# Analisis Korelasi antara Ground Vibration dengan Fragmentasi Aktual Hasil Peledakan pada PT Borneo Alam Semesta Jobsite PT Binuang Mitra Bersama

## *The Correlation Analysis between Ground Vibration and Actual Fragmentation of Blasting Results at PT Borneo Alam Semesta Jobsite PT Binuang Mitra Bersama*

Sukma Afifah, Eko Santoso*, Satrio Ramadhan, Romla Noor Hakim
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: *eko@ulm.ac.id

**ABSTRAK**

Fragmentasi dan ground vibration merupakan indikator penting hasil peledakan. Fragmentasi yang distribusi ukuran fragmen dan *ground vibration* yang dinyatakan dengan nilai PPV (peak particel velocity), harus memenuhi kriteria dan ambang batas yang efektif dan aman. Usaha pencapaian target distribusi fragmentasi seringkali berbenturan dengan upaya untuk mencegah tingginya tingkat ground vibration. Oleh karena itu, pada penelitian ini korelasi antara ukuran fragmen dan PPV dikaji tingkat pengaruh dan korelasinya. Korelasi tersebut adalah antara besar energi yang dilepaskan saat peledakan dengan ukuran fragmentasi juga nilai getaran tanah yang dihasilkan. Sebagaimana hipotesa awal dari penelitian ini adalah "PPV yang semakin besar dihasil dari energi yang semakin besar dan energi yang semakin besar akan menghasilkan fragmentasi yang semakin kecil, maka seharusnya semakin besar PPV menghasilkan fragmentasi yang semakin kecil". Kegiatan penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data berupa nilai PPV *ground Vibration* terbesar di setiap peledakan, juga pengambilan foto beraian batuan hasil peledakan. Image anlaysis menggunakan aplikasi *Split Dekstop* dilakukan terhadap foto-foto beraian batuan hasil peledakan guna mendapatkan distribusi fragmentasi aktual, dengan output distribusi fragmentasi aktual berupa persentase fragmen berukuran kurang dari 50 cm dan persentase boulder. Setelah didapatkan nilai PPV *Ground Vibration* tertinggi, analisis korelasi linear dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar variabel PPV maksimum dan persentase fragmen berukuran < 50 cm. Nilai PPV *ground vibration* selama penelitian berkisar antara 0,49 mm/s sampai 1,56 mm/s. Data ukuran fragmen aktual rata-rata baik, boulder kurang dari 15%. Korelasi antara *Ground Vibration* terhadap fragmentasi batuan *size* kurang dari 50 cm membentuk hubungan linear dengan persamaan y = 8,5967x + 79,237, dengan koefisien determinasi $R^2$ = 0,5359. Artinya, keduanya memiliki hubungan yang positif, dimana apabila nilai PPV *ground vibration* semakin besar, maka persentase fragmentasi *size* kurang dari 50 cm semakin banyak. Apabila nilai PPV *ground vibration* semakin kecil, maka persentase fragmentasi batuan *size* kurang dari 50 cm semakin sedikit. Korelasi antara *ground vibration* terhadap persentase fragmentasi batuan *boulder* berupa hubungan linear dengan persamaan y = -8,5967x + 20,763. Artinya, memiliki hubungan yang negatif, dimana apabila nilai PPV *ground vibration* semakin besar maka persentase fragmentasi *boulder* semakin kecil, apabila nilai PPV *ground vibration* semakin kecil maka persentase fragmentasi *boulder* semakin besar.

**Kata-kata kunci**: Peledakan, getaran, fragmentasu, korelasi linier*Ground Vibration, Fragmentasi, Korelasi linear*

***ABSTRACT***

*Fragmentation and ground vibration are critical indicators of blasting performance. Fragmentation, represented by the fragment size distribution, and ground vibration, quantified by the Peak Particle Velocity (PPV), must both satisfy effective and safe operational thresholds. However, efforts to achieve optimal fragmentation distribution often conflict with the necessity to minimize excessive ground vibration levels. This study investigates the correlation between fragment size and PPV, examining both the influence and degree of their relationship. The correlation is assessed based on the energy released during blasting and its simultaneous effect on fragmentation size and ground vibration intensity. The initial hypothesis of this research posits that: "Larger PPV values result from higher explosive energy, and higher energy levels produce finer fragmentation; therefore, higher PPV should be associated with smaller fragment sizes." The research began with data collection, including the highest PPV value recorded in each blast and photographs of blasted rock piles. Image analysis was conducted using Split-Desktop software to determine the actual fragmentation distribution. The outputs include the percentage of fragments smaller than 50 cm and the percentage of boulders. Subsequently, a linear correlation analysis was performed between maximum PPV and the percentage of fragments smaller than 50 cm. During the study, PPV values ranged from 0.49 mm/s to 1.56 mm/s. Overall, the actual fragment size distribution was satisfactory, with boulders accounting for less than 15%. The correlation between ground vibration (PPV) and the percentage of fragments smaller than 50 cm showed a positive linear relationship, described by the equation: y = 8.5967x + 79.237, with a coefficient of determination $R^2$ = 0.5359. This indicates that an increase in PPV is associated with a higher percentage of fragments smaller than 50 cm. Conversely, lower PPV values correspond to a reduced proportion of fine fragmentation. On the other hand, the correlation between PPV and the percentage of boulders exhibited a negative linear relationship, described by the equation: y = -8.5967x + 20.763. This implies that higher PPV values result in a lower proportion of boulders, while lower PPV values lead to a higher boulder content.*

