

## Analisis Pengaruh Jumlah Bahan Peledak terhadap Getaran Tanah (*Ground Vibration*) Akibat Peledakan di Pit Purnama PT. Agincourt Resources Provinsi Sumatera Utara

Prince Robert Junior<sup>\*1</sup>, Novandri Kusuma Wardana<sup>2</sup>, Rizqi Prastowo<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Intitut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Korespondensi<sup>\*1</sup> : [princerobjunior@gmail.com](mailto:princerobjunior@gmail.com)

### ABSTRAK

PT Agincourt Resources merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan emas. Lokasi Penambangan PT Agincourt Resources terletak di Desa Aek Pining, Kecamatan Batangtoru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara, metode penambangan yang digunakan perusahaan ini adalah *Open Pit* (tambang terbuka). Getaran tanah (*Ground Vibration*) merupakan salah satu efek peledakan yang harus diperhatikan terutama pada saat aktivitas penambangan berada didekat bangunan penting, maka pengukuran getaran harus dilakukan setiap kali peledak dilaksanakannya. Penelitian ini difokuskan padapit Purnama yang berjarak sekitar 30 meter dari pabrik pengolahan. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur getaran hasil peledakan menggunakan alat ukur *Micromate*. Pengukuran ini bertujuan mengetahui pengaruh jumlah bahan peledak terhadap getaran tanah (*ground vibration*), untuk mengetahui prediksi getaran peledakan dengan menggunakan persamaan PPV, serta mengetahui tingkat getarant tanah yang sesuai dengan SNI 7571:2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar jumlah muatan maksimum bahan peledak perwaktu tunda maka intensitas *ground vibration* yang dihasilkan akan semakin meningkat. Berdasarkan data yang didapat yaitu hubungannilai *Scaled Distance* dan PPV aktual di lapangan dengan menggunakan analisis *regresi power* mendapat nilai konstanta  $K = 596,76$  dan nilai  $n = -1,633$ . Perbandingan *ground vibration* aktual dan prediksi yang diperoleh cukup akurat dengan nilai rata-rata akurasi prediksi 77,80%.

**Kata kunci** : Getaran Tanah, Pabrik Pengolahan, *Peak Particle Velocity* (PPV), *Scaled Distance*, Standar Nasional Indonesia.

### ABSTRACT

*PT Agincourt Resources is a company engaged in gold mining. The mining location of PT Agincourt Resources is located in Aek Pining Village, Batangtoru District, South Tapanuli Regency, North Sumatra Province, the mining method used by this company is Open Pit (open pit). Ground vibration is one of the blasting effects that must be considered, especially when mining activities are near important buildings, so vibration measurements must be carried out every time a blast is carried out. This research is focused on the Purnama pit which is about 30 meters from the processing plant. This research was conducted by measuring the vibrations resulting from blasting using a micrometre measuring instrument. This measurement aims to determine the effect of the amount of explosives on ground vibration, to determine the prediction of blasting vibration using the PPV equation, and to determine the level of ground vibration according to SNI 7571:2010. The results showed that the greater the maximum amount of explosive charge per delay time, the resulting ground vibration intensity will increase. Based on the data obtained, namely the relationship between the Scaled Distance value and the actual PPV in the field using power regression analysis, the constant value  $K = 596.76$  and  $n = -1.633$ . The comparison of actual and predicted ground vibrations obtained is quite accurate with an average prediction accuracy value of 77.80%.*

**Keyword:** *Ground Vibration, Processing Plant, Peak Particle Velocity (PPV), Scaled Distance, Indonesian National Standard.*

### PENDAHULUAN

PT. Agincourt Resources didirikan pada tahun 2006, dengan *site* operasinya yaitu Tambang Emas Martabe dengan fungsi korporasi yang dikelola di Jakarta. Aktivitas penambangan PT. Agincourt Resources terletak di desa Aek Pining, Kecamatan Batangtoru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara. Kegiatan bisnis utama PT. Agincourt Resources mencakup eksplorasi, penambangan dan pengolahan mineral



