

## Pengaruh Konsistensi Kolom Stemming Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

### *Effect of Stemming Column Consistency on Blasted Rock Fragmentation*

Anjana Supriyatna<sup>1</sup>, Siti Aminah<sup>2</sup>, Haeruddin<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Jember,  
e-mail penulis : 211910901010@mail.unej.ac.id

#### ABSTRAK

Konsistensi kolom *stemming* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dampak kegiatan peledakan. *Stemming* yang efektif mengurangi tingkat ledakan udara dan mengoptimalkan fragmentasi, yang berkontribusi pada efisiensi operasional dan produktivitas secara keseluruhan. Lokasi penelitian dilakukan di PT Nusantara Swadesi Mining Purwakarta, Jawa Barat yang memiliki permasalahan dalam memenuhi target produksinya. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian terbaru mengenai *stemming* dalam kegiatan peledakan. Konsistensi *stemming* sangat penting dalam kegiatan peledakan karena mencegah *fly rock*, fragmentasi yang lebih baik, dan lain-lain. *Stemming* yang kurang maksimal selain memiliki dampak *fly rock* juga mengakibatkan *air blast*, dan bongkahan batu (*boulder*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak konsistensi kolom *stemming* terhadap hasil peledakan dan rekomendasi geometri peledakan berdasarkan teori *R.L. Ash* dan *vertical energy distribution* (VED). Pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil fragmentasi batuan dan analisis regresi serta korelasi mengenai *stemming* dengan hasil fragmentasi untuk mengetahui hubungannya, yaitu memiliki tingkat hubungan yang sedang. Geometri peledakan yang baik, termasuk panjang dan konsistensi *stemming*, dapat mempengaruhi distribusi tekanan dan energi ledakan, sehingga menghasilkan fragmentasi batuan yang optimal dan konsisten. Usulan rancangan geometri peledakan berdasarkan teori *R.L. Ash* dan *vertical energy distribution* (VED) adalah *burden* 2,93 m, *spasi* 3,66 m, *kedalaman lubang ledak* 8,79 m, *stemming* 2,93 m, *powder column* 5,86 m, *subdrilling* 0,88 m, *tinggi jenjang* 7,91 m, VED 66%, dan RC 2,75 dengan menggunakan bahan peledak DABEX73. Peledakan yang dilakukan dengan nilai RC kurang dari 1,4 dengan VED kurang dari 80%, maka hasil peledakan cenderung tidak optimal. Hal ini berisiko menimbulkan beberapa masalah teknik seperti fragmentasi yang buruk, *fly rock*, produktivitas menurun, dan penggunaan bahan peledak menjadi kurang ekonomis.

**Kata kunci:** Konsistensi *stemming*, Fragmentasi batuan, Peledakan, Andesit

#### ABSTRACT

*Stemming column consistency is one of the factors that affect the impact of blasting activities. Effective stemming reduces air blast rates and optimizes fragmentation, which contributes to operational efficiency and overall productivity. The research location is PT Nusantara Swadesi Mining Purwakarta, West Java, which has problems in meeting its production target. Therefore, it is necessary to conduct the latest research on stemming in blasting activities. Stemming consistency is very important in blasting activities because it prevents fly rock, better fragmentation, and others. Stemming that is not optimal in addition to having the impact of fly rock also results in air blast, and boulder. This research aims to analyze the impact of stemming column consistency on blasting results and blasting geometry recommendations based on R.L. Ash and vertical energy distribution (VED) theory. This research was conducted to obtain rock fragmentation results and regression and correlation analysis of stemming with fragmentation results tool to determine the relationship.*

#### How to Cite:

Sapriyatna, A., Aminah, S., Haerudin, H. 2025. Pengaruh Konsistensi Kolom Stemming Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan. *Mining Science and Technology Journal*, 4 (2): 101 – 111.

---

#### Published By:

Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

#### Address:

Jl. Kapt. Piere Tendean, No. 109, Baruga, Kota  
Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara

---

#### Article History:

Submited 5 June 2025  
Received in from 30 August 2025  
Accepted 30 August 2025

Which has a moderate level of relationship. Good blasting geometry, including stemming length and consistency, can affect the pressure distribution and blast energy, resulting in optimal and consistent rock fragmentation. The proposed blasting geometry design based on R.L. Ash theory and vertical VED consists of burden, spacing, blast hole depth, stemming, powder column, subdrilling, level height, VED, and RC is: 2,93 m, 3,66 m, 8,79 m, 2,93 m, 5,86 m, 0,88 m, 7,91 m, 66%, and 2,75 is respectively. When blasting is carried out with an RC value of less than 1.4 with a VED of less than 80%, the blasting results tend to be suboptimal. This risks causing several engineering problems such as poor fragmentation, fly rock, decreased productivity, and less economical use of explosives.