***Keywords**: Blasting, Fragmentation, Ground Vibration, Linear Correlation*

## PENDAHULUAN

PT Borneo Alam Semesta (PT BAS) adalah perusahaan kontraktor penambangan batubara yang melayani PT Binuang Mitra Bersama di Pit PB1 dan Pit PME. Sistem penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang terbuka (surface mining). Salah satu kegiatan penambangan yang dilakukan adalah pengupasan *overburden* dengan cara peledakan.

Kegiatan peledakan pada prosesnya untuk memberai batuan menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil dengan pelepasan energi, juga akan menimbulkan efek lain yang mungkin kurang atau tidak baik bagi lingkungan berupa *air blast,*

*fly rock, fumes* juga tentunya *ground vibration* [1]. Adapun efek baik dari kegiatan peledakan atau bisa dikatakan sebagai produk tujuan dari kegiatan peledakan yaitu fragmentasi sendiri dapat diketahui nilai distribusi ukurannya dengan analisis foto (fotografi) menggunaan aplikasi *split desktop*[2]. Di sisi lain, efek yang kurang menguntungkan bagi lingkungan berupa *ground vibration* juga dapat diukur dengan bantuan alat *blastmate* [3].

Kegiatan peledakkan tersebut menghasilkan beberapa hal diantaranya adalah fragmentasi yang dinyatakan dengan nilai distribusi ukuran dan (ground vibration) yang dinyatakan dengan nilai PPV [4]. Dari kedua nilai tersebut peneliti ingin mengetahui bagaimana hasil korelasi linear keduanya apakah sangat saling mempengaruhi atau kurang saling mempengaruhi satu sama lain. Efek proses peledakan yang berupa fragmentasi dan *ground vibration* ada kemungkinan terdapat korelasi. Korelasi tersebut adalah antara besar energi yang dilepaskan saat peledakan dengan ukuran fragmentasi juga nilai getaran tanah yang dihasilkan. Sehingga, Korelasi antara Ground Vibration dengan Fragmentasi Aktual Hasil Peledakan sangat penting untuk dianalisis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengaji hubungan antara ground vibration dan distribusi fragmen, melalui getaran maksimum hasil peledakan dan persentase fragmen berukuran < 50 cm, menentukan garis kecendurungan korelasi antar keduanya, dan memberikan persamaan korelasi antarvariabel. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi pelaksanaan peledakan di tambang terbuka, khususnya terkait pengendalian ground vibration dan fragmentasi.

## METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan pengumpulan data dilakukan dengan beberapa tahapan kegiatan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data yang benar-benar representatif yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Tahapan-tahapan pengumpulan data adalah:

1. Studi Literatur

Untuk pelaksanaan penelitian studi literatur lakukan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, baik yang bersifat sebagai dasar penelitian maupun yang bersifat sebagai pendukung dan referensi. Literatur diperoleh dari buku-buku, brosur-brosur, peta-peta, grafik dan tabel dari data perpustakaan dari data perpustakaan maupun perusahaan terkait [5], [6], [7], [8], [9].

2. Pengamatan Lapangan

Dilakukan dengan pengamatan langsung kegiatan peledakan terutama fragmentasi dan getaran tanah yang dihasilkan.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan instruktur lapangan serta orang-orang yang ahli dibidangnya.

4. Pengambilan Data

Data diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan (data primer) dan literatur-literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang ada (data sekunder). Pengambilan data tergantung dari jenis data yang dibutuhkan.

Adapun Data – data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua, yaitu:

b. Data Primer, antara lain:
- Foto fragmentasi batuan hasil peledakan
- Hasil Pengukuran *Ground Vibration*
- Ukuran dimensi bucket excavator
- Geometri peledakan

c. Data Sekunder, antara lain:
- Peta lokasi perusahaan
- Perlengkapan dan peralatan peledakan
- Peta Lokasi Peledakan
- Distribusi Fragmentasi Hasil *Split Dekstop*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Deskripsi data

a. Lokasi penelitian

Lokasi pengukuran *ground vibration* secara keseluruhan berada di dua desa yaitu Desa Budi Mulia Rumah Bapak Minto kemudian Desa Puncak Harapan rumah Bapak Sagmat dan Bapak Kades Abdul Japar.