ISSN: 1907-5995

emas dan perak menjadi bentuk *bullion* (batangan). Sistem penambangan yang digunakan PT. Agincourt Resources adalah sistem tambang terbuka. Penambangan dengan metode *open pit* dilakukan dari permukaan yang relatif mendatar menuju ke arah bawah dimana endapan bijih berada. Getaran peledakan yang dihasilkan harus berada pada kondisi aman bagi keadaan sekelilingnya. Untuk itu maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah jumlah bahan peledak yang digunakan menghasilkan getaran yang sesuai dengan standar getaran yang berlaku, yaitu SNI 7571:2010 tentang baku tingkat getaran pada tambang terbuka.



**Gambar 1.** Lokasi Pit Purnama dan Pabrik Pengolahan Emas

Dari hasil observasi di lapangan mengenai kegiatan peledakan di PT. Agincourt Resources dimana terdapat pit yaitu pit Purnama yang lokasinya berdekatan dengan pabrik pengolahan yaitu sekitar 30 meter. Melihat kondisi ini dimana intensitas kegiatan peledakan yang sangat tinggi juga akan menimbulkan efek seperti getaran tanah, fly rock.

#### **METODE PENELITIAN**

Dalam melaksanakan penelitian ini, metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut :

##### **1. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, antara lain :

- a. Perpustakaan
- b. Penelitian yang pernah dilakukan oleh perusahaan
- c. Jurnal ilmiah dan informasi-informasi lain
- d. Peta-peta, grafik, serta tabel

## 2. Penelitian di Lapangan

- a. Observasi dan pengamatan secara langsung dilapangan serta mencari data-data pendukung
- b. Menentukan titik dan batas lokasi pengamatan agar penelitian tidak meluas, tidak keluar dari permasalahan yang ada, serta data yang diambil dapat dimanfaatkan secara efektif
- c. Mencocokkan data-data yang telah ada, pengambilan dan tambahan

## 3. Pengambilan Data

Pengambilan data langsung di lapangan dipakai sebagai salah satu bahan untuk mengetahui permasalahan yang ada sehingga dapat diambil suatu solusi yang tepat. Data-data yang diambil antara lain :

- a. Data primer  
Yaitu data yang diambil dengan melakukan pengambilan secara langsung di lapangan, meliputi pengamatan kegiatan penambangan dan wawancara, meliputi : geometri peledakan, jumlah muatan bahan peledak, perlengkapan peledakan digunakan, nilai *ground vibration* aktual, desain *tie up*, *delay time*.
- b. Pengambilan Data  
Yaitu data yang diambil berasal dari literatur, penelitian terdahulu, serta arsip penunjang yang diperoleh di PT. Agincourt Resources, meliputi : profil perusahaan, peta kesampaian daerah, peta IUP, data pengukuran *ground vibration* sebelumnya.

## 4. Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah terkumpul baik dari studi literatur maupun dari pengambilan data di lapangan dikelompokkan berdasarkan jenis dan kegunaannya, sehingga akan terlihat apakah terjadi penyimpangan atau tidak. Jika terjadi penyimpangan data yang cukup tinggi maka pengambilan data harus semakin banyak sehingga dapat diambil rata-rata yang mewakili keadaan. Data-data tersebut kemudian diolah dan dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan sementara.

## 5. Pembahasan

Dilakukan untuk mendapatkan hasil akhir berdasarkan kesimpulan sementara yang telah didapat dan analisis yang telah dilakukan sehingga dapat ditarik kesimpulan akhir dari analisis data tersebut.

## 6. Kesimpulan

Dilakukan dengan tujuan memperoleh kesimpulan akhir. Kesimpulan akhir diperoleh setelah dilakukan antara hasil pengolahan data dengan permasalahan yang diteliti dan kesimpulan ini merupakan hasil akhir dari semua masalah yang dibahas.

Perhitungan PPV Prediksi menggunakan USBM Oriard' Formula dengan persamaan sebagai berikut :

$$PPV_{prediksi} = K \left( \frac{D}{\sqrt{W}} \right)^n = K (SD)^n$$

Dimana :

PPV = *Peak Particle Velocity*, (mm/s).

