

ANALISIS PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS METODE PEKERJAAN GALIAN BATU MENGGUNAKAN *ROCK DRILL BREAKER* DAN *BLASTING*

Muhammad Davva Pratama^{1*} dan Arif Sandjaya¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
*muhammad.325210065@stu.untar.ac.id

Masuk: 28-11-2024, revisi: 16-12-2024, diterima untuk diterbitkan: 24-01-2025

ABSTRACT

The advancement of technology in construction work has introduced various more efficient methods, including in rock excavation activities. This study aims to compare the productivity of two rock excavation methods: rock drill breaker and blasting. A descriptive quantitative approach was applied by collecting primary data from projects using the rock drill breaker method and data on the blasting method obtained from other relevant reference locations. The analysis focused on four key aspects, efficiency, time, operational costs, and productivity. The results revealed significant differences between the two methods. The blasting method produces a higher excavation volume per day but requires higher operational costs compared to the rock drill breaker. In terms of time, the blasting method demonstrates superior speed in task completion. These findings provide valuable guidance for practitioners and decision-makers in selecting the most appropriate work method for rock excavation projects. Furthermore, the study's results are expected to serve as a reference for developing more efficient and cost-effective work methods in the future.

Keywords: *Rock drill breaker; blasting; productivity; efficiency; operational costs*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam pekerjaan konstruksi telah memunculkan berbagai metode yang lebih efisien, termasuk dalam kegiatan galian batu. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan produktivitas dua metode galian batu, yaitu *rock drill breaker* dan *blasting*. Pendekatan kuantitatif deskriptif diterapkan dengan pengumpulan data primer dari proyek yang menggunakan metode *rock drill breaker*, serta data metode *blasting* yang diperoleh dari referensi lokasi relevan lainnya. Analisis dilakukan berdasarkan empat aspek utama, yaitu efisiensi, waktu, biaya operasional, dan produktivitas. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua metode. Metode *blasting* mampu menghasilkan volume galian lebih besar per hari, namun memerlukan biaya operasional yang lebih tinggi dibandingkan dengan *rock drill breaker*. Dari segi waktu, metode *blasting* menunjukkan kecepatan pengerjaan yang lebih unggul. Temuan ini memberikan panduan penting bagi praktisi dan pengambil keputusan dalam memilih metode kerja yang sesuai untuk proyek galian batu. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan metode kerja yang lebih efisien dan ekonomis di masa depan.

Kata kunci: *Rock drill breaker; blasting; produktivitas; efisiensi; biaya operasional*

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan suatu proyek konstruksi sangat bergantung pada pemilihan metode kerja yang tepat, yang pada pelaksanaannya akan mempengaruhi efisiensi, waktu, biaya, dan mutu hasil akhir. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. Sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan dapat tercapai (Onibala et al., 2018).

Pada pekerjaan galian batu, metode yang digunakan untuk memecah, memindahkan, atau menetralkan area kerja memiliki pengaruh signifikan terhadap pemilihan alat berat, efisiensi waktu, dan biaya pelaksanaan. Dua metode yang umum diterapkan dalam proses ini adalah penggunaan *rock drill breaker* dan metode *blasting*, di mana masing-masing memiliki karakteristik, keunggulan, serta keterbatasan yang dapat memengaruhi produktivitas keseluruhan pekerjaan. Hasil pengukuran yang diberikan di lokasi memberikan gambaran rinci terkait parameter geometri yang digunakan (Sundoyo & Hidayat, 2019).

Rock Drill Breaker adalah alat berat yang dipakai untuk membantu pekerjaan dalam hal penghancuran/*demolition*. Fungsi utama dari alat ini yaitu untuk melakukan penghancuran pada benda-benda keras saat melakukan pekerjaan galian, pengeboran, maupun perbaikan bangunan dan jalan raya (Assyifa & Priyanto, 2022).

Blasting adalah proses pemecahan batuan dengan menggunakan bahan peledak. *Blasting* biasanya dilakukan untuk mempercepat proses pekerjaan penambangan, memperkecil ukuran batuan yang terlalu besar untuk diangkut, atau untuk membuat jalan atau terowongan di dalam suatu batuan. Selain itu, *blasting* juga dapat digunakan untuk tujuan lain seperti konstruksi bangunan dan pembangunan jalan (Naufal et al., 2024).

Peledakan dikatakan baik jika fragmentasi yang dihasilkan sejalan dengan apa yang diharapkan. Fragmentasi diharapkan memiliki ukuran yang ditentukan oleh standar perusahaan sebanyak mungkin, dan batuan yang berupa gumpalan batu yang dihasilkan tetap seminimum mungkin (Pebrianto et al., 2024).

Geometri memiliki peran penting dalam mengontrol hasil peledakan, termasuk, *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, *blast hole depth*, *fill column length*, dan *bench height*. (Konya & Walter, 1990).