Lokasi pengambilan data penelitian ini Di Kecamatan Lokpaikat, Kabupaten Tapin Kalimantan selatan berupa lokasi pengambilan foto fragmentasi peledakan yang merupakan lokasi kegiatan peledakan pada PT BAS site PT BMB blok 1. Lokasi pengambilan foto fragmentasi secara keseluruhan berada di roof M5, roof M10 atau floor M11, dan floor M10.

b. Geometri peledakan aktual

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran di lapangan, kegiatan peledakan yang dilakukan pada PT BAS menggunakan rata-rata *burden* (B) 8 meter, spasi (S) 9 meter, *stemming* (T) 4,3 meter, kedalaman lubang ledak (L) 8 meter. *Powder factor* yang digunakan adalah rata-rata sebesar 0,13. Berikut pada Tabel-1 diberikan geometri peledakan yang dipakai oleh PT BAS selama penelitian.

c. Peralatan mekanis yang digunakan di PT BAS

Kegiatan peledakan di PT BAS terbilang skala kecil karena hanya dilakukan sebanyak dua hari sekali dengan maksimal 50 lubang per hari. Proses diawali dengan persiapan lokasi peledakan, persiapan pertama yaitu perataan dimana alat yang digunakan adalah *Motor Grader* dari caterpillar. Hal ini diakukan agar memudahkan alat bor untuk bergerak di lokasi saat melakukan pengeboran lubang ledak. Kedua, dilakukan pemberian batas area peledakan dengan menggunakan *police lines*.

Ketiga, pengukuran *burden*, spasi dan pola peledakan (pattern). PT BAS selalu menggunakan *staggered pattern* sebagai pola peledakannya guna memaksimalkan hasil mutu hasil fragmentasi dari peledakan. Proses pengeboran lubang ledak dilakukan sehari sebelumnya dengan satu alat bor Sanvik D 245 S. setelah kegiatan pengeboran lubang ledak dilakukan proses pengisian bahan peledakan (charging) menggunakan mobile mixing unit (MMU). Setelah proses peledakan selesai dilaksanakan selanjutnya dilakukan penggalian dan pemuatan material *overburden* menggunakan alat excavator Cat 345 C. Footo-foto peralatan untuk kegiatan pemberaian dengan peledakan di PT BAS ini, dapat dilihat pada Gambar-1.

**Tabel-1**. Geometri peledakan di PT Borneo Alam Semesta

| NO | Tanggal | Burden (m) | Spasi (m) | Stemming (m) | Kedalaman Lubang Ledak (m) | Powder Column (m) | Bahan Peledak ANFO (kg) | PF survey | Diameter Lubang Ledak (mm) | Jumlah Lubang Ledak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12/11/2019 | 8 | 9 | 4,2 | 7,6 | 2,4 | 1958 | 0,13 | 200 | 31 |
| 2 | 18/11/2019 | 8 | 9 | 4,5 | 8,0 | 2,5 | 3460 | 0,12 | 200 | 50 |
| 3 | 21/11/2019 | 8 | 9 | 3,8 | 6,7 | 1,9 | 1844 | 0,14 | 200 | 32 |
| 4 | 28/11/2019 | 8 | 9 | 4,8 | 8,0 | 2,2 | 1908 | 0,12 | 200 | 30 |
| 5 | 30/11/2019 | 8 | 9 | 4,7 | 8,1 | 2,4 | 2884 | 0,12 | 200 | 45 |
| 6 | 05/12/2019 | 8 | 9 | 4,8 | 8,6 | 2,8 | 2227 | 0,13 | 200 | 30 |
| 7 | 07/12/2019 | 8 | 9 | 4,8 | 8,6 | 2,5 | 2954 | 0,13 | 200 | 40 |
| 8 | 10/12/2019 | 8 | 9 | 4,6 | 8,2 | 2,6 | 1764 | 0,13 | 200 | 25 |

**Gambar-1**. Peralatan yang digunakan pada kegiatan pemberaian batuan dengan kegiatan peledakan : (a) *Motor Grader* Caterpillar, (b) Alat Bor Sanvik D 245 S, (c) Mobile Mixing Unit, (d) Excavator Cat 345 C

## 2. Pengolahan data

Pada penelitian ini data fragmentasi yang berupa foto akan dianalisis dan didapatkan nilai distribusi ukuran dari setiap kegiatan peledakan dengan mengunakan aplikasi *split desktop.* Karena *split desktop* adalah alternatif ekonomis untuk melakukan sampling dan pengayaan (screening) yang diperoleh melalui foto lapangan. Penggunakan *split desktop* yang meminimalkan personil untuk melakukan pengambilan data, sehingga data dapat diolah dan diproses langsung dengan hasil yang akurat.