D = Jarak muatan maksimum terhadap area pengamatan, (m).

W = Total berat bahan peledak maksimum per periode tunda, (kg).

K,n = Nilai Konstanta yang diperoleh dari kondisi lokal dan kondisi peledakan

## HASIL DAN ANALISIS

### Pengaruh Jumlah Bahan Peledak terhadap *Ground Vibration*

Pada penelitian di Pit Purnama dilakukan pengukuran data getaran pada saat kegiatan peledakan. Kegiatan peledakan di Pit Purnama dilakukan pada siang hari atau pada jam istirahat (12.00-13.00). Alat ukur yang digunakan adalah *Micromate*, sedangkan untuk mengetahui jarak dari lokasi peledakan ke lokasi pengukuran menggunakan GPSmap 64s Garmin. Acuan yang digunakan untuk pengukuran getaran adalah di depan pabrik pengolahan PT. Agincourt Resources.



**Gambar 2.** Pengukuran Getaran di Depan Pabrik Pengolahan

Dari hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan mengenai pengaruh jumlah bahan peledak yang digunakan terhadap *ground vibration*, diperoleh data nilai getaran sebagai berikut:

**Tabel 1.** Pengaruh Jumlah Bahan Peledak Terhadap *Ground Vibration*

| Tanggal    | Charge/Delay (kg) | Jarak (m) | PPV (mm/s) |
|------------|-------------------|-----------|------------|
| 12 Juli    | 78,2              | 516       | 0.92       |
| 16 Juli    | 367,4             | 341       | 3.57       |
| 01 Agustus | 419,6             | 305       | 8.37       |
| 03 Agustus | 299               | 579       | 1.76       |

Dari pembahasan diatas dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah bahan peledak maka semakin besar pula intensitas *ground vibration* yang dihasilkan dan hasil *ground vibration* juga bergantung pada perubahan jarak dari titik peledakan ke titik pengukuran. Kekuatan getaran tanah bergantung pada berat muatan bahan peledak yang meledak secara bersamaan, bukan dari total bahan peledak yang digunakan

#### Hubungan *Scaled Distance* dan Tingkat Getaran Tanah

Untuk menentukan nilai konstanta K dan n dilakukan analisis *regresi power* pada program *microsoft excel* untuk mendapatkan nilai konstanta K dan n serta koefisien determinasi ( $R^2$ ). Nilai konstanta K dan n dalam analisis ini dipengaruhi oleh jarak dan jumlah bahan peledak per *delay*. Penentuan nilai K dan n dengan cara mencari hubungan terhadap *scale distance* dan *peak particle velocity*. Sebagai contoh perhitungan pada peledakan 12 Juli 2022 :

SD =

$$\frac{D}{\sqrt{W}}$$

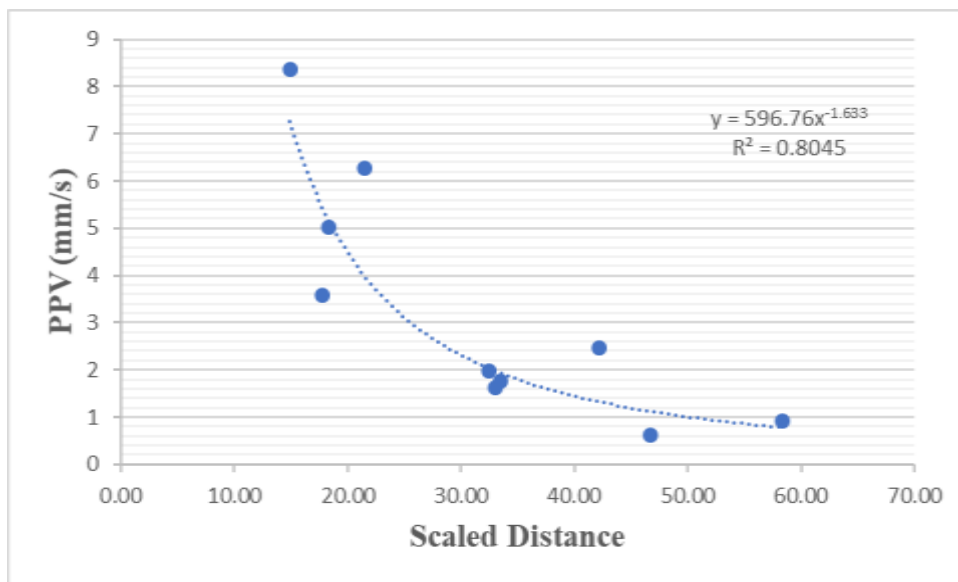
$$SD = \frac{516 \text{ m}}{\sqrt{78,2 \text{ kg}}}$$