**Keywords:** Stemming consistency, Rock fragmentation, Blasting, Andesite

## PENDAHULUAN

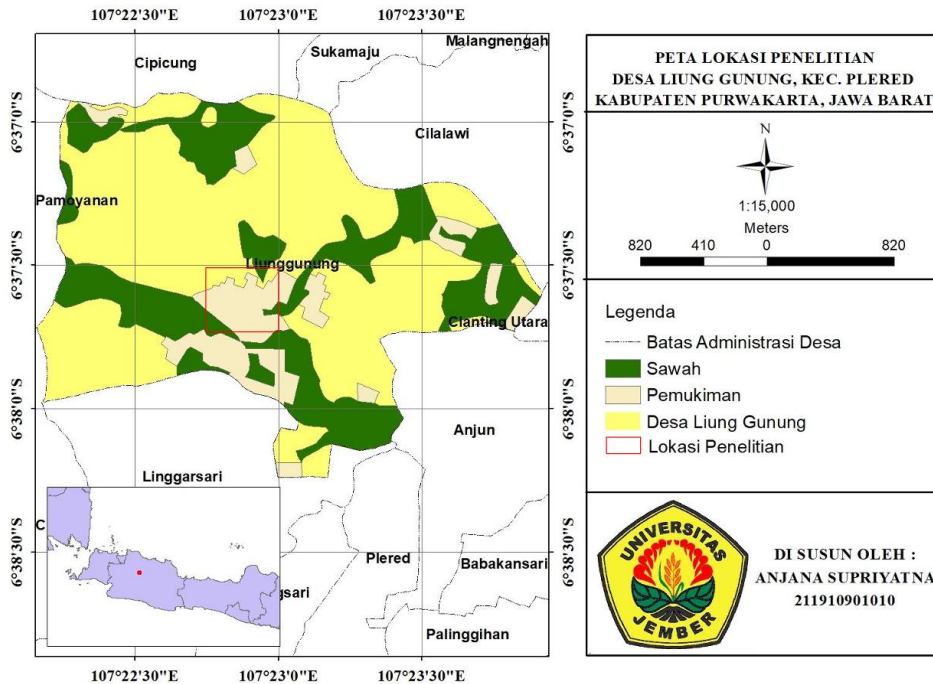
PT Nusantara Swadesi Mining merupakan perusahaan pertambangan yang berlokasi di Gunung Aseupan, Kampung Liung Gunung, Desa Bandung Herang, Kecamatan Plered, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. PT NSM mempunyai sumber daya alam yaitu batu andesit. Batuan yang memiliki kekerasan yang tinggi, mengakibatkan alat berat yang selama ini digunakan dalam melakukan penggalian tidak bisa digunakan karena mempertimbangkan biaya produksi tidak ekonomis (Pramudya, 2023). Dalam penambangan, batuan seringkali relatif keras dan tidak dapat ditambang secara langsung menggunakan alat gali, melainkan dengan peledakan sehingga operasional penambangan dapat dilakukan secara efisien dan efektif (Nugraha dkk., 2021). Dalam proses peledakan, maka ukuran fragmentasi batuan yang dihasilkan dipengaruhi oleh arah peledakannya. Arah dari peledakan dipengaruhi oleh struktur massa batuan yang ada kekar. Proses kegiatan peledakan sangat penting untuk menentukan geometri peledakan biasanya dapat dilihat dari ukuran fragmentasi batuan yang dihasilkan yang dipengaruhi oleh stemming. Fragmentasi itu sendiri tergantung dari geometri peledakan yang dibuat. Fragmentasi yang dihasilkan sesuai dengan ukuran *bucket* alat gali yang digunakan oleh perusahaan (Nubatonis & rande, 2020).

Pramudya (2023) membahas analisis *powder factor* dan fragmentasi hasil peledakan yang dilakukan di PT NSM. Selain itu, Saragih (2022) membahas optimasi kinerja alat angkut dan alat muat untuk mencapai target produksi 70.000 BCM di PT NSM, menunjukkan bahwa kinerja aktual alat gali-muat dan alat angkut tidak dapat memenuhi target produksi. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian terbaru mengenai *stemming* dalam kegiatan peledakan. Konsistensi *stemming* sangat penting dalam kegiatan peledakan karena mencegah *fly rock*, fragmentasi yang lebih baik, dan lain-lain. Ukuran *stemming* yang terlalu pendek menyebabkan energi terbuang sia-sia dan menghasilkan *fly rock*. *Stemming* terlalu besar menyebabkan tidak kuatnya energi untuk membongkar batuan bagian atas. Ukuran *stemming* yang optimum dapat menghasilkan kegiatan peledakan yang optimum. Dengan demikian, penelitian ini mempertimbangkan pengaruh konsistensi kolom *stemming* terhadap dampak kegiatan peledakan batuan di PT NSM. Konsistensi *stemming* yang tepat dapat mengurangi waktu penggalian (*digging time*). Jika *stemming* terlalu tinggi atau tidak konsisten, energi dari peledakan tidak akan terfokus dengan baik, sehingga mengurangi efektivitas ledakan dan meningkatkan waktu yang dibutuhkan untuk menggali material. Oleh sebab itu, penelitian ini penting dilakukan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk PT NSM dalam kegiatan peledakan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lokasi penambangan batu andesit PT Nusantara Swadesi Mining di Kecamatan Plered, kabupaten Purwakarta, Jawa Barat (Gambar 1). (Kondisi geologi di

Kabupaten Purwakarta meliputi berbagai jenis batuan sedimen klasik, seperti batu pasir, batu gamping, dan batu lempung, serta batuan vulkanik yang terdiri dari tuf, breksi vulkanik, batuan beku terobosan, batu lempung napalan, konglomerat, dan napal). Batuan beku terobosan mencakup andesit, diorit, vetrofir, basalt, dan gabro. Jenis-jenis batuan ini biasanya ditemukan di sebelah barat daya Kabupaten Purwakarta. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur dan observasi. Data yang dibutuhkan berupa data geometri peledakan, dokumentasi hasil peledakan, *fly rock*, dan *cycle time* alat muat.



