hal ini dikarenakan ada beberapa faktor yaitu faktor cuaca, kondisi geologi, tidak sesuainya pola dan kedalaman lubang ledak, jenis bahan peledak dan faktor cuaca. Faktor tersebut dapat mempengaruhi nilai *powder factor* yang tidak tercapai.

Tabel 2. Geometri Peledakan

No	<i>Subdrilling</i> (m)	<i>Loading Density</i> (kg/m)	Bahan Peledak Perlubang (kg/m)	Pemakaian Bahan Peledak (kg)	<i>Powder Factor</i> (kg/m ³)	Diameter (m)
1	1.020	4.97	13.61	0.667	0.19	0.089
2	1.020	4.97	13.26	0.560	0.23	0.089
3	0.978	4.97	13.26	0.716	0.32	0.089
4	1.035	4.97	25.83	0.633	0.18	0.089
5	0.984	4.97	12.67	0.646	0.20	0.089
6	1.002	4.97	13.51	0.878	0.26	0.089
7	0.963	4.97	13.66	0.711	0.22	0.089
8	0.954	4.97	13.61	0.748	0.23	0.089
9	0.981	4.97	13.81	0.649	0.21	0.089
10	0.954	4.97	14.61	0.774	0.23	0.089
11	0.942	4.97	14.41	0.720	0.24	0.089
12	0.951	4.97	14.66	0.674	0.24	0.089
13	0.948	4.97	14.36	0.746	0.23	0.089
14	0.933	4.97	14.95	0.777	0.21	0.089
15	1.002	4.97	13.26	0.663	0.20	0.089
Rata”	0.978	4.97	14.63	0.704	0.23	0.089
Total	14.67	74.55	219.5	10.56	3.39	1.335

Berdasarkan data di atas didapat nilai rata - rata *Subdrilling* (J) 0,978 m, Nilai *Loading Density* (de) 4,97 kg/m , Bahan peledak perlubang (E) 14.63 kg/m, Pemakaian bahan peledak (Qe) 0,704 kg, dan Nilai *powder factor* (PF) sebesar 0.23 kg/m³, dan Diameter yang digunakan 0,089 atau 3,5 inch.

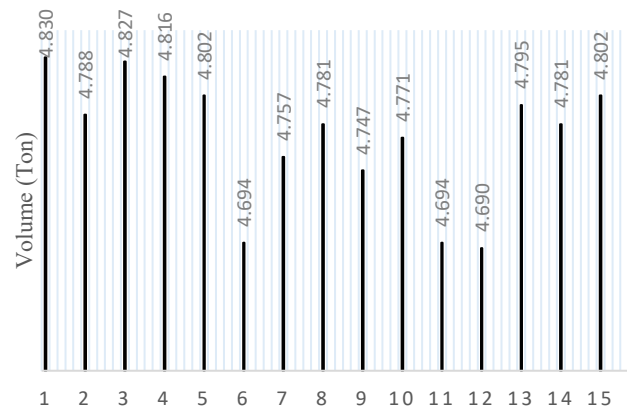
2. Volume Hasil Crushing

Kegiatan *Crushing* di PT. Yusrina Borneo Quantum dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap *Primary Crushing* dan *Secondary Crushing*. Tahap ini merupakan tahapan pertama dalam proses pengolahan batugamping dari hasil kegiatan peledakan. Tujuan utama tahap ini adalah untuk mengecilkan ukuran batuan besar hasil peledakan agar sesuai dengan spesifikasi umpan untuk unit *Secondary Crushing*. Berikut adalah data hasil *Crushing* selama penelitian yang berlangsung di lokasi PIT 36 disajikan dalam bentuk Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Volume *Secondary Crushing*

Peledakan Ke	Berat Total Volume (Ton)
1	4.830
2	4.788
3	4.827
4	4.816
5	4.802
6	4.694
7	4.757
8	4.781
9	4.747
10	4.771
11	4.694
12	4.690
13	4.795
14	4.781
15	4.802
Total	71.575

Dari hasil produksi *Secondary Crusher* dihitung dengan alat angkut muat menggunakan *dump truk* Isuzu Giga FVZ 34P dengan kapasitas bak rata rata 18 – 20 ton. Menggunakan 7 unit *dump truk* dan 7 trip perhari dan 8 jam kerja. Dari produksi bulan Oktober – Desember *Secondary Crushing* didapat volume sebesar 71.575 ton.