Powder factor adalah perbandingan antara berat bahan peledak yang digunakan dengan jumlah material yang mau diledakkan. Tabel 1 adalah klasifikasi *powder factor* yang digunakan berdasarkan dari jenis batuanya (Bandhari, 1997).

Tabel 1. Powder factor peledakan beberapa jenis batuan (Bandhari, 1997)

No.	Jenis batuan	PF - kg/m ³
1	<i>Fat soft clay, heavy clay, morainic clay, slate clay, heavy loam, coarse grit</i>	0,35 – 0,5
2	<i>Marl, brown coal, gypsum, tuff, pumice stone, anthracite, soft limestone, diatomite</i>	0,35 – 0,55
3	<i>Clayey sandstone, conglomerate, hard clay shale, marly limestone, anhydrite, micaceous shale</i>	0,45 – 0,6
4	<i>Granites, gneisses, synites, limestone, sandstone, siderite, magnesite, dolomite, marble</i>	0,6 – 0,7
5	<i>Coarse-grained granite, serpentine, audisite and basalt, weathered gneiss, trachyte</i>	0,7 – 0,75
6	<i>Hard gneiss, diabase, porphyrite, trachyte, granite-gneiss, diorite, quartz</i>	0,85
7	<i>Andesite, basalt, hornfels, hard diabase, diorite, gabbro, gabbro diabase</i>	0,9

Melakukan perbandingan produktivitas dan efisiensi antara kedua metode ini menjadi penting untuk menentukan pendekatan yang paling efektif dan efisien. Faktor-faktor seperti biaya, waktu, dan produktivitas menjadi aspek utama yang harus dipertimbangkan. Penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis perbedaan produktivitas serta efisiensi antara metode *rock drill breaker* dan *blasting* dalam pekerjaan galian batu. Analisis komparatif berpusat pada empat parameter utama: efisiensi, waktu, biaya operasional, dan produktivitas. Penelitian ini tidak mencakup pembahasan mendalam mengenai aspek lain seperti, manajemen proyek atau dampak terhadap jadwal pelaksanaan pekerjaan. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang komprehensif bagi para praktisi dan pengambil keputusan dalam memilih metode yang paling sesuai untuk kebutuhan proyek.

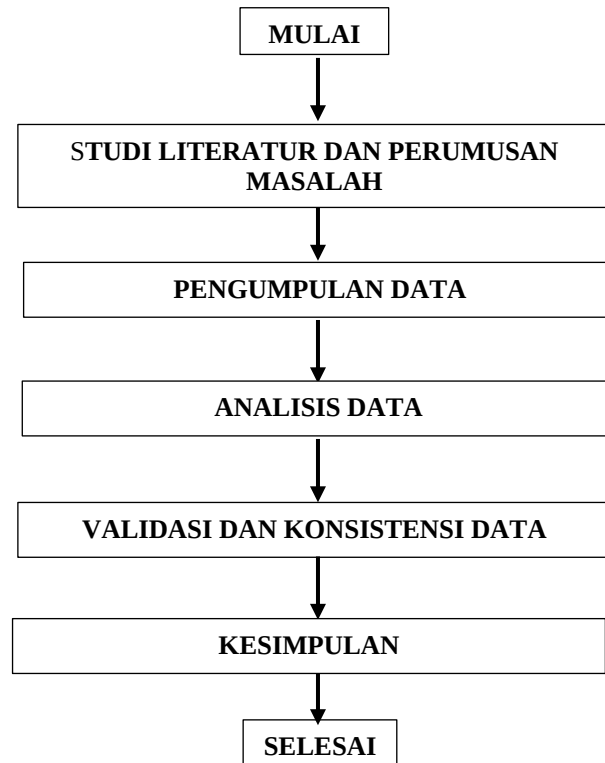
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk membandingkan produktivitas pekerjaan galian batu antara metode *rock drill breaker* dan *blasting*, dengan fokus pada analisis produktivitas, biaya, serta keterbatasan masing-masing metode.

Pengumpulan data dilakukan dari dua sumber yang berbeda. Data untuk metode *rock drill breaker* diambil langsung dari lokasi penelitian, yaitu proyek galian batu yang menggunakan metode ini. Lokasi dipilih berdasarkan kemudahan akses terhadap data primer dan observasi teknis di lapangan. Sebaliknya, data untuk metode *blasting* diperoleh dari referensi lokasi lain, berupa laporan teknis, dokumentasi proyek, atau hasil penelitian sebelumnya. Pemilihan data referensi untuk metode *blasting* dilakukan karena keterbatasan akses langsung ke proyek yang menggunakan metode ini.

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer mencakup volume galian batu yang dihasilkan oleh kedua metode, biaya langsung pekerjaan seperti operasional alat berat dan tenaga kerja, serta kondisi teknis di lokasi, termasuk jenis alat yang digunakan dan kapasitasnya. Sementara itu, data sekunder meliputi produktivitas metode *blasting* yang diperoleh dari referensi lokasi lain serta biaya pekerjaan yang diambil dari data yang telah tersedia. Gambar 1 adalah diagram alur penelitian yang menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian.