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan seperti studi literatur, yaitu pengumpulan sumber informasi mengenai peledakan dan *cycle time* melalui artikel, hasil penelitian sebelumnya, maupun karya ilmiah lainnya yang relevan sebagai dasar pendukung penelitian. Kemudian Langkah selanjutnya observasi lapangan dan tinjauan permasalahan yaitu mengamati aktivitas peledakan di lokasi penelitian di PT NSM dengan meninjau permasalahan yang terjadi untuk diteliti berdasarkan studi literatur, kemudian rumusan masalah tersebut dituliskan sebagai tujuan dilakukannya penelitian ini. Selanjutnya pengumpulan data, berupa data primer dan data sekunder di PT NSM. Data primer terdiri atas dokumentasi foto hasil peledakan, geometri peledakan, dan *fly rock*, sedangkan data sekunder yaitu *cycle time* alat muat *excavator* PC300. Kemudian Langkah selanjutnya pengolahan data, yaitu perhitungan data geometri peledakan untuk mengetahui rata-rata data aktual seperti *burden*, spasi, kedalaman lubang ledak, kolom isian, dan *stemming*. Dalam pengolahan dokumentasi foto hasil peledakan dengan *image analysis* menggunakan *software* pertambangan, kemudian memperoleh hasil fragmentasi. Data kedalaman lubang tembak dan *stemming* dilakukan perhitungan statistik deskriptif seperti standar deviasi, minimal, maksimal, mean, dan koefisien variasi. Hasil data geometri peledakan *stemming* dan hasil fragmentasi dilakukan perhitungan koefisien korelasi untuk mengetahui kekuatan hubungan antar variabel. Geometri peledakan *stemming* dengan hasil fragmentasi dilakukan perhitungan regresi linear sederhana untuk mengetahui hubungan antar variabel. Selanjutnya analisis data, yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsistensi kolom

*stemming* terhadap dampak kegiatan peledakan batuan untuk dilakukan perhitungan rancangan geometri berdasarkan teori *R.L. Ash* dan *vertical energy distribution* (VED). VED berfungsi untuk mengetahui persentase energi yang akan dilepaskan secara vertikal. Setelah itu, mencari keterkurungan energi untuk mengetahui seberapa kuat *stemming* untuk menahan tekanan gas yang dihasilkan oleh bahan peledak. Kemudian Langkah terakhir penentuan kesimpulan dan saran sehingga nantinya penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

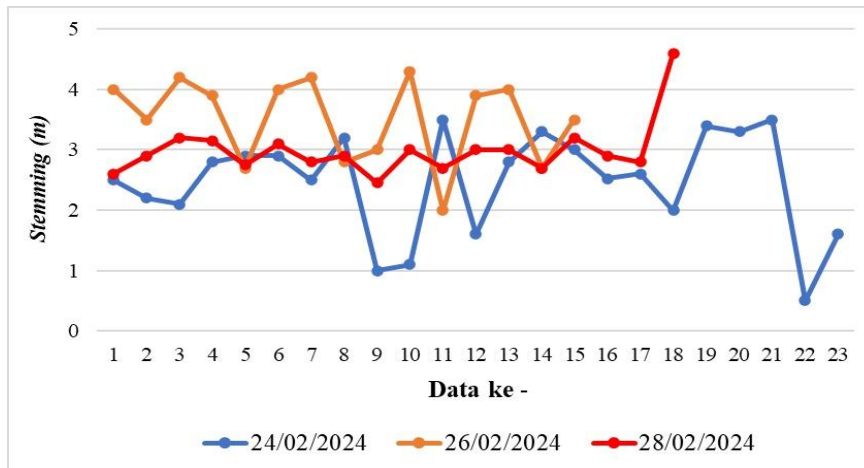
### Geometri Peledakan Aktual

Geometri peledakan merupakan aspek yang harus diperhatikan supaya mendapatkan hasil fragmentasi  $\leq 80$  cm. geometri peledakan terdiri dari *burden*, spasi, kedalaman lubang tembak, kolom isian, dan *stemming*. Data statistik terkait *stemming* pada beberapa tanggal di bulan Februari 2024 dan Maret 2024. Data ini mencakup jumlah data, standar deviasi, minimal, maksimal, mean, dan koefisien variasi. Data statistik terkait *stemming* pada beberapa tanggal di bulan Februari 2024 dan Maret 2024 (Tabel 1).

**Tabel 1.** Statistik deskriptif *stemming* peledakan

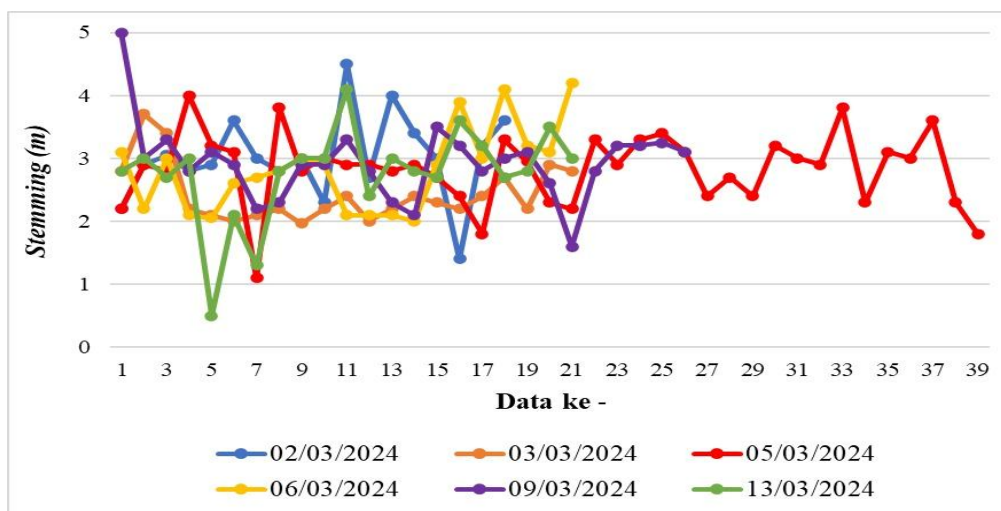
Tanggal	n	Min	Maks	Mean	Standar Deviasi	Koefisien Variasi (%)
24 Februari 2024	23	0,50	3,50	2,47	0,84	34,14
26 Februari 2024	15	2,00	4,30	3,51	0,70	20,06
28 Februari 2024	18	2,45	4,60	2,99	0,45	15,16
2 Maret 2024	18	1,40	4,50	3,02	0,69	22,78
3 Maret 2024	21	1,97	3,70	2,44	0,46	18,93
5 Maret 2024	39	1,10	4,00	2,83	0,58	20,47
6 Maret 2024	21	2,00	4,20	2,82	0,67	23,69
9 Maret 2024	26	1,60	5,00	2,93	0,61	20,76
13 Maret 2024	21	0,50	4,10	2,76	0,76	27,35