$$SD = 58,35 \text{ m/kg}^{1/2}$$



**Tabel 2.** Scaled Distance Selama Penelitian

| No | Tanggal         | Jarak (m) | Charge/delay (kg) | Nilai SD (m/kg <sup>1/2</sup> ) | PPV aktual (mm/s) |
|----|-----------------|-----------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| 1  | 12 Juli 2022    | 516       | 78,2              | 58,35                           | 0,92              |
| 2  | 14 Juli 2022    | 177       | 93,6              | 18,30                           | 5,03              |
| 3  | 16 Juli 2022    | 341       | 367,4             | 17,79                           | 3,57              |
| 4  | 19 Juli 2022    | 636       | 228               | 42,12                           | 2,46              |
| 5  | 21 Juli 2022    | 579       | 307,2             | 33,03                           | 1,62              |
| 6  | 30 Juli 2022    | 205       | 91,5              | 21,43                           | 6,28              |
| 7  | 01 Agustus 2022 | 305       | 419,6             | 14,89                           | 8,37              |
| 8  | 03 Agustus 2022 | 579       | 299               | 33,48                           | 1,76              |
| 9  | 05 Agustus 2022 | 353       | 118,6             | 32,41                           | 1,99              |
| 10 | 07 Agustus 2022 | 589       | 159               | 46,71                           | 0,61              |



**Gambar 3.** Hubungan antara Scaled Distance dan PPV dengan analisis *regresi power*

Pada Gambar 3 nilai K dan n yang diperoleh adalah sebesar 596,76 untuk nilai K, sedangkan untuk nilai n adalah -1,633. Hasil persamaan pada gambar diatas akan digunakan kembali untuk menentukan besarnya PPV prediksi. Berikut ini adalah persamaan yang dihasilkan dari analisis *regresi power* :

$$PPV \text{ Prediksi} = 596,76 (SD)^{-1,633}$$

**Prediksi getaran peledakan dengan persamaan PPV**

**Tabel 3.** Perbandingan PPV Aktual dan PPV Prediksi

| No | Tanggal         | Jarak (m) | Charge/delay (Kg) | PPV aktual (mm/s) | PPV prediksi (mm/s) | Akurasi prediksi (%) |
|----|-----------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| 1  | 12 Juli 2022    | 516       | 78,2              | 0,92              | 0,78                | 84,78                |
| 2  | 14 Juli 2022    | 177       | 93,6              | 5,03              | 5,18                | 97,10                |
| 3  | 16 Juli 2022    | 341       | 367,4             | 3,57              | 5,42                | 65,87                |
| 4  | 19 Juli 2022    | 636       | 228               | 2,46              | 1,33                | 54,07                |
| 5  | 21 Juli 2022    | 579       | 307,2             | 1,62              | 1,97                | 82,23                |
| 6  | 30 Juli 2022    | 205       | 91,5              | 6,28              | 4,00                | 63,69                |
| 7  | 01 Agustus 2022 | 305       | 419,6             | 8,37              | 7,25                | 86,62                |