Perhitungan produktivitas alat *rock drill breaker* dapat menggunakan rumus yang tercantum pada Persamaan 1. Untuk menghitung koefisien alat berat dapat menggunakan Persamaan 2 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2022).



Gambar 1. Bagan alur tahapan penelitian

$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts} \quad (1)$$

$$E = \frac{1}{Q} \quad (2)$$

dengan Q = produktivitas (m^3/jam), V = kapasitas *breaker*, Fb = faktor *breaker*, Fa = faktor efisiensi alat, Ts = waktu siklus (menit), dan E = koefisien alat berat (jam/m^3).

Untuk menghitung biaya alat dapat menggunakan rumus yang tertera pada peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomor 1 tahun 2022 mengenai analisis biaya operasi alat berat *rock drill breaker*. Pada bagian uraian peralatan dan biaya lain-lain telah disesuaikan dengan kondisi dan situasi dilapangan sebagai berikut:

1. Uraian peralatan

- Tenaga (Pw) = 2,7 Hp
- Kapasitas (Cp) = $0,5 \text{ m}^3$
- Asumsi alat baru:
 - Umur ekonomis (A) = 10 tahun
 - Jam kerja dalam 1 tahun (W) = 1.600 jam
 - Harga alat (B) = Rp.750.000.000

2. Biaya pasti per jam kerja

Untuk mencari nilai sisa alat digunakan Persamaan 3. Untuk mencari faktor angsuran modal digunakan Persamaan 4. Untuk mencari biaya pengembalian modal digunakan Persamaan 5. Untuk menghitung nilai asuransi digunakan Persamaan 6. Untuk menghitung biaya pasti per jam digunakan Persamaan 7.

$$C = 10\% \times B_1 \quad (3)$$

$$D = \frac{i \times (1 + i)^A}{(1 + i)^A - 1} \quad (4)$$

$$E = \frac{(B_2 - C) \times D}{W} \quad (5)$$

$$F = \frac{0,002 \times B_2}{W} \quad (6)$$

$$G = E + F \quad (7)$$

dengan B_1 = harga alat (Rp.), C = nilai sisa alat (Rp.), D = faktor angsuran modal, i = tingkat suku bunga (%), A = umur ekonomis alat (tahun), E = biaya pengembalian modal, B_2 = faktor angsuran modal, W = jam kerja dalam 1 tahun (jam), F = Asuransi, dan G = biaya pasti per jam (Rp.).

3. Biaya operasi per jam kerja

Untuk menghitung biaya bahan bakar digunakan Persamaan 8. Untuk menghitung biaya pelumas digunakan Persamaan 9. Untuk menghitung biaya bengkel digunakan Persamaan 10. Untuk menghitung biaya bengkel digunakan Persamaan 11. Untuk menghitung biaya operator digunakan Persamaan 12. Untuk menghitung biaya pembantu operator digunakan Persamaan 13. Untuk menghitung biaya operasi per jam digunakan Persamaan 14.

$$H = (10\% - 12\%) \times Pw \times Ms \quad (8)$$

$$I = (0,25\% - 0,35\%) \times Pw \times Mp \quad (9)$$

$$J = \frac{(2,2\% - 2,8\%) \times B_1}{W} \quad (10)$$

$$K = \frac{(6,4\% - 9\%) \times B_1}{W} \quad (11)$$

$$L = (1 \text{ orang / jam}) \times U1 \quad (12)$$

$$M = (3 \text{ orang / jam}) \times U1 \quad (13)$$

$$P = H + I + K + L + M \quad (14)$$

dengan H = biaya bahan bakar (Rp.), Pw = tenaga (Hp), Ms = bahan bakar solar (liter), I = biaya pelumas (Rp.), Mp = minyak pelumas (liter), J = biaya bengkel (Rp.), K = biaya perawatan dan perbaikan (Rp.), L = biaya 1 orang operator (Rp.), $U1$ = upah operator (Rp.), M = biaya 3 orang pembantu operator (Rp.), $U2$ = upah pembantu operator (Rp.), dan P = biaya operasi per jam (Rp.).

4. Total biaya alat / jam kerja

Untuk menghitung total biaya alat per jam digunakan Persamaan 15.

$$T = G + P \quad (15)$$

dengan T = total biaya alat per jam (Rp.).