Gambar 1. Grafik *Volume Secondary Crushing*

Pada grafik di atas hasil produksi *secondary crusing* selama peledakan di lokasi tambang yang dilakukan belum mencapai produksi dari hasil peledakan, adapun beberapa faktor yang menjadi penghambat pada proses peremukan yaitu faktor cuaca, perbaikan alat dan terurainya menjadi debu.

Kegiatan Primary Crushing

Kegiatan *Primary Crushing* merupakan tahapan awal dalam proses pengolahan batugamping setelah material hasil peledakan dengan ukuran berkisar 100-300 mm. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk mereduksi ukuran bongkahan batu gamping menjadi ukuran yang lebih kecil dan seragam agar dapat diproses lebih lanjut. Material hasil peledakan diangkut menggunakan *Excavator Hitachi ZX350-H* menuju *hopper* pada unit *mobile crusher Strike JM1310*. *Hopper* berfungsi sebagai tempat penampungan sementara material sebelum masuk ke unit penghancur utama. Proses penghancuran utama dilakukan oleh *mobile crusher tipe JM1310*, di mana material berukuran besar dihancurkan dengan gaya tekan antara dua plat rahang (*fixed jaw* dan *swing jaw*). Ukuran produk hasil *primary crusher* berkisar antara 0–200 mm.

Proses ini dilakukan menggunakan alat *Mobile Crusher Strike JM1310* yang bekerja dengan prinsip menjepit dan menekan batuan diantara dua rahang (*jaw plate*), yaitu rahang tetap dan rahang bergerak. Rahang bergerak menekan batuan ke rahang tetap sehingga material pecah menjadi ukuran yang lebih kecil. Produk keluaran dari alat ini berukuran sekitar 50 – 200 mm, tergantung pada setting bukaan (*discharge setting*) yang digunakan. Adapun alat bantu yang digunakan untuk kegiatan *Primary criushing* yaitu alat *Excavator Hitcahi ZX350-H*.

Kegiatan Secondary Crushing

Tahapan *Secondary Crushing* merupakan proses lanjutan dari kegiatan *Primary Crushing*, dengan tujuan memperkecil ukuran batuan gamping agar sesuai dengan standar produk akhir yang berada pada perusahaan PT. Yusrina Borneo Quantum. Material yang masuk ke *secondary crusher* mengalami proses penghancuran kembali melalui mekanisme benturan dan tekanan antar batu dan dinding penghancur. Ukuran pengumpan dari tahap ini berkisar 50-75 mm., sehingga siap untuk disimpan di *stockpile*.

Proses kerja *secondary crusher* berlangsung secara kontinu, di mana aliran material diatur melalui *feeder* agar laju masuk ke *crusher* tetap stabil dan tidak menyebabkan *overloading*. Setelah melalui proses penghancuran, material yang sudah mencapai ukuran. Pada PT Yusrina Borneo Quantum, kegiatan *secondary crushing* menjadi bagian penting dalam menjamin kualitas produk akhir. Material yang berasal dari *primary crusher* dialirkan ke *secondary crusher* menggunakan sistem *belt conveyor* yang terhubung secara langsung, sehingga proses dapat berjalan kontinu dan efisien tanpa perlu penanganan manual.

Efisiensi Kerja Unit Cushing Plant

Perhitungan efisiensi kerja dihitung berdasarkan jumlah waktu tersedia dan jumlah waktu kerja produksi alat rata – rata pada saat penelitian. Efisiensi kerja pada unit peremukan diawali dengan menghitung waktu kerja efektif pada unit peremukan.

$$\begin{aligned}\text{Waktu Kerja Efektif} &= \text{Waktu Tersedia} - \text{Waktu Hambatan} \\ &= 8.85 \text{ jam} - 1.81 \text{ jam} \\ &= 7.04 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Kerja} &= \frac{\text{waktu efektif (menit)}}{\text{waktu tersedia (menit)}} \times 100\% \\ &= \frac{422.29}{531.20} \times 100\% \\ &= 79.50\%\end{aligned}$$

Ketersediaan Alat Unit Crushing Plant

Ketersediaan alat merupakan faktor yang menunjukkan kondisi alat dalam melakukan pekerjaan (W) dengan memperhatikan kehilangan waktu selama kerja yang terdiri dari waktu perbaikan (R) dan waktu standby (S). Penilaian terhadap ketersediaan alat terdiri dari MA (*mechanical availability*), PA (*physical availability*), UA (*used of availability*) dan EU (*effective utilization*).