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa, standar deviasi tertinggi adalah 0,84 pada 24 Februari 2024, menunjukkan bahwa data hari tersebut memiliki penyebaran data yang lebih besar dibandingkan hari lainnya. Nilai minimum terjadi pada 24 Februari 2024 dan 13 Maret 2024 yaitu 0,50, sedangkan nilai maksimum tertinggi 28 Februari 2024 yaitu 4,60. Koefisien variasi tertinggi terjadi pada 24 Februari 2024 yaitu 34,14%, menunjukkan tingkat ketidakpastian yang besar dibandingkan rata-rata hari tersebut yaitu 2,47. Pada 24 Februari 2024 menunjukkan fluktuasi signifikan, karena koefisien variasinya tinggi (34,14%) yang berarti bahwa, *stemming* pada tanggal tersebut tidak konsisten dibandingkan dengan rata-ratanya yaitu 2,47. Sebaliknya, 28 Februari 2024 memiliki koefisien variasi yang rendah (15,16%) dan standar deviasi yang lebih kecil yaitu 0,45, menandakan bahwa kondisi yang lebih stabil. Adapun grafik mengenai data *stemming* pada beberapa tanggal di bulan Februari 2024 pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik *stemming* peledakan bulan Februari 2024

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa, pada tanggal 26 Februari 2024 berada di atas garis biru dan merah, berarti stemming pada hari tersebut memiliki kedalaman yang lebih dalam dibandingkan 24 Februari 2024 dan 28 Februari 2024. Pada 24 Februari 2024 menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan dengan penurunan tajam pada bagian akhir data dari 3,5 m ke 0,5 m. Pada data 8-11 terjadi penurunan *stemming* yang sangat tajam dari sekitar 3 m hingga mencapai 1 m, kemudian grafik naik lagi ke 3 m, yang berarti kejadian tersebut menunjukkan tidak konsistennya *stemming* tersebut. Pada 28 Februari 2024 cenderung lebih stabil dibandingkan dua tanggal lainnya, namun mengalami peningkatan yang disignifikan di akhir data yaitu dari 2,80 m ke 4,60 m. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan tidak adanya pengukuran kembali lubang ledak yang sudah di bor (*sounding*). Adapun grafik mengenai data *stemming* pada beberapa tanggal di bulan Maret 2024 pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik *stemming* peledakan bulan Maret 2024

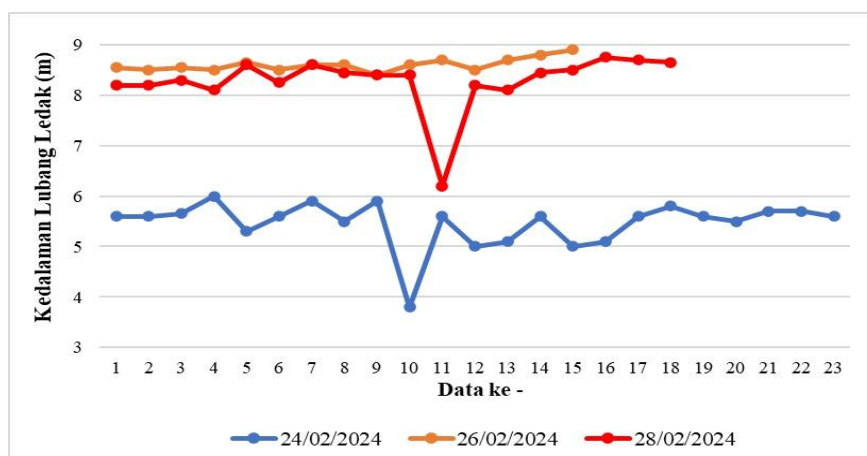
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa pada 2 Maret 2024 mengalami penurunan *stemming* yang cukup signifikan dari 4,50 m hingga mencapai 2,70 m, kemudian grafik naik lagi ke 4,00 m yang berarti kejadian tersebut menunjukkan tidak konsistennya *stemming* tersebut. Pada 3 Maret 2024 cenderung lebih stabil dibandingkan tanggal lainnya, namun mengalami peningkatan yang di akhir data yaitu dari 2,20 m ke 2,90 m, lalu turun ke 2,80 m. Pada 5 Maret 2024 mengalami penurunan *stemming* yang cukup signifikan dari 3,1 m hingga mencapai 1,1 m, kemudian grafik naik lagi ke 3,8 m yang berarti kejadian tersebut menunjukkan tidak konsistennya *stemming* tersebut. Pada 9 Maret 2024 mengalami penurunan *stemming*

yang cukup signifikan dari 5,00 m hingga mencapai 3,00 m, kemudian grafik naik lagi ke 3,30 m yang berarti kejadian tersebut menunjukkan tidak konsistennya *stemming* tersebut. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan tidak adanya pengukuran kembali lubang ledak yang sudah di bor (*sounding*). Adapun statistik deskriptif serta grafik mengenai data kedalaman lubang tembak pada beberapa tanggal di bulan Februari 2024 pada Tabel 2 dan Gambar 4.