5. Lain-lain:

Tingkat suku bunga (i)	= 10 % /tahun
Upah operator / supir ($U1$)	= Rp.37.428,57 /jam
Upah pembantu operator ($U2$)	= Rp.25.000 /jam
Bahan bakar bensin (Mb)	= 19.000 liter
Bahan bakar solar (Ms)	= 24.500 liter
Minyak pelumas (Mp)	= 90.000 liter

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan data mengenai produktivitas, durasi penggunaan alat, dan biaya operasional alat *rock drill breaker* dalam proyek galian batu X. Selain itu, untuk metode *blasting*, data yang dikumpulkan mencakup geometri peledakan, *powder factor*, serta perbandingan antara volume teoritis dan volume aktual, yang diperoleh dari referensi lain. Kombinasi data ini memberikan wawasan yang berguna untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas kedua metode dalam pelaksanaan proyek.

Volume pekerjaan galian batu

Mengetahui volume pekerjaan galian batu sangat diperlukan untuk mencari perhitungan waktu yang dibutuhkan alat *rock drill breaker*. Jumlah volume pekerjaan galian berdasarkan pekerjaan yang diikuti adalah sebesar 63.195,25 m³.

Perhitungan produktivitas alat berat *rock drill breaker*

Pemilihan alat berat yang sesuai dengan kondisi dan situasi lapangan berperan penting dalam meningkatkan hasil produksi serta memastikan jadwal dan target yang telah ditetapkan dapat tercapai. Dalam penelitian ini membahas

perhitungan produktivitas *rock drill breaker* dengan alat *excavator* tipe Komatsu PC 200. berdasarkan pekerjaan yang diikuti adalah sebagai berikut:

Diameter <i>breaker</i>	= 11,50 cm
Kapasitas <i>breaker</i> (V)	= 0,5 m ³
Faktor <i>breaker</i> (Fb)	= 1,00
Faktor efesiensi alat (Fa)	= 0,83
Waktu siklus (Ts)	= waktu memahat + waktu lain-lain
	= 0,333 + 0,500
	= 0,83 menit

$$Q = \frac{0,5 \times 1 \times 0,83 \times 60}{0,83}$$

$$Q = 29,89 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$E = \frac{1}{29,89}$$

$$E = 0,0335 \text{ jam/m}^3$$

Perhitungan durasi penggunaan *rock drill breaker*

Analisis durasi penggunaan alat *rock drill breaker* dalam menyelesaikan pekerjaan galian batu. Salah satu faktor kunci yang memengaruhi durasi penggunaan alat ini adalah jumlah alat yang tersedia, yang ditentukan sebagai berikut:

Jam kerja/hari	= 7 jam/hari
Jumlah <i>rock drill breaker</i>	= 8 unit
Volume galian	= 63.195,25 m ³
Produktivitas <i>rock drill breaker</i>	= 29,89 m ³ /jam
Produksi per hari	= 29,89 m ³ /jam x 7 jam x 8 Unit
	= 1673,84 m ³ /hari
Waktu kerja alat	= $\frac{63.195,25 \text{ m}^3}{1673,84 \text{ m}^3/\text{hari}}$
	= 37,7547 hari
	= 38 hari

Perhitungan biaya operasi alat *rock drill breaker*

Analisis harga dibawah ini telah menyesuaikan dengan kondisi dan situasi dilapangan sesuai dengan pasal 1.5.3 pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat No. 8 tahun 2023.

- Biaya Pasti Per Jam Kerja

Nilai Sisa Alat (C)	= 10% x 750.000
	= Rp.75.000.000
Faktor Angsuran Modal (D)	= $\frac{10\% \times (1+10\%)^{10}}{(1+10\%)^{10}-1}$
	= 0,16275
Biaya Pengembalian modal (E)	= $\frac{(750.000.000 - 75.000.000) \times 0,16275}{1.600}$
	= Rp.68.685,21
Asuransi, dll. (F)	= $\frac{0,002 \times 750.000.000}{1.600}$
	= Rp.937,5
Biaya Pasti Per Jam (G)	= Rp.68.685,21 + Rp.937,5
	= Rp.69.595,71
- Biaya Operasi Per Jam Kerja

Bahan bakar (H)	= (10% -12 %) x 2,7 x 24.500
	= Rp.7. 276,5
Pelumas (I)	= (0,25% - 0,35%) x 2,7 x 90.000
	= Rp.729
Biaya bengkel (J)	= $\frac{(2,2 \% - 2,8 \%) \times 750.000.000}{1.600}$
	= Rp.11.718,75
Perawatan dan perbaikan (K)	= $\frac{(6,4 \% - 9 \%) \times 750.000.000}{1.600}$
	= Rp.36.093,75

Operator (L)	= 1 x 37.428,57 = Rp.37.428,57
Pembantu operator (M)	= 3 x 25.000 = Rp.75.000
Biaya Operasi Per Jam (P)	= 7. 276,5 + 729 + 11.718,75 + 36.093,75 + 37.428,57 + 75.000 = Rp.168.246,57
3. Total Biaya Alat / Jam Kerja	
Total Biaya Alat / Jam (T)	= Rp.69.595,71 + Rp.168.246,57 = Rp.237.842,28
Total Biaya 8 Unit Rock Drill Breaker	= 8 x 237.842,28 = Rp.1.902.738,24

Perhitungan total biaya alat untuk pekerjaan galian batu

Analisis berikut menghitung total biaya pekerjaan galian batu dengan menggunakan *rock drill breaker*. Perhitungan ini didasarkan pada durasi pelaksanaan pekerjaan serta biaya operasional dari seluruh alat yang digunakan sesuai dengan jumlah alat yang dibutuhkan. Durasi pekerjaan menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi besarnya total biaya.