Setelah hasil nilai distribusi ukuran diperoleh selanjutnya dari data tersebut akan diketahui nilai *boulder* berdasarkan 1/3 ukuran *bucket* excavator terkecil yang digunakan dalam pengangkutan material hasil peledakan yaitu sebesar 50 cm. Nilai persentase lolos *boulder t*ersebut selanjutnya dilakukan analisis korelasi linear menggunakan aplikasi microsoft excel dengan dibandingan dengan nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* yang diukur menggunakan alat blastmate III pada jarak atau radius tertentu dari lokasi peledakan pada saat itu.

a. Kumpulan data *ground vibration* dari *blast report*

Data yang digunakan pada penelitian ini selama kurang lebih dua bulan pada bulan November sampai Desember 2019, dan untuk pengukuran *ground vibration* dilakukan di desa-desa sekitar site penambangan dengan radius atau jarak rata rata

1200 m dari lokasi peledakan pada saat itu. Jumlah lubang ledak antara 25 sampai 50 lubang per setiap peledakan. Lokasi peledakan berada di M5, M10 UP dan M10 L, dengan waktu peledakan berkisar pada jam 12.30 sampai 13.00 WITA atau pada jam 15.00 sampai 17.00 WITA jika terkendala hujan pada siang harinya.

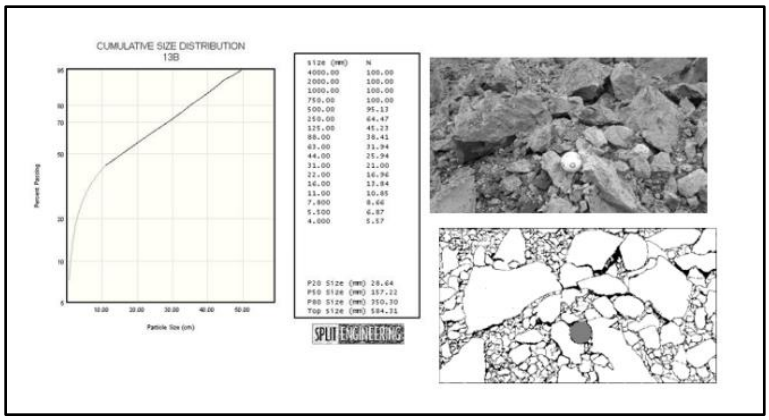
Kegiatan peledakan pada PT. BAS dilakukan setiap dua hari sekali dengan hari sebelumnya sebagai waktu persiapan peledakan seperti pengeboran lubang ledak dengan menggunakan alat Bor Sanvik D 245 S dengan maksimal 2 lokasi peledakan saja per satu kali peledakan. Adapun nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* selama dua bulan itu berkisar antara 0,49 mm/s sampai 1,56 mm/s dan dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel-2**. Data *ground vibration* aktual

| No. | Tanggal | Lokasi Peledakan | Waktu Peledakan (WITA) | Lokasi Pengukuran | Jarak Pengukuran (M) | Nilai Vibrasi (mm/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12/11/2019 | M5 | 12:30 | Budi Mulya Pak Minto | 1200 | 1,56 |
| 2 | 18/11/2019 | M5 | 17:00 | Puncak Harapan Pak Sagmat | 1100 | 0,99 |
| 3 | 21/11/2019 | M10 L | 13:00 | Puncak Harapan Pak Kades Abdul Japar | 1200 | 1,15 |
| 4 | 28/11/2019 | M5 | 13:00 | Puncak Harapan Pak Sagmat | 1200 | 1,20 |
| 5 | 30/11/2019 | M10 UP | 13:00 | Budi Mulya Pak Minto | 1200 | 1,38 |
| 6 | 05/12/2019 | M5 | 15:00 | Budi Mulya Pak Minto | 1200 | 0,49 |
| 7 | 07/12/2019 | M10 L | 16:00 | Budi Mulya Pak Minto | 1200 | 1,01 |
| 8 | 10/12/2019 | M10 UP | 12:30 | Puncak Harapan Pak Sagmat | 1200 | 0,53 |

b. Pengolahan data fragmentasi mengunakan Split Dekstop

Data fragmentasi pada penelitian ini berupa data distribusi ukuran batuan hasil olah *image analysis* menggunakan bantuan aplikasi *split desktop,* Seperti terlihat pada Gambar-2 Data mentah berupa foto diambil langsung disetiap lokasi yang telah dilakukan peledakan sebelumnya. Tiap-tiap lokasi akan diambil sebanyak lima foto pada beberapa titik dilokasi peledakan.