Nilai ketersediaan alat pada unit *crushing plant*:

1. *Working hours* (W) = 7,04 jam
2. *Repair hours* (R) = 0,69 jam
3. *Standby hours* (S) = 1,12 jam

Adapun Rumus Perhitungan untuk ketersediaan alat:

1. *Mechanical Availability* (MA)

$$\begin{aligned} \text{MA} &= \frac{W}{W+R} \times 100\% \\ &= \frac{7.04}{7.04+0.69} \times 100\% \\ &= 91.07\% \end{aligned}$$

2. *Physical Availability* (PA)

$$\begin{aligned} \text{PA} &= \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \\ &= \frac{7.04+1.12}{7.04+0.69+1.12} \times 100\% \\ &= 92.20\% \end{aligned}$$

3. *Use of Availability* (UA)

$$\begin{aligned} \text{UA} &= \frac{W}{W+S} \times 100\% \\ &= \frac{7.04}{7.04+1.12} \times 100\% \\ &= 86.27\% \end{aligned}$$

4. *Effective Utilization* (EU)

$$\begin{aligned} \text{UA} &= \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \\ &= \frac{7.04}{7.04+0.69+1.12} \times 100\% \\ &= 79.54\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, unit *Crushing Plant* menunjukkan tingkat ketersediaan alat yang baik, dengan MA dan PA berada di atas 90%. Namun tingkat EU yang berada pada kisaran 79,54% menunjukkan bahwa efektivitas pemanfaatan alat masih dapat ditingkatkan, terutama melalui pengurangan waktu tidak produktif seperti standby dan perbaikan. Optimalisasi jadwal kerja, peningkatan respons perawatan, serta pengendalian gangguan operasional dapat menjadi fokus perbaikan untuk meningkatkan performa keseluruhan unit.

3. Analisis Persentase Kehilangan Produksi

Dalam kegiatan penambangan dan pengolahan batu gamping di PT Yusrina Borneo Quantum, efisiensi produksi merupakan indikator penting untuk menilai kinerja setiap tahapan proses, mulai dari peledakan (*blasting*) hingga peremukan. Salah satu parameter yang digunakan untuk menilai efisiensi tersebut adalah persentase kehilangan material (*losses*) pada setiap tahap proses produksi.

Persentase kehilangan dihitung dengan membandingkan jumlah material yang masuk dan keluar dari masing-masing tahapan. Kehilangan material dapat terjadi akibat berbagai faktor seperti cuaca, debu hasil penghancuran, tumpahan material di *conveyor*, sisa batu di *hopper*, variasi pengukuran saat penimbangan atau alat yang tidak bekerja maksimal.

Tabel 4, % Kehilangan Hasil Dari Kegiatan

No	Peledakan (Ton)	<i>Secondary</i> <i>Crushing</i> (Ton)	Kumulatif Sisa	% Kehilangan
1	5.109	4.830	0.279	5.46
2	4.763	4.788	-0.030	-0.59
3	4.886	4.827	0.059	1.18
4	5.169	4.816	0.353	6.82
5	4.727	4.802	-0.070	-1.58
6	4.893	4.694	0.199	4.06
7	4.730	4.757	-0.027	-0.57
8	4.814	4.781	0.033	0.68
9	4.505	4.747	-0.242	-5.37
10	5.028	4.771	0.254	5.11
11	4.452	4.694	-0.242	-5.42
12	4.256	4.690	-0.434	-8.02
13	4.742	4.795	-0.054	-1.11
14	4.646	4.781	-0.135	-3.98
15	4.976	4.802	0.173	3.49
Total	71.691	71.575	0.116	0.16

Rumus Perhitungan :