Lama durasi pekerjaan	= 38 hari = 912 jam
Total biaya 8 unit <i>rock drill breaker</i>	= Rp.1.902.738,24
Total biaya alat <i>rock drill breaker</i>	= 912 x Rp.1.902.738,24 = Rp.1.735.297.274,88

Menentukan geometri peledakan *blasting*

Beberapa data penting mencakup panjang rata-rata *burden*, spasi, kedalaman lubang, dan *powder column*, yang bervariasi sesuai dengan ukuran bit yang digunakan. Rincian hasil pengukuran dapat dilihat di Tabel 2-3.

Tabel 2. Rincian hasil pengukuran geometri peledakan *bit* 5 inch (Sundoyo & Hidayat, 2019)

<i>Burden</i> (m)	Spasi (m)	Kedalaman (m)	<i>Powder Coloumn</i> (m)
4	5	6,4	3,4
4	5	6,3	3,4
4	5	6,2	3,2
4	5	6	3

Tabel 3. Rincian hasil pengukuran geometri peledakan *bit* 6 inch (Sundoyo & Hidayat, 2019)

<i>Burden</i> (m)	Spasi (m)	Kedalaman (m)	<i>Powder Coloumn</i> (m)
5	6	6,4	3,4
5	6	6,3	3,4
5	6	6,2	3,2
5	6	6	3

Berdasarkan hasil pengukuran pada lokasi peledakan, panjang rata-rata *burden bit* 5" adalah 4 meter dan *bit* 6" adalah 5 meter. Panjang rata-rata spasi *bit* 5" adalah 5 meter dan *bit* 6" adalah 6 meter. Rata-rata kedalaman *bit* 5" dan 6" berkisar antara 6 m hingga 6,4 m, dengan nilai spesifik 6 m, 6,2 m, 6,3 m, dan 6,4 m. Sementara itu, rata-rata panjang *powder coloumn* untuk *bit* 5" dan 6" berada di antara 3 m hingga 3,4 m, dengan nilai 3 m, 3,2 m, 3,3 m, dan 3,4 m. Pengukuran ini sangat krusial untuk memperkirakan biaya yang akan dikeluarkan di masa mendatang.

Perhitungan *powder factor*

Kebutuhan bahan peledak dipengaruhi oleh diameter lubang dan panjang kolom isian yang digunakan dalam geometri peledakan. Semakin besar diameter lubang dan panjang kolom isian, semakin banyak bahan peledak yang dibutuhkan. Volume batuan yang diharapkan dapat terbongkar dihitung dengan mengalikan ukuran *burden*, *spasi*, dan kedalaman lubang ledak. Perbandingan nilai *powder factor* dapat dilihat pada Tabel 4-5.

Tabel 4. Perbandingan nilai *powder factor* bit 5 inch (Sundoyo & Hidayat, 2019)

Burden (m)	Spasi (m)	Kedalaman (m)	<i>Powder Coloumn</i> (m)	Isian Bahan Peledak (kg)	Volume (m ³)	<i>Powder Factor</i> (kg/ m ³)
4	5	6,4	3,4	35,8	128	0,279
4	5	6,3	3,4	34,7	126	0,276
4	5	6,2	3,2	33,7	124	0,269
4	5	6	3	31,6	120	0,263

Tabel 5. Perbandingan nilai *powder factor* bit 6 inch (Sundoyo & Hidayat, 2019)

Burden (m)	Spasi (m)	Kedalaman (m)	<i>Powder Coloumn</i> (m)	Isian Bahan Peledak (kg)	Volume (m ³)	<i>Powder Factor</i> (kg/ m ³)
5	6	6,4	3,4	51,7	192	0,271
5	6	6,3	3,4	50,1	189	0,265
5	6	6,2	3,2	48,5	186	0,261
5	6	6	3	45,5	180	0,253

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai *powder factor* dipengaruhi oleh ukuran geometri peledakan yang digunakan. Nilai *powder factor* juga akan mempengaruhi hasil yang didapatkan dari peledakan.