**Gambar-2**. Hasil pengolahan pada *split desktop* pada peledakan tanggal 10 Desember 2019

Foto-foto tersebut akan diolah menggunakan aplikasi *split desktop* untuk didapatkan nilai distribusinya. Nilai distribusi dari lima foto di setiap lokasi peledakan diambil rata-rata agar didapatkan data yang representatif. Berikut data distribusi ukuran fragmentasi dapat dilihat pada Tabel-3.

**Tabel-3**. Data distribusi ukuran fragmentasi dari image analysis menggunakan *Split Dekstop*

| Blast Event | Tanggal | Persentase Ukuran Fragmentasi (%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | < 25 cm | < 50 cm | < 75 cm | < 100 cm |
| 1 | 12/11/2019 | 66,8 | 91,5 | 98,2 | 100,0 |
| 2 | 18/11/2019 | 44,1 | 84,3 | 98,9 | 100,0 |
| 3 | 21/11/2019 | 64,4 | 94,0 | 100,0 | 100,0 |
| 4 | 28/11/2019 | 56,4 | 89,4 | 100,0 | 100,0 |
| 5 | 30/11/2019 | 68,7 | 89,5 | 96,6 | 99,8 |
| 6 | 05/12/2019 | 53,3 | 80,1 | 96,7 | 100,0 |
| 7 | 07/12/2019 | 59,6 | 90,2 | 100,0 | 100,0 |
| 8 | 10/12/2019 | 62,7 | 86,4 | 96,1 | 100,0 |

Kegiatan pengambilan foto sendiri dilakukan setiap dua hari sekali karena peledakan di PT BAS dilakukan setiap dua hari sekali. Terdapat keseluruhan delapan data peledakan yang diambil pada penelitian ini, dan tolak ukur hasil fragmentasi

yang digunakan adalah ukuran fragmentasi tidak lebih besar dari sepertiga ukuran excavator Cat 345 C persentase toleransi ukuran boulder kurang dari 15%. Apabila fragmentasi dengan ukuran lebih besar dari sepertiga ukuran bucket excavator yang dihasilkan tidak lebih dari 15% maka fragmentasi dianggap baik, namun jika fragmentasi dengan ukuran lebih besar dari sepertiga ukuran bucket excavator yang dihasilkan lebih dari 15% maka fragmentasi dianggap kurang baik.

Dari nilai persentase fragmentasi *Size* kurang dari 50 cm dapat dihasilkan nilai persentase boulder dengan cara mengurangkan 100 dengan persentase *Size* kurang dari 50 cm. Nilai *boulder* berturut-turut berdasarkan *blast event* dapat dilihat pada Tabel-4.

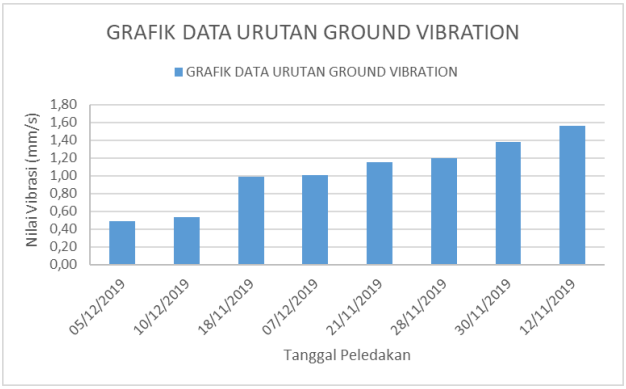
**Tabel-4**. Data *ground vibration* dan distribusi fragmentasi

| No. | Tanggal | Nilai Vibrasi (mm/s) | Fragmentasi Ukuran <50 cm (%) | Fragmentasi Boulder (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 12/11/2019 | 1,56 | 91,5 | 8,5 |
| 2 | 18/11/2019 | 0,99 | 84,3 | 15,7 |
| 3 | 21/11/2019 | 1,15 | 94,0 | 6,0 |
| 4 | 28/11/2019 | 1,2 | 89,4 | 10,6 |
| 5 | 30/11/2019 | 1,38 | 89,5 | 10,5 |
| 6 | 05/12/2019 | 0,49 | 80,1 | 19,9 |
| 7 | 07/12/2019 | 1,01 | 90,2 | 9,8 |
| 8 | 10/12/2019 | 0,53 | 86,4 | 13,6 |