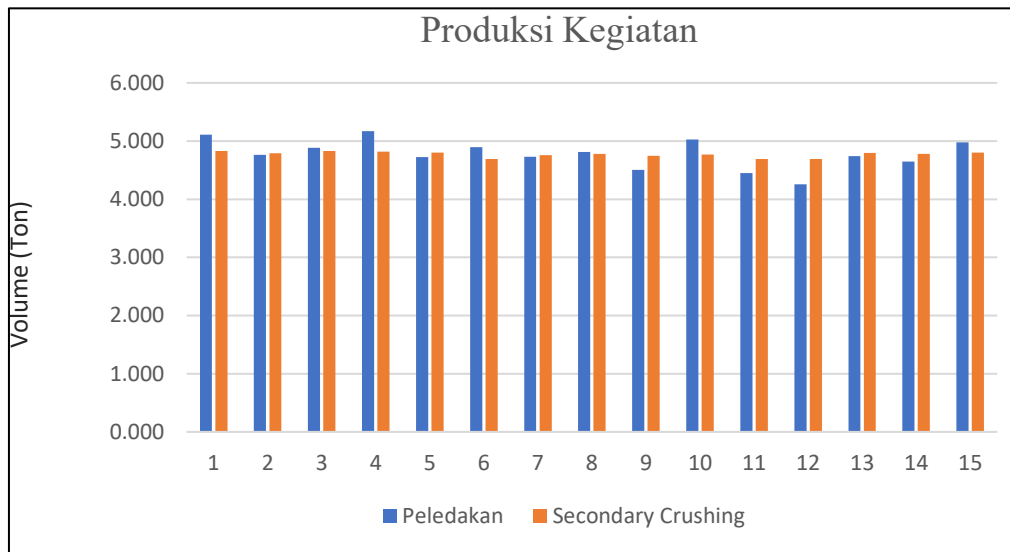
$$\text{Persentase Kehilangan} = \frac{\text{Volume Awal} - \text{Volume Akhir}}{\text{Volume Awal}} \times 100\%$$

Keterangan :

Volume Awal = Volume Peledakan (Ton)

Volume Akhir = Volume *Secondary Crushing* (Ton)

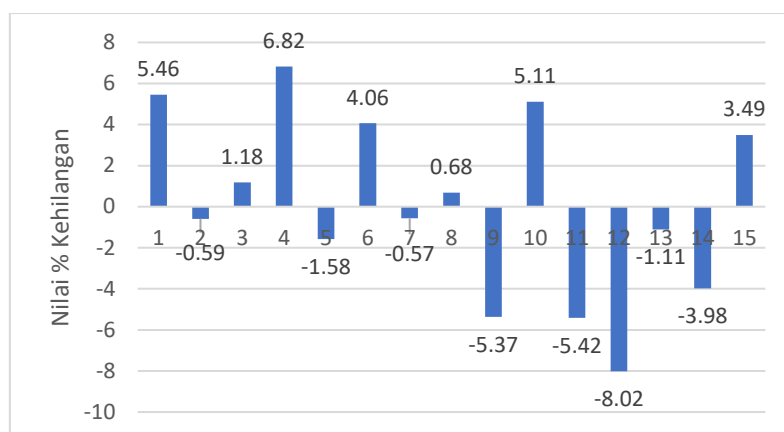
Bisa dilihat dari Tabel. 4 bahwa terjadinya perbedaan volume dari hasil peledakan dan *crushing*. Hal ini di karenakan ada kegiatan yang menghambat hasil produksi *crushing* disebabkan terjadinya *trouble* pada alat *crushing* dan faktor cuaca sehingga produksi *crushing* tidak tercapai dengan hasil volume peledakan. Dari hasil perhitungan data volume material yang hilang dari kegiatan peledakan hingga *secondary crushing* sekitar 0.16 %, atau 116 ton.



Gambar 2. Perbandingan Kegiatan Produksi

Dari data diatas dapat dilihat bahwa terdapat beberapa perbedaan produksi dari setiap kegiatan, hal ini di karenakan ada beberapa faktor penyebabnya produksi *Secondary Crushing* tidak terpenuhi yaitu adanya *trouble* pada alat *crushing* dan cuaca hujan.

Adapun analisis persentase kehilangan dihitung berdasarkan selisih antara nilai peledakan dan nilai *secondary crushing*, sehingga nilai yang dihasilkan dapat berupa positif maupun negatif. Nilai positif menunjukkan adanya kehilangan (*loss*), sedangkan nilai negatif menunjukkan terjadinya *surplus* yang melebihi volume awal. Berikut grafik persentase kehilangan pada (Gambar.3)



Gambar 3. Grafik Presentase Kehilangan

Berdasarkan Gambar 3, persentase kehilangan volume batugamping pada kegiatan peledakan dan *crushing* menunjukkan variasi yang cukup signifikan di antara titik-titik pengamatan. Pada beberapa titik, nilai kehilangan berada pada tingkat yang tinggi, seperti titik 1 (5,46%), titik 4 (6,82%), titik 6 (4,06%), titik 10 (5,11%), dan titik 15 (3,49%). Di antara titik-titik tersebut, titik 4 merupakan titik dengan kehilangan tertinggi yaitu 6,82%. Nilai ini mengindikasikan bahwa volume awal jauh lebih rendah dibandingkan nilai standar 0,20%. Kondisi ini dapat menggambarkan adanya ketidakefisienan proses peledakan, kehilangan material pada saat *loading*, proses *crushing*.