Perbandingan volume teoritis dan volume aktual

Dalam pelaksanaannya, terkadang volume batuan yang berhasil terbongkar secara nyata tidak sejalan dengan volume yang diperkirakan secara teoritis. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan volume teoritis dan aktual (Sundoyo & Hidayat, 2019)

<i>Blasting Date</i>	<i>Blasting Volume (Bcm)</i>	
	Teoritis	Aktual (Survei)
01-Apr-18	10.669,73	9.816,15
02-Apr-18	6.828,00	6.281,76
03-Apr-18	9.814	9.028,88
04-Apr-18	14.926	13.731,92
05-Apr-18	7.152	6.579,84
06-Apr-18	<i>Breakdown</i>	
07-Apr-18	17.577,45	16.171,25
08-Apr-18	16.394,40	15.082,85
09-Apr-18	15.206	13.989,52
10-Apr-18	13.776	12.673,92
11-Apr-18	11.743,88	10.804,37
12-Apr-18	<i>Breakdown</i>	
13-Apr-18	5.868,23	5.398,77
14-Apr-18	11.016	10.134,72
15-Apr-18	17.812,58	16.387,57
16-Apr-18	14.181,75	13.047,21
17-Apr-18	10.281,15	9.458,66
18-Apr-18	31.146	28.654,32
19-Apr-18	12.393	11.401,56
20-Apr-18	7.402	6.809,84
21-Apr-18	<i>Breakdown</i>	
22-Apr-18	16.974	15.616,08
23-Apr-18	16.630	15.299,60
24-Apr-18	17.042	15.678,64
25-Apr-18	12.256	11.275,52
26-Apr-18	10.694	9.838,48
27-Apr-18	13.305,60	12.241,15
28-Apr-18	<i>Breakdown</i>	

Tabel 6 (lanjutan). Perbandingan volume teoritis dan aktual (Sundoyo & Hidayat, 2019)

<i>Blasting Date</i>	<i>Blasting Volume (Bcm)</i>	
	Teoritis	Aktual (Survei)
29-Apr-18	<i>Breakdown</i>	
30-Apr-18	5.432	4.997,44
Jumlah	321.089,77	295.402,58
Recovery	92%	

Perbedaan antara volume aktual dan volume teoritis sering kali disebabkan oleh karakteristik batuan yang tidak merata, yang dapat menghasilkan tonjolan-tonjolan pada permukaan lantai peledakan. Tonjolan-tonjolan ini, yang tidak dapat diangkat atau digali, akan mengurangi jumlah volume batuan yang seharusnya terbongkar sesuai dengan estimasi teoritis. Ini menunjukkan bahwa variabilitas geologi dan kondisi lapangan dapat mempengaruhi hasil akhir dari proses peledakan. (Sundoyo & Hidayat, 2019).

Harga kebutuhan perlengkapan kegiatan peledakan

Pada kegiatan peledakan *blasting*, biaya yang dibutuhkan mencakup tidak hanya bahan peledak habis pakai untuk menghancurkan batuan, tetapi juga perlengkapan dan peralatan pendukung yang diperlukan untuk mendukung proses peledakan. Harga perlengkapan dan peralatan dapat dilihat di Tabel 7.

Tabel 7. Harga kebutuhan perlengkapan kegiatan peledakan (Sundoyo & Hidayat, 2019)

Peralatan Peledakan	Harga
<i>Blasting Machine</i>	Rp.10.750.000 per Unit
<i>Ohm Meter</i>	Rp.3.150.000 per Unit
<i>Inhole delay detonator</i>	Rp.63.000 per pcs
Plastik	Rp.1.250.000 per rol
<i>Amonium Nitrate (ANFO)</i>	Rp.9.100/kg
<i>Fuel Oil (ANFO)</i>	Rp.8.500/liter
<i>Dayagel</i>	Rp.28.000 per pcs

Komponen perhitungan biaya peledakan per lubang

Komponen biaya peledakan mencakup total biaya yang dihitung berdasarkan harga masing-masing elemen yang terlibat dalam proses peledakan. Perhitungan biaya per lubang ledak terdiri dari beberapa item, termasuk bahan peledak seperti *amonium nitrat*, *fuel oil*, dan *dayagel*, serta perlengkapan peledakan seperti *in hole delay detonator* dan *surface delay detonator*. Dengan merinci harga masing-masing komponen, total biaya peledakan dapat dihitung secara akurat. Untuk informasi lebih lanjut mengenai perhitungan biaya peledakan, dapat dilihat pada Tabel 8, yang memberikan gambaran lengkap mengenai biaya yang diperlukan untuk setiap lubang ledak.

Tabel 8. Biaya peledakan per lubang (Sundoyo & Hidayat, 2019)

Biaya Handak per Lubang		Biaya Perlengkapan per Lubang		<i>Total Cost</i>
AN/kg Anfo	Rp.8.599,5	<i>In hole</i>	Rp.63.000	
FO/ Kg Anfo	Rp.563,25	<i>Surface</i>	Rp.63.000	Rp.154.000
Anfo /kg	Rp.9.162,75	<i>Dayagel</i>	Rp.28.000	
Anfo / Hole (5)	Rp.318.729	Rp.318.729 + Rp.154.000		Rp.472.729
Anfo / Hole (6)	Rp.458.970	Rp.458.970 + Rp.154.000		Rp.612.970

Dari Tabel 8, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan biaya peledakan terutama dipengaruhi oleh jumlah pemakaian bahan peledak dalam setiap lubang ledak. Sementara itu, jumlah perlengkapan peledakan yang diperlukan tetap konsisten di setiap lubang. Pada lubang ledak yang lebih dalam, diperlukan lebih banyak isian bahan peledak, yang mengakibatkan biaya per lubang ledak menjadi lebih tinggi. Dengan demikian, kedalaman lubang ledak secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan total biaya peledakan.