## 3. Pembahasan

a. Tingkat Ground Vibration Aktual

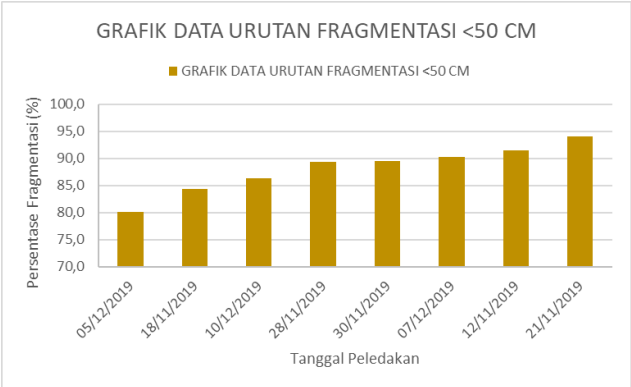
Tingkat *ground vibration* pada jarak lebih dari 1000 meter dari lokasi peledakan memiliki nilai minimal vibrasi sebesar 0,49 mm/s, maksimal nilai vibrasi sebesar 1,56 mm/s, dan nilai rata-rata vibrasi sebesar 1,04 mm/s.




**Gambar-6**. Hasil pengukuran nilai *ground vibration* menggunakan Blasmate lll

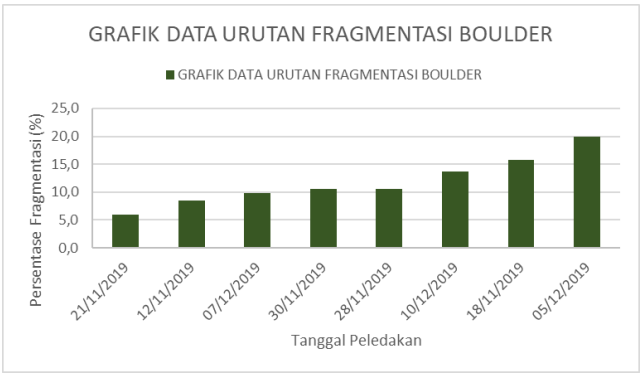
b. Fragmentasi Aktual

Fragmentasi yang *Size* kurang dari 50 cm merupakan kategori ukuran fragmentasi yang tidak *boulder* atau hasil fragmentasi yang baik. Persentase fragmentasi yang *Size* kurang dari 50 cm disajikan pada gambar 7.




**Gambar-7**. Grafik data fragmentasi *size* < 50 cm

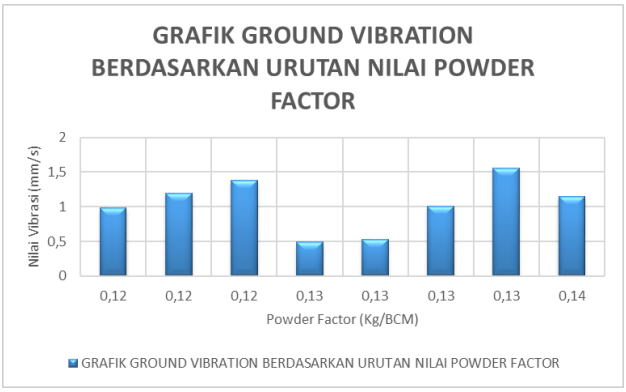
Persentase fragmentasi boulder yang didapatkan dari pengurangan persentase *Size* kurang dari 50 cm yang disajikan dalam bentuk grafik gambar 8.




**Gambar-8**. Grafik data fragmentasi boulder

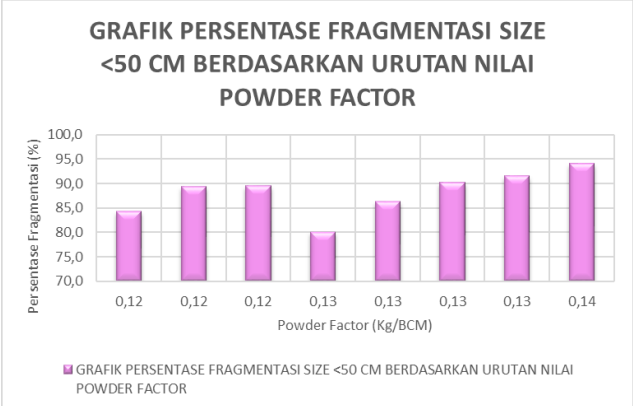
c. Korelasi antara *Peak Particle Velocity* (PPV) *Ground Vibration* dengan Persentase Fragmentasi

Peledakan pada penelitian ini memiliki nilai *powder factor* 0,12 kg/BCM sebanyak tiga kali, *powder factor* 0,13 kg/BCM sebanyak empat kali dan *powder factor* 0,14 kg/BCM sebanyak satu kali.