**Tabel 2.** Statistik deskriptif kedalaman lubang tembak peledakan

Tanggal	n	Min	Maks	Mean	Standar Deviasi	Koefisien Variasi (%)
24 Februari 2024	23	3,80	6,00	5,47	0,46	8,33
26 Februari 2024	15	8,40	8,90	8,60	0,13	1,51
28 Februari 2024	18	6,20	8,75	8,28	0,56	6,73
2 Maret 2024	18	7,90	8,80	8,51	0,21	2,52
3 Maret 2024	21	8,20	8,70	8,42	0,16	1,89
5 Maret 2024	39	8,00	8,90	8,53	0,18	2,09
6 Maret 2024	21	5,10	5,78	5,53	0,16	2,84
9 Maret 2024	26	3,40	8,80	8,18	1,23	15,08
13 Maret 2024	21	4,00	8,80	8,20	1,02	12,43

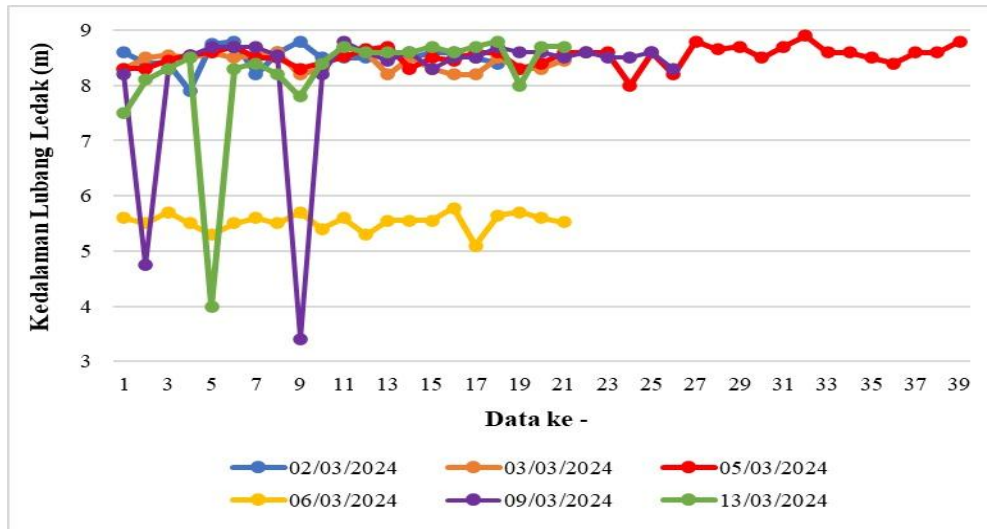
Berdasarkan Tabel 2. Menunjukkan bahwa kedalaman lubang tembak pada beberapa tanggal di bulan Februari 2024 dan Maret 2024. Data ini mencakup standar deviasi, minimal, maksimal, mean, dan koefisien variasi (Tabel 2). Nilai variasi tertinggi terjadi pada 9 Maret 2024 yaitu 1,52, sedangkan yang terendah pada 26 Februari 2024 yaitu 0,02. Standar deviasi tertinggi adalah 1,23 pada 9 Maret 2024, menunjukkan bahwa data hari tersebut memiliki penyebaran data yang lebih besar dibandingkan hari lainnya. Nilai minimum terjadi pada 9 Maret 2024 yaitu 3,40, sedangkan nilai maksimum terjadi pada 26 Februari 2024 yaitu 8,90. Koefisien variasi tertinggi terjadi pada 9 Maret 2024 yaitu 15,08%, menunjukkan tingkat ketidakpastian yang besar dibandingkan rata-rata hari tersebut yaitu 8,18. Pada 9 Maret 2024 menunjukkan fluktuasi signifikan, karena koefisien variasinya tinggi (15,08%) yang berarti bahwa, kedalaman lubang tembak pada tanggal tersebut tidak konsisten dibandingkan dengan rata-ratanya yaitu 8,18. Sebaliknya, 26 Februari 2024 memiliki koefisien variasi yang rendah (1,51%) dan standar deviasi yang lebih kecil yaitu 0,14, menandakan bahwa kondisi yang lebih stabil.



**Gambar 4.** Grafik kedalaman lubang tembak peledakan bulan Februari 2024

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan bahwa, pada 26 Februari 2024 berada di atas garis biru dan merah, berarti kedalaman lubang tembak pada hari tersebut memiliki kedalaman yang lebih

dalam dibandingkan 24 Februari 2024 dan 28 Februari 2024. Pada 28 Februari 2024 data 10 dan 11 terjadi penurunan dari 8,40 m hingga mencapai 6,20 m, kemudian grafik naik lagi ke 8,20 m, yang berarti kejadian tersebut menunjukkan tidak konsistennya kedalaman lubang tersebut. Pada 26 Februari 2024 cenderung lebih stabil dibandingkan dua tanggal lainnya. Pada 28 Februari 2024 data 9 dan 10 terjadi penurunan dari 5,90 m hingga mencapai 3,80 m, kemudian grafik naik lagi ke 5,60 m, yang berarti kejadian tersebut menunjukkan tidak konsistennya kedalaman lubang tersebut. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan tidak adanya pengukuran kembali lubang ledak yang sudah di bor (*sounding*). Adapun grafik mengenai data kedalaman lubang tembak pada beberapa tanggal di bulan Maret 2024 pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik kedalaman lubang tembak peledakan bulan Maret 2024