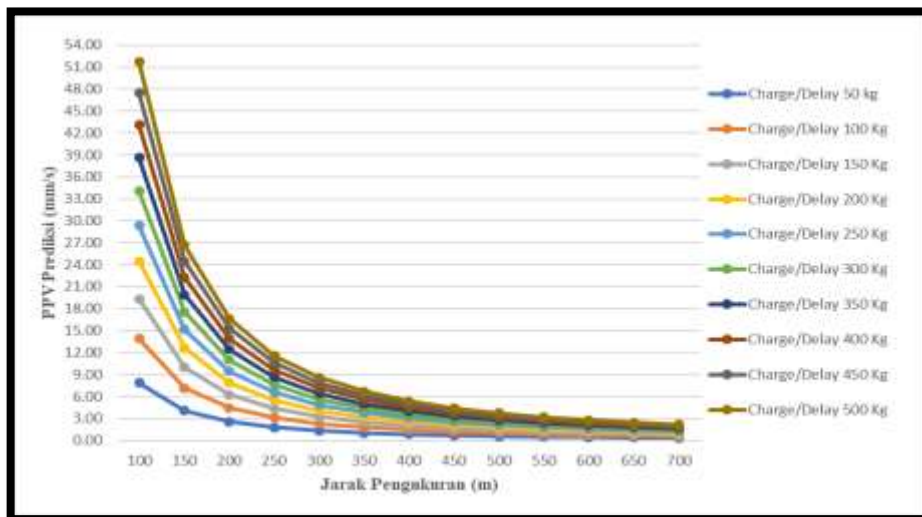


|                |                 |     |       |      |      |              |
|----------------|-----------------|-----|-------|------|------|--------------|
| 8              | 03 Agustus 2022 | 579 | 299   | 1,76 | 1,93 | 91,19        |
| 9              | 05 Agustus 2022 | 353 | 118,6 | 1,99 | 2,03 | 98,02        |
| 10             | 07 Agustus 2022 | 589 | 159   | 0,61 | 1,12 | 54,46        |
| <b>Average</b> |                 |     |       |      |      | <b>77,80</b> |

Dengan menggunakan persamaan PPV yang dihasilkan dari pengukuran getaran di atas, maka dapat ditentukan prediksi bahan peledak yang meledak bersamaan. Prediksi ini dilakukan dengan tujuan memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 7571:2010 serta berguna untuk mendapatkan gambaran tentang besarnya PPV yang mungkin dihasilkan, sehingga dapat menjadi acuan untuk dapat melakukan peledakan lainnya. Prediksi dilakukan dengan menggunakan variasi berat bahan peledak 50 kg hingga maksimal 500 kg serta variasi jarak mulai 100 meter hingga 700 meter mengacu pada hasil penelitian getaran peledakan dimana *range* yang digunakan diambil dari yang terkecil sampai terbesar

**Tabel 4.** Prediksi Getaran Peledakan dengan Persamaan PPV

|                         |     |                  |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|-----|------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>K =</b>              |     | <b>596.76</b>    |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>n =</b>              |     | <b>-1.633</b>    |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                         |     | <b>Jarak (m)</b> |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                         |     | 100              | 150   | 200   | 250   | 300  | 350  | 400  | 450  | 500  | 550  | 600  | 650  | 700  |
| <b>Charge/Delay(kg)</b> | 50  | 7.89             | 4.07  | 2.54  | 1.77  | 1.31 | 1.02 | 0.82 | 0.68 | 0.57 | 0.49 | 0.42 | 0.37 | 0.33 |
|                         | 100 | 13.89            | 7.17  | 4.48  | 3.11  | 2.31 | 1.80 | 1.44 | 1.19 | 1.00 | 0.86 | 0.74 | 0.65 | 0.58 |
|                         | 150 | 19.35            | 9.98  | 6.24  | 4.33  | 3.22 | 2.50 | 2.01 | 1.66 | 1.40 | 1.20 | 1.04 | 0.91 | 0.81 |
|                         | 200 | 24.47            | 12.62 | 7.89  | 5.48  | 4.07 | 3.16 | 2.54 | 2.10 | 1.77 | 1.51 | 1.31 | 1.15 | 1.02 |
|                         | 250 | 29.36            | 15.14 | 9.47  | 6.57  | 4.88 | 3.80 | 3.05 | 2.52 | 2.12 | 1.81 | 1.57 | 1.38 | 1.22 |
|                         | 300 | 34.07            | 17.57 | 10.98 | 7.63  | 5.67 | 4.40 | 3.54 | 2.92 | 2.46 | 2.11 | 1.83 | 1.60 | 1.42 |
|                         | 350 | 38.64            | 19.93 | 12.46 | 8.65  | 6.43 | 5.00 | 4.02 | 3.31 | 2.79 | 2.39 | 2.07 | 1.82 | 1.61 |
|                         | 400 | 43.09            | 22.22 | 13.89 | 9.65  | 7.17 | 5.57 | 4.48 | 3.70 | 3.11 | 2.66 | 2.31 | 2.03 | 1.80 |
|                         | 450 | 47.44            | 24.47 | 15.30 | 10.62 | 7.89 | 6.13 | 4.93 | 4.07 | 3.43 | 2.93 | 2.54 | 2.23 | 1.98 |
|                         | 500 | 51.70            | 26.67 | 16.67 | 11.58 | 8.60 | 6.68 | 5.37 | 4.43 | 3.73 | 3.20 | 2.77 | 2.43 | 2.16 |