Biaya peledakan per meter kubik

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan, penggunaan bahan peledak, terutama ANFO, sudah sesuai dengan takaran yang telah ditentukan. Perhitungan total biaya peledakan per lubang, yang dapat dilihat pada Tabel 9

dan Tabel 10, mencakup beberapa komponen, yaitu biaya jumlah penggunaan bahan peledak, biaya perlengkapan peledakan, serta volume batuan yang terbongkar

Tabel 9. Biaya peledakan per meter kubik bit 5 Inch (Sundoyo & Hidayat, 2019)

Burden	Spasi	Kedalaman	Powder Factor	Rp/m ³
4	5	6,4	0,279	Rp.3.769
4	5	6,3	0,276	Rp.3.749
4	5	6,2	0,269	Rp.3.734
4	5	6	0,263	Rp.3.698

Tabel 10. Biaya peledakan per meter kubik bit 6 Inch (Sundoyo & Hidayat, 2019)

Burden	Spasi	Kedalaman	Powder Factor	Rp/m ³
4	5	6,4	0,271	Rp.3.249
4	5	6,3	0,265	Rp.3.243
4	5	6,2	0,261	Rp.3.221
4	5	6	0,253	Rp.3.174

Dari Tabel 9 dan Tabel 10, terlihat bahwa besaran nilai biaya peledakan sangat dipengaruhi oleh geometri peledakan yang digunakan. Pada ukuran geometri peledakan yang sama, semakin besar nilai PF (*Powder Factor*) yang digunakan, maka akan semakin tinggi biaya peledakan yang diperlukan. Sebagai contoh, peledakan yang menggunakan *bit* berukuran 5" dengan PF optimum sebesar 0,269 kg/m³ memerlukan biaya peledakan sebesar Rp3.734 per m³. Sementara itu, peledakan yang menggunakan *bit* berukuran 6" dengan PF optimum sebesar 0,265 kg/m³ hanya membutuhkan biaya peledakan sebesar Rp3.243 per m³. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan geometri peledakan dan nilai PF yang tepat sangat berpengaruh terhadap efisiensi biaya dalam proses peledakan.

Dalam pelaksanaannya, pemakaian perlengkapan peledakan dan bahan peledak berdasarkan pengamatan di lapangan telah sesuai dengan kebutuhan, tanpa ada pengurangan atau kelebihan, dan sesuai dengan takaran yang ditentukan, terutama untuk bahan peledak ANFO. Untuk meningkatkan efisiensi biaya, perusahaan berupaya untuk memperbanyak penggunaan lubang ledak dengan *bit* berukuran 6" dibandingkan dengan *bit* berukuran 5". Penggunaan lubang ledak 6" terbukti lebih menguntungkan, karena dapat menghemat biaya peledakan sebesar Rp491 per m³, yang setara dengan sekitar 13%. Langkah ini menunjukkan komitmen perusahaan dalam mengoptimalkan biaya operasional sambil tetap menjaga efektivitas peledakan.

Perhitungan perbandingan waktu antara *rock drill breaker* dan *blasting*

Berdasarkan Tabel 6, rata rata produktivitas yang didapat dari volume yang dihasilkan oleh *blasting* per harinya adalah sebesar 12.016 m³/hari. Sementara pada *rock drill breaker* di dapat produktivitas dari 8 unit sebesar 1673,84 m³/hari. maka jika pada proyek X menggunakan metode *blasting* waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan galian batu sebesar 63.195,25 m³ adalah dengan membagi antara volume galian dengan produktivitas dari *blasting*.

$$\begin{aligned}\text{Waktu yang dibutuhkan} &= \frac{63.195,25 \text{ m}^3}{12.016 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 5,26 \text{ hari}\end{aligned}$$

Perhitungan perbandingan biaya antara *rock drill breaker* dan *blasting*

Pada perhitungan total biaya pekerjaan batu menggunakan *rock drill breaker*, biaya yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan galian batu sebesar 63.195,25 m³ adalah Rp.1.735.297.274,88. Sementara pada perhitungan peledakan per meter kubik yang didapatkan berdasarkan PF optimum yang disarankan adalah Rp.3.243/ m³ untuk satu lubang peledakan. Dikarenakan pada referensi yang diambil tidak dicantumkan berapa jumlah lubang yang digunakan untuk keseluruhan peledakan, maka untuk menjaga konsistensi data, peneliti mengasumsikan jumlah yang digunakan sebanyak 40 lubang agar dapat menghitung biaya peledakan keseluruhan lubang.