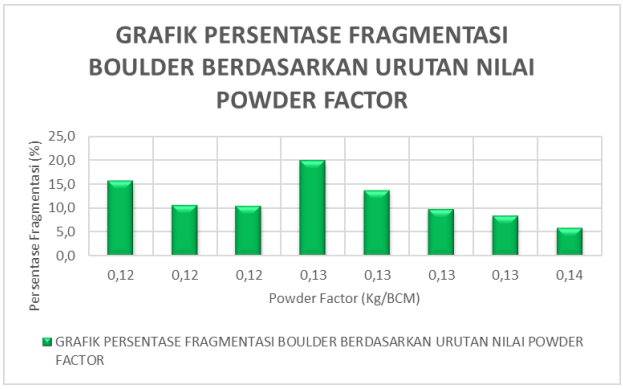

**Gambar-9**. Grafik data *ground vibration* berdasarkan urutan *powder factor*

Pada Gambar-9 dan Gambar-10 terlihat jika nilai *ground vibration* dan persentase fragmentasi ukuran kurang dari 50 cm diurutkan berdasarkan nilai *powder factor* maka dihasilkan grafik yang menunjukkan semakin besar nilai *ground vibration* akan menghasilkan persentase fragmentasi ukuran kurang dari 50 cm semakin besar pada setiap nilai *powder factor* yang sama yaitu di nilai 0,12 kg/BCM dan 0,13 kg/BCM.



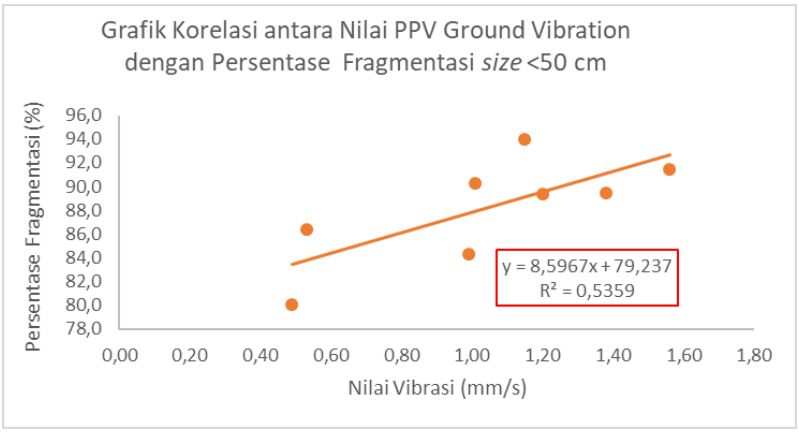

**Gambar-10**. Grafik data ukuran fragmen kurang dari 50 cm menurut *Powder Factor*

Kemudian pada gambar 9 dan gambar 11 terlihat jika nilai *ground vibration* dan persentase fragmentasi *boulder* diurutkan berdasarkan nilai *powder factor* maka dihasilkan grafik yang menunjukkan semakin besar nilai *ground vibration* akan menghasilkan persentase boulder yang semakin kecil pada setiap nilai *powder factor* yang sama yaitu di nilai 0,12 kg/BCM dan 0,13 kg/BCM.



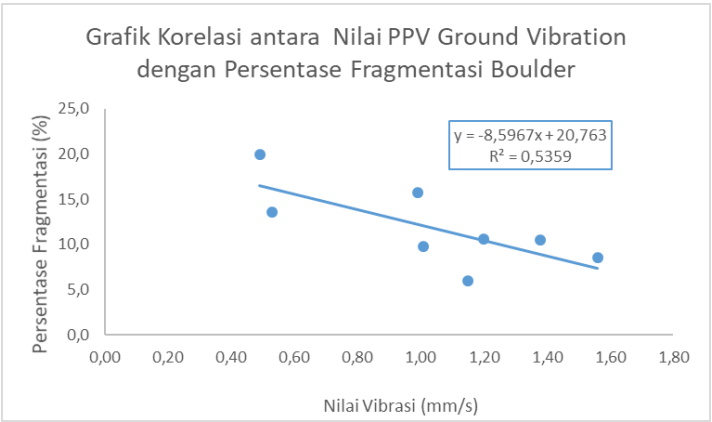

Gambar 11. Grafik Data Fragmentasi Boulder Berdasarkan Urutan *Powder Factor*

Terdapat dua korelasi yang dilakukan, pertama yaitu korelasi antara nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* dengan persentase Fragmentasi *Size* Kurang Dari 50 cm (persentase fragmentasi yg tidak boulder) dapat dilihat pada gambar 12. Kedua korelasi antara nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* dengan persentase fragmentasi boulder (dapat dilihat pada gambar 13).




**Gambar-12**. Korelasi antara *peak particle velocity* (ppv) *ground vibration* dengan persentase fragmentasi *size* kurang dari 50 cm

Dari gambar -12, grafiknya menunjukan korelasi antara *Ground Vibration* terhadap fragmentasi batuan *Size* kurang dari 50 cm didapatkan hubungan linear dengan persamaan y = 8,5967x + 79,237 dan koefisien determinasi $R^2$ = 0,5359 itu mengartikan bahwa nilai dari *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* dan nilai fragmentasi batuan *Size* kurang dari 50 cm memiliki hubungan yang positif dengan pengaruh sebesar 53,59%. Dimana apabila nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* semakin besar maka persentase fragmentasi l *Size* kurang dari 50 cm cenderung semakin besar.