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa, sebagian besar data kedalaman lubang tembak yang stabil disekitar 8 meter, kecuali 6 Maret 2024. Pada 6 Maret 2024 cenderung lebih rendah dibandingkan tanggal lainnya, dengan kedalaman berkisar 5 meter, dikarenakan untuk menyamakan lantai atas dengan bawah untuk memperluas *hauling road*. Pada 9 Maret 2024 2024, terdapat penurunan kedalaman dari 8,55 m ke 3,40, kemudian grafik naik lagi ke 8,20 m, yang berarti kejadian tersebut menunjukkan tidak konsistennya kedalaman lubang tersebut. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan tidak adanya pengukuran kembali lubang ledak yang sudah di bor (*sounding*).

### Dampak Konsistensi Kolom Stemming Terhadap Hasil Peledakan

*Stemming* yang tidak konsistensi dapat menyebabkan masalah yang signifikan, termasuk fragmentasi yang buruk, peningkatan risiko getaran, *air blast*, dan yang paling penting, bahaya keselamatan yang terkait dengan *fly rock*. Material *stemming* yang digunakan berguna untuk menahan dan mencegah gas bertekanan tinggi untuk keluar dari lubang ledak, sehingga material *stemming* yang digunakan harus dipadatkan. *Stemming* yang tidak dipadatkan menyebabkan *fly rock* (Gambar 6) dan hasil peledakan yang kurang optimal, dikarenakan distribusi energi peledakan terpusat pada bidang yang lemah.

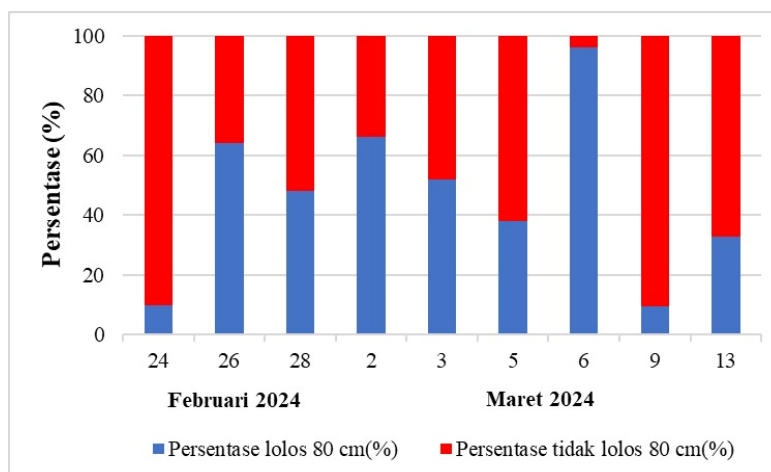


**Gambar 6** (a). *Fly Rock* Hasil Peledakan 9 Maret 2024 di PT NSM (b). *Secondary Blasting* di PT NSM

*Fly rock* tersebut dikarenakan kurangnya kedalaman lubang *stemming* yang seharusnya ledakan tersebut dapat tertahan dan kearah horizontal bukannya vertikal serta, tidak dipadatkannya material *stemming*. Material *stemming* semakin padat, maka semakin besar kekuatan untuk menahan energi yang dihasilkan dari bahan peledak (Putri, 2022). *Stemming* yang kurang maksimal selain memiliki dampak *fly rock* juga mengakibatkan *air blast*, dan bongkahan batu (*boulder*) yang nantinya akan dilakukan *secondary blasting* pada Gambar 7. Dari *secondary blasting* terdapat kekurangan yaitu efisiensi rendah, karena menyebabkan lebih banyak waktu, biaya, dan tenaga yang dibutuhkan untuk menghancurkan batuan. *Secondary blasting* menandakan bahwa fragmentasi yang dihasilkan kurang baik (Putra dkk., 2022).

### Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual

Fragmentasi yang baik di PT NSM yaitu  $\leq 80$  cm merupakan tujuan utama dalam peledakan, oleh karena itu untuk mencapai fragmentasi yang baik dibutuhkan kajian terhadap hal-hal yang membuat fragmentasi menjadi lebih baik seperti geometri peledakan. Hasil ukuran fragmentasi aktual diperlukan pengambilan foto, sehingga dapat mewakili ukuran fragmentasi pada area peledakan tersebut. Pengambilan foto fragmentasi dengan menggunakan hp *smartphone*. Gambar yang diperoleh harus menggunakan skala pembandingan yang akurat seperti *helm safety*, bola dan lain-lain yang telah diketahui ukuran aslinya (Thoyib, 2022). Pada pengambilan foto fragmentasi batu andesit menggunakan 1 skala pembandingan yaitu menggunakan *helm safety*, kemudian hasil foto tersebut dilakukan analisis. Hasil analisis fragmentasi batu andesit dapat dilihat pada Gambar 8.