Selain itu, terdapat titik pengamatan yang menunjukkan nilai kehilangan relatif kecil dan mendekati nol, seperti titik 8 (0,68%). Nilai kehilangan dalam kisaran ini dapat dikategorikan sebagai variasi normal yang umum terjadi pada proses peledakan dan pengolahan material. Variasi kecil tersebut tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja keseluruhan sistem karena masih berada dalam batas toleransi operasional.

Pada grafik juga terlihat sejumlah titik yang menunjukkan nilai negatif, seperti titik 5 (-1,58%), titik 7 (-0,57%), titik 9 (-5,37%), titik 11 (-5,42%), titik 12 (-8,02%), dan titik 14 (-3,98%). Nilai negatif ini tidak menunjukkan kehilangan, tetapi justru menandakan terjadinya kelebihan volume, yaitu kondisi di mana volume awal lebih besar daripada volume akhir.

Dari seluruh titik surplus tersebut, titik 12 merupakan yang paling ekstrem dengan nilai -8,02%. Kelebihan terbesar ini mengindikasikan bahwa pada titik tersebut volume hasil peledakan mengembang jauh lebih besar dibandingkan perhitungan teoritis. Meski tidak selalu merugikan, surplus yang berlebihan menunjukkan adanya ketidakkonsistenan proses, seperti energi peledakan yang terlalu tinggi, struktur batuan yang sangat rekahan, atau adanya material lepas yang tidak termasuk dalam perhitungan standar.

Dengan demikian, grafik ini menegaskan perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap parameter peledakan, kualitas fragmentasi, prosedur penanganan material, dan akurasi

pengukuran. Konsistensi proses sangat penting untuk meminimalkan kehilangan volume dan memastikan bahwa hasil produksi batugamping berada dalam rentang yang sesuai dengan rencana penambangan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kehilangan volume batugamping pada rangkaian proses peledakan dan crushing dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknis, terutama kualitas fragmentasi hasil peledakan, efisiensi kerja unit crushing, serta hambatan operasional di lapangan. Berdasarkan analisis terhadap 15 kegiatan peledakan selama periode pengamatan, volume hasil peledakan dan volume hasil secondary crushing memiliki selisih yang menghasilkan nilai kehilangan produksi yang terukur dan signifikan. Variabel powder factor, indeks fragmentasi, efisiensi crusher, dan downtime terbukti berkontribusi terhadap besarnya kehilangan volume, dengan fragmentasi dan performa crusher sebagai faktor yang paling dominan. Temuan ini menegaskan pentingnya optimasi desain peledakan dan peningkatan efisiensi crushing untuk meminimalkan kehilangan volume serta meningkatkan produktivitas penambangan batugamping di perusahaan. Penelitian ini juga memberikan dasar teknis yang dapat digunakan sebagai acuan dalam evaluasi berkelanjutan terhadap operasi peledakan dan pengolahan batuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT Yusrina Borneo Quantum atas izin, dukungan, dan penyediaan data operasional yang memungkinkan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Penghargaan yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada para pembimbing akademik dan pihak-pihak di lapangan, termasuk operator peledakan dan unit crushing, yang telah membantu dalam proses pengumpulan data serta memberikan informasi teknis yang diperlukan. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua rekan dan pihak lain yang turut memberikan bantuan, masukan, serta dukungan selama penyusunan karya ilmiah ini.