**Gambar-13**. Korelasi antara *peak particle velocity* (ppv) *ground vibration* dengan persentase fragmentasi boulder

Pada gambar-13, korelasi antara *Ground Vibration* terhadap fragmentasi batuan *boulder* ditunjukkan membentuk hubungan linear dengan persamaan y = -8,5967x + 20,763 dan koefisien korelasi $R^2$ = 0,5359. Artinya, nilai dari *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* dan nilai fragmentasi batuan *boulder* memiliki hubungan yang negatif dengan pengaruh sebesar 53,59% . Dimana, apabila nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* semakin besar maka persentase fragmentasi boulder semakin kecil, dan apabila nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* semakin kecil maka persentase fragmentasi *boulder* semakin besar.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan peledakan yang dilakukan pada PT BAS memiliki geometri rata-rata *burden* (B) 8 meter, *spasi* (S) 9 meter, *stemming* (T) 4,3 meter, kedalaman lubang ledak (L) 8 meter dan *powder factor* 0,13.
2. Nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* selama penelitian berkisar antara 0,49 mm/s sampai 1,56 mm/s.
3. Data ukuran fragmentasi aktual rata-rata baik, karena memiliki *boulder* kurang dari 15% dengan persentase *Size* kurang dari 50 cm sebesar maksimal 85%.
4. Analisis korelasi antara *Ground Vibration* terhadap fragmentasi didapatkan hubungan linear koefisien determinasi $R^2$ = 0,5359 dengan persamaan y = 8,5967x + 79,237 dan y = -8,5967x + 20,763 itu mengartikan bahwa nilai dari *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* dan nilai fragmentasi memiliki hubungan dengan pengaruh sebesar 53,59%.
5. Apabila nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* semakin besar maka persentase fragmentasi *size* < 50 cm semakin besar, dan apabila nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* semakin kecil maka persentase fragmentasi *size* kurang dari 50 cm semakin besar.
6. Apabila nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* semakin besar maka persentase fragmentasi boulder semakin kecil, dan apabila nilai *peak particle velocity* (PPV) *ground vibration* semakin kecil maka persentase fragmentasi *boulder* semakin besar.

## SARAN

Saran yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil korelasi yang lebih baik, perlu mengumpulkan lebih banyak data fragmentasi dan g*round vibration*.
2. Pengumpulan data yang lebih banyak juga nantinya harus diikuti dengan kehomogenan faktor lain, seperti kesamaan *powder factor* atau kesamaan jumlah lubang ledak.

## DAFTAR PUSTAKA


[1] Hamdi E, Bouden Romdhane N, du Mouza J, Le Cleac'h JM. Fragmentation energy in rock blasting. Geotechnical and Geological Engineering. 2008 Apr;26(2):133-46.

[2] Souza JC, Silva AC, Rocha SS. Analysis of blasting rocks prediction and rock fragmentation results using Split-Desktop software. Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração. 2018 Aug 24;15(1):22-30.

[3] Lubis, J.F., Toha, T. and Ngudiantoro, N., 2017. Analysis of the Blasting Effect on the Environment around Blasting Areas at PT. Semen Baturaja Persero, Tbk. Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability, 1(1), pp.15-18.

[4] Khan, M.F.H., Hossain, M.J., Ahmed, M.T., Monir, M.U., Rahman, M.A., Sweety, T.S., Akash, F.A. and Shovon, S.M., 2025. Ground vibration effect evaluation due to blasting operations. Heliyon, 11(2). Duna. B. I. S. 2010. Panduan Split Desktop. Universitas Lambung Mangkurat: Banjarbaru.

[5] Hustrulid, William. 1999. *Blasting Principles for Open Pit Mining Volume 1 – General Design Concepts.* A.A. Balkemea, Rotterdam, Brookfield.

[6] Koesnaryo, S. 2001. *Design Of Rock Blasting*. Teknik Pertambangan. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.

[7] Kopa, Raimon and Cahyadi M.I. 2018. *Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran Tanah Pada PT Koto Alam Sejahtera Kabupaten Lima Puluh Provinsi umatra Barat.* Jurnal Bina Tambang (Vol. 4, No. 1). Padang.

[8] Konya, C.J and Edward J.W. 1990. *Surface Blast Design*. Pren126tice Hall, Engle Wood Cliffs, New Jersey.

[9] Saptono, Singgih. 2006. *Teknik Peledakan*. Teknik Pertambangan: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.