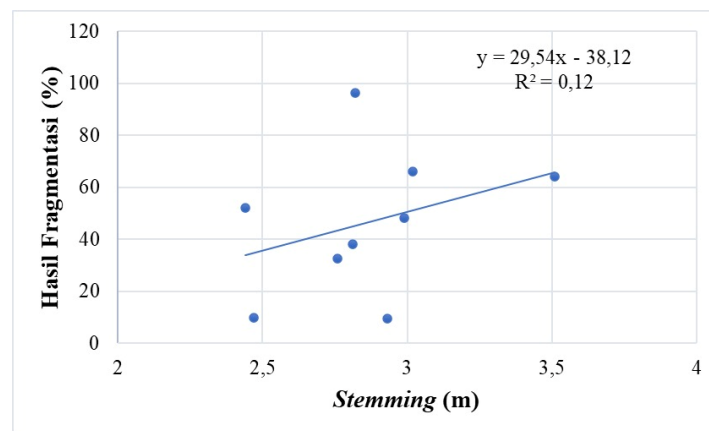


**Gambar 8.** Grafik kelolosan fragmentasi Batu Andesit di PT NSM

Berdasarkan Gambar 8 dinyatakan bahwa hasil persentase lolos 80 cm pada Februari 2024 yang dilakukan selama 3 hari yang paling besar persentase lolos 80 cm yaitu pada 26 Februari 2024 sebesar 64,28%, sedangkan Maret 2024 dilakukan selama 6 hari yang paling besar persentase lolos 80 cm yaitu 6 Maret 2024 sebesar 96,20% hal itu dikarenakan geometri peledakan yang tepat.

### Hubungan *Stemming* dengan Hasil Fragmentasi

Hubungan antara *stemming* dan hasil fragmentasi sangat penting dalam menentukan efektivitas peledakan. Geometri peledakan yang baik, termasuk panjang dan konsistensi *stemming*, dapat mempengaruhi distribusi tekanan dan energi ledakan, sehingga menghasilkan fragmentasi batuan yang optimal dan konsisten. Fragmentasi yang baik akan meningkatkan efisiensi dalam proses penambangan dan mengurangi biaya operasional.



**Gambar 9.** Grafik hubungan *stemming* dan hasil fragmentasi peledakan

Berdasarkan Gambar 9 dinyatakan bahwa persamaan grafik hubungan antara geometri peledakan *stemming* dan hasil fragmentasi yaitu berbanding lurus bahwa apabila hasil *stemming* naik 1, maka hasil fragmentasi naik 29,54 yang berarti memiliki hubungan yang positif antara *stemming* dengan hasil fragmentasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,12 yang berarti bahwa, hanya 12% *stemming* dapat mempengaruhi hasil fragmentasi. Hal ini disebabkan karena adanya faktor lain yang mempengaruhi hasil fragmentasi batuan seperti *burden*, spasi, bahan peledak, dan pola peledakan (Palimbu & Pangkung, 2021). Hubungan antara geometri peledakan *stemming* dan hasil fragmentasi yaitu sedang dengan nilai koefisien korelasi 0,34.

### Usulan Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Teori *R.L. Ash* dan *Vertical Energy Distribution (VED)*

Pada hasil fragmentasi rata-rata tidak lolos 80 cm yaitu 53,64%, maka diperlukan perbaikan dan didapatkanlah usulan geometri peledakan berdasarkan perhitungan *R.L. Ash* dan *vertical energy distribution (VED)* dengan menggunakan 2 bahan peledak yaitu ANFO dan DABEX73, kemudian dianalisis keterkurungan energi peledakan dengan VED dan didapatkan hasil pada Tabel 1. Berdasarkan Keterkurungan energi atau *relative confinement* merupakan nilai yang digunakan untuk menggambarkan sejauh *stemming* mampu menahan tekanan gas yang dihasilkan oleh proses peledakan. Semakin tinggi keterkurungan, semakin efektif *stemming* dalam menahan pelepasan energi ke permukaan. Sementara itu, VED adalah persentase energi yang dilepaskan ke arah vertikal dan menyebabkan terangkatnya penutup lubang. ANFO memiliki energi pengangkatan yang lebih tinggi dari *emulsion*, sehingga hasil peledakan ANFO lebih kepada energi pengangkatan material, dibandingkan energi penghancuran yang dimilikinya.

**Tabel 3.** Rekomendasi geometri peledakan

No.	Parameter	Bahan Peledak	
		ANFO	DABEX73
1.	<i>Burden</i> (m)	1,92	2,93
2.	Spasi (m)	3,84	3,66
3.	Kedalaman lubang tembak (m)	7,68	8,79
4.	<i>Stemming</i> (m)	1,92	2,93
5.	<i>Powder column</i> (m)	5,76	5,86
6.	<i>Subdrilling</i> (m)	0,49	0,88
7.	Tinggi jenjang (m)	7,19	7,91

Berdasarkan Tabel 3 maka dilakukan perhitungan VED dan RC dengan ANFO dan DABEX73, yang dapat dihasilkan sebagai berikut:

1. ANFO

$$VED = \frac{PC}{H} \times 100\% = \frac{5,76}{7,68} \times 100\% = 75\%$$

$$RC = \frac{(T \times 210.000) + (d \times 600)}{(Abs \times d)} = \frac{(1,92 \times 210.000) + (76,2 \times 600)}{(317.000 \times 76,2)}$$

$$= \frac{448.920}{24.155.400} = 0,01$$

2. DABEX73

$$VED = \frac{PC}{H} \times 100\% = \frac{5,86}{8,79} \times 100\% = 66\%$$

$$RC = \frac{(T \times 210.000) + (d \times 600)}{(Abs \times d)} = \frac{(2,93 \times 210.000) + (76,2 \times 600)}{(3.145 \times 76,2)}$$