DAFTAR REFERENSI

- Anggraini, A., Nugroho, W., Sakdillah, S., Trides, T., & Respati, L. L. (2023). Evaluasi Kinerja Unit Limestone Crusher Vi Untuk Pencapaian Target Produksi Batugamping Pada Tambang Bukit Karang Putih. *Jurnal Sosial Teknologi*, 3 (12), 966-977.
- Anonim. 2009. Modul Bahan Materi Kursus Juru Ledak Pada Penambangan Bahan Galuan. Jakarta: Pusdiklat.
- Arief, M., Rahman, A., & Hidayat, S. (2023). *Evaluasi Kinerja Crushing Plant Dan Alat Pengumpan Dalam Pencapaian Target Produksi Batu Bara*. Jurnal Himasapta, 6(2), 45–53.
- Ash, Richard, L. 1963. *Design Of Blasting Rounds*. Surface Mining ; Pp. 565-583.
- Bima Reksa Rafaldo (2018. Evaluasi Geometri Peledakan Pada Lokasi Penambangan Batugamping Pt. Bakapindo Nagari Kamang Mudiak Kabupaten Agam Sumatera Bara
- Defriansyah. (2018). Evaluasi Teknis Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Dan Identifikasi Tingkat Keceragaman Batuan Hasil Peledakan Yang Ideal Di Pt. Allied Indo Coal Jaya, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Teknik Pertambangan. Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang: Padang.
- Ghanda, G., Firsta, R. J., Hakim, N. E., & Pujalinar, A. (2021). Kajian Teknis Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi Pada Peledakan Batugamping Di Pt Semen Padang. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2(04), 603-609.
- Haryanto, A., Purnomo, D., & Sumarjono, S. (2023). Desain Crushing Plant Untuk Pencapaian Target Produksi Batubara Di Pt Dizamatra Powerindo. Jurnal Retii, 17(1), 112–120.
- Koesnaryo, S. (2001). *Buku I Teknik Peledakan Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak*. Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Koesnaryo, S. 2012. Bahan Peledak Dan Metode Peledakan. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.
- Langgu, Yalsriman. 2011. Optimalisasi Kerja Alat Peremuk Untuk Mencapai Target Produksi Batubara Di Pt. Tanjung Alam Jaya Kecamatan Pengaron Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Upn “Veteran” Yogyakarta : Yogyakarta. (Skripsi Yang Dipublikasikan).
- Mcclay, Ken & Dooley, Tim & Ferguson, A. & Poblet, Josep. 2000. Tectonic Evolution Of The Sanga Sanga Block, Mahakam Delta, Kalimantan, Indonesia. Aapg Bulletin. 84. 765-786
- Okto, A., Masri, M., Mili, M.Z., Hasria, H. (2022). Karakteristik Batugamping Formasi Wapulaka Dan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Galian Industri Di Desa Wuna,

- Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Mineral, Energi, Dan Lingkungan*.
- Pitria, P., Virgiyanti, L., Ferdinandus, F., Novalisae, N., & Murati, F. (2024). Perhitungan Produksi Primary Crushing Terhadap Ketercapaian Produksi Di Pt Mega Multi Energi. *Jurnal Sosial Teknologi*, 4(10), 897-908.
- Pt Mega Multi Energi. (2023). Analisis Produktivitas Primary Crushing Dan Faktor Penghambatnya. *Sostech: Journal Of Science And Technology*, 4(3), 89–96.
- Putri, Valentina Tri Indah Pratiwi. 2019. Kajian Teknis Produktivitas *Crushing Plant* Heng Tong Untuk Mencapai Target Produksi Batu Granodiorit Sebesar 3.000 M3 /Bulan Di Pt Bina Ardi Lestari Kabupaten Mempawah. *Jurnal Elektronik Laut Sipil Tambang*. Volume 6 Nomor 1.
- Rafliansyah, M. 2018. Kajian Distribusi Produksi Batu Granit Pada Unit *Crushing Plant* Guna Pencapaian Target Sebesar 15.000 Ton/Bulan Di Pt Aditya Buana Inter Kabupaten Bangka. Seminar Tambang Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung. Bangka.
- Rustan, A. (1998). Artikel Dalam *Fragblast*, Volume 2, Isu 1 Atau 3, Yang Merupakan Jurnal Atau Bagian Dari Prosiding Simposium Tentang Fragmentasi Batuan Oleh Peledakan.
- Saputra, R., Nurcahyono, H., & Pratama, Y. (2023). Pengaruh Pengaturan C_{ss} Terhadap Ukuran Produk Dan Efisiensi Produksi Pada Unit *Crushing Plant*. *Jurnal Mineral Dan Material (Jmhms)*, 9(2), 77–85.
- Singgih Saptono. (2006bahan). *Teknik Peledakan*. Upn Veteran Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2016. Bahan Galian Industri. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta
- Taggart, A.F. 1987. Hand Book Of Mineral Dressing. John Willey And Sons. New York.
- Tiara Senja .(2021). Analisa Produktivitas *Crushing Plant* Pt Aditya Buana Inter, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka
- Winarno, A., Amijaya, D. H., Harijoko A. 2016. Mineral And Geochemistry Study Of Lower Kutai Basin Coal Eas Kalimantan. *Iop Conf. Series: Earth And Environmental Science*, 375 (012009), 1-12
- Yalsriman. 2011. Optimalisasi Kerja Alat Peremukan Untuk Memenuhi Target Produksi Batubara Di Pt Tanjung Alam Jaya Kecamatan Pengaron Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Skripsi Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta. Yogyakarta.