$$\begin{aligned}\text{Biaya peledakan keseluruhan lubang} &= 40 \times \text{Rp.3.243} \\ &= \text{Rp.149.960/m}^3\end{aligned}$$

Maka untuk mengetahui total biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan galian batu sebesar 63.195,25 m³ adalah dengan mengalikan biaya peledakan keseluruhan lubang dengan volume galian.

$$\begin{aligned}\text{Total biaya peledakan} &= 63.195,25 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 49.960/\text{m}^3 \\ &= \text{Rp.} 9.476.759.690\end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa produktivitas *rock drill breaker* dipengaruhi oleh diameter *breaker* yang digunakan. Semakin besar diameter *breaker* yang digunakan maka akan semakin besar produktivitas yang dihasilkan. Sedangkan pada *blasting* produktivitas dipengaruhi oleh nilai *powder factor* yang didapatkan. Semakin besar nilai *powder factor* yang dihasilkan maka akan semakin besar juga pada volume batuan yang diledakan. *Powder factor* juga dipengaruhi oleh geometri peledakannya. Semakin besar diameter lubang ledak akan membuat nilai *powder factor* menjadi semakin besar juga.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, durasi waktu yang diperlukan oleh *rock drill breaker* untuk menyelesaikan pekerjaan galian batu, dipengaruhi oleh banyaknya alat dan produktivitas setiap alat yang digunakan. Semakin banyak dan semakin besar produktivitas yang dimiliki oleh *rock drill breaker* maka akan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan galian batu akan semakin cepat. Sedangkan pada metode *blasting* waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan galian batu tergantung pada perencanaan geometri peledakan, semakin efisien perencanaan yang dilakukan untuk menentukan geometri peledakan, maka batuan yang berhasil dibongkar akan semakin efisien.

Pada hasil perhitungan yang didapatkan dengan metode *rock drill breaker* dengan diameter *rock drill breaker* sebesar 11,50 cm dan kapasitas produktivitas dari 8 unit *rock drill breaker* sebesar 132,72 m³/hari mampu menyelesaikan pekerjaan galian batu dengan volume sebesar 63.195,25 m³ dalam waktu 476 hari. Dibandingkan dengan metode *blasting* dengan rata rata produktivitas sebesar 12.016 m³/hari, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan galian batu dengan volume 63.195,25 m³, hanya membutuhkan waktu 5,26 hari. maka pekerjaan galian batu menggunakan metode *blasting* jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode *rock drill breaker*.

Dalam perhitungan biaya, metode *rock drill breaker* hanya membutuhkan biaya sebesar Rp.1.902.738,24 untuk menyelesaikan volume galian batu sebesar 63.195,25 m³, sedangkan *blasting* membutuhkan biaya sebesar Rp. 9.476.759.690. maka pekerjaan galian batu menggunakan *rock drill breaker* jauh lebih murah dibandingkan dengan *blasting*.

DAFTAR PUSTAKA

- Assyifa, R. N., & Priyanto, B. (2022). Analisis produktivitas alat berat untuk pekerjaan galian pada proyek pembangunan Jalan Tepus-Jerukwudel II (STA 25+100-25+225). *Jurnal ISAINTEK*, 5(4), 19-23. <https://doi.org/10.55606/isaintek.v5i02.58>
- Bhandari, S. (1997). Engineering rock blasting operations. *AA Balkema*, 215.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). Analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) bidang bina marga. Dalam *peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia nomor 1 tahun 2022 tentang pedoman penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat* (Bagian 3). Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia nomor 8 tahun 2023 tentang pedoman penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat*. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Konya, C. J., & Walter, E. J. (1990). *Surfase blast design*. Hall. Inc.
- Naufal, A., Simamora, W. V., Herwindo, W., & Riyanto, D. P. (2024). Studi evaluasi manajemen konstruksi pekerjaan galian batu dengan peledakan pada bangunan pelimpah proyek pembangunan bendungan budong-budong. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 3(1). <https://doi.org/10.56911/jik.v3i1.59>
- Onibala, E. C., Inkiriwang, R. L., & Sibi, M. (2018). Metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi dalam proyek pembangunan sekolah smk santa familia kota tomohon. *Jurnal Sipil Statik*, 6(11), 927-940.
- Pebrianto, R., Al hadi, A., Asof, M., & Paloma, N. (2024). Rekomendasi geometri peledakan batuan andesit untuk hasil fragmentasi yang baik. *Jurnal Pertambangan*, 8(2). <https://doi.org/10.36706/jp.v8i2.2296>
- Sundoyo & Hidayat, R. N. (2019). Kajian perhitungan biaya blasting PT Bukit Baiduri Energi Site Merandai Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 25(2). <https://doi.org/10.53640/jgp.v25i2.681>