$$= \frac{220.340}{79.883} = 2,75$$

Dalam perhitungan VED dan RC serta rekomendasi geometri peledakan, maka diperoleh untuk ANFO didapatkan untuk *burden* 1,92 m, spasi 3,84 m, kedalaman lubang tembak 7,68 m, *stemming* 1,92 m, *powder column* 5,76 m, *subdrilling* 0,49 m, tinggi jenjang 7,19 m, VED 75%, dan RC 0,01 sedangkan DABEX73 didapatkan untuk *burden* 2,93 m, spasi 3,66 m, kedalaman lubang ledak 8,79 m, *stemming* 2,93 m, *powder column* 5,86 m, *subdrilling* 0,88 m, tinggi jenjang 7,91 m, VED 66%, dan RC 2,75. Dalam perhitungan kedalaman lubang ledak dalam teori *R.L. Ash* yang memiliki nisbah kedalaman lubang tembak 1,5-4 disesuaikan dengan kemampuan alat bor yang digunakan yaitu 9 meter. Berdasarkan nisbah kedalaman lubang tembak dalam teori *R.L. Ash* untuk bahan peledak ANFO yaitu 4 dengan hasil kedalaman 7,68 meter, sedangkan DABEX73 yaitu 3 dengan hasil kedalaman 8,79 meter. Menurut Thoyib (2022), Peledakan dikategorikan baik apabila nilai RC minimal 1,4 dengan VED kurang dari 80%. Dari pernyataan tersebut, maka rekomendasi yang baik adalah dengan menggunakan bahan peledak DABEX73.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran fragmentasi hasil peledakan aktual di PT NSM mendapatkan rata-rata fragmentasi lolos 80 cm 46,36% dan rata-rata fragmentasi tidak lolos 80 cm yaitu 53,64%. *stemming* yang tidak konsistensi dapat berpengaruh terhadap hasil peledakan yaitu fragmentasi yang buruk dengan rata-rata persentase tidak lolos 53,64%, peningkatan risiko getaran, *air blast*, dan *fly rock*. Hubungan *stemming* dengan hasil

fragmentasi memiliki tingkat hubungan yang sedang dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) hanya 12% *stemming* dapat mempengaruhi hasil fragmentasi. Usulan rancangan geometri peledakan berdasarkan teori *R.L. Ash* dan *vertical energy distribution* (VED) adalah *burden* 2,93 m, spasi 3,66 m, kedalaman lubang ledak 8,79 m, *stemming* 2,93 m, *powder column* 5,86 m, *subdrilling* 0,88 m, tinggi jenjang 7,91 m, VED 66%, dan RC 2,75 dengan menggunakan bahan peledak DABEX73.

## DAFTAR PUSTAKA

- Herniti, D., Fridtaryana, A., Dinata, A. A., & Siri, H. T. (2023). Evaluasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Aktivitas Pengupasan Overburden di PT Firman Ketaun (FK) Desa Tanjung Dalam Kec. Ulukupai Kab. Bengkulu Utara. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(2), 67-79. <https://journal.ity.ac.id/index.php/JRL/article/view/206>
- Nadapdap, A. L., Guskarnali, G., & Oktarianty, H. (2020). Pengaruh Fragmentasi terhadap *Digging time* dan Produktivitas *Excavator* Liebherr R9400 pada Area Peledakan PT Dahana Site Adaro. *MINERAL*, 5(2), 7-11. <https://www.journal.ubb.ac.id/mineral/article/view/3067>
- Nubatonis, J., & Rande, S. A. (2020). Analisa Geometri Peledakan untuk mendapatkan Fragmentasi yang optimal guna meningkatkan *Digging time* Alat *Hydraulic Loading Excavator* Komatsu PC 2000 di Lokasi Muara Tiga Besar Utara. *Mining Insight*, 1(02), 253-262.
- Nugraha, S. P., Hariyanto, R., & Siwidiani, I. L. (2021). Kajian Teknis Geometri Peledakan terhadap Fragmentasi Batuan dan *Digging time* di Pit Kangguru PT Pamapersada Nusantara Jobsite PT Kaltim Prima Coal. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 7(1), 58-62. <https://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/jtp/article/view/9124>
- Palimbu, S., & Pangkung, Y. G. (2021). Geometri dan Fragmentasi Batuan menggunakan Metode Kuz-Ram di PT Semen Bosowa Maros Provinsi Sulawesi Selatan. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 4(1), 1-6. <https://jurnal-intan.ac.id/index.php/intan/article/view/72>
- Pramudya, M. A. (2023). Analisis *Powder* Faktor (PF) dan Fragmentasi Hasil Peledakan pada Penambangan Batu Andesit di PT Nusantara Swadesi Mining Desa Liunggunung Kecamatan Plered Kabupaten Purwakarta Provinsi Jawa Barat. *Tesis*. Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya: Tasikmalaya.
- Putra, A. H., Nirmala, A., & Setiawati, S. (2022). Kajian Teknis Geometri Peledakan terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan PT Gilgal Batu Alam Lestari Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 9(3). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/57253>
- Putri, N. G. (2022). Analisis *fly rock* untuk mengurangi jarak aman minimum alat pada operasi peledakan *over burden* PT Antareja Mahada Makmur Site PT. Multi Harapan Utama Kalimantan Timur. *Tesis*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta: Jakarta.
- Saragih, J. O. (2022). Optimasi Kinerja Alat Angkut dan Alat Muat untuk mencapai Target Produksi 70.000 BCM pada PT Nusantara Swadesi Mining, Plered, Purwakarta, Jawa Barat. *Skripsi*. Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia: Bandung.
- Thoyib, M. I. (2022). Kajian Teknis Geometri Peledakan menggunakan Metode *R.L. Ash Combine VED* untuk Pencapaian Target Produktivitas 2000 Ton/Jam *Excavator* Cat 3060 BH pada Area PNBP di PT Semen Padang. *Skripsi*. Universitas Jambi: Jambi