**Gambar 4.** Prediksi Getaran Menggunakan Variasi Jarak dan Charge/delay

Dari prediksi getaran menghasilkan beberapa pilihan jumlah *charge/delay*. Hal ini dilakukan karena geometri peledakan tidak selalu sama dan semakin banyak jumlah lubang maka lubang yang meledak

bersamaan semakin banyak. PT. Agincourt Resources menggunakan *surface delay* 17 ms, 25 ms dan 42 ms. Hal ini menyebabkan kemungkinan banyak lubang yang meledak bersamaan saat jumlah lubang yang diledakkan banyak. Tetapi hal ini tetap dipertahankan karena batuan di lokasi merupakan batuan yang keras, sehingga harus menggunakan *delay* yang kecil agar fragmentasi dapat tercapai dan tidak memperlambat proses pengolahan batuan. Terlihat pada Gambar 4, bahwa dengan bertambahnya jarak maka nilai getaran akan semakin rendah.

### Standar Vibrasi Peledakan SNI dengan Lokasi Peledakan

Berdasarkan peraturan SNI 7571:2010 batas getaran untuk pabrik pengolahan adalah 3 mm/s. Dari hasil penelitian ini terdapat 4 ledakan yang nilai getarannya diatas 3 mm/s, jadi dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi SNI untuk pabrik pengolahan tersebut maka pada jarak 450 meter tidak disarankan untuk menggunakan *charge/delay* 500 kg karena tidak memenuhi 3 mm/s, sedangkan pada jarak 600 meter semua getaran dikategorikan aman karena sudah berada di bawah 3 mm/s

### KESIMPULAN

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi *ground vibration* di lapangan meliputi jarak dari titik peledakan ke titik pengukuran dan jumlah bahan peledak maksimum perwaktu tunda. Semakin besar jumlah bahan peledak, semakin besar tingkat getarantahan yang dihasilkan dan semakin jauh jarak pengukuran, tingkat getaran yang dihasilkan akan berkurang. Dari hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan maka diperoleh data nilai getaran akibat peledakan, sebagai berikut :
  - Tanggal 12 Juli 2022, jarak pengukuran 516 meter, *charge/delay* 78,2 kg menghasilkan nilai PPV 0,92 mm/s.
  - Tanggal 16 Juli 2022, jarak pengukuran 341 meter, *charge/delay* 367,4 kg menghasilkan nilai PPV 3,57 mm/s.
  - Tanggal 19 Juli 2022, jarak pengukuran 636 meter, *charge/delay* 228 kg menghasilkan nilai PPV 2,46 mm/s.
  - Tanggal 01 Agustus 2022, jarak pengukuran 305 meter, *charge/delay* 419,6kg menghasilkan nilai PPV 8,37 mm/s.
  - Tanggal 05 Agustus 2022, jarak pengukuran 353 meter, *charge/delay* 118,6kg menghasilkan nilai PPV 1,99 mm/s.

Dari hasil pengukuran diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah bahan peledak maka semakin besar pula intensitas *ground vibration* yang dihasilkan dan hasil *ground vibration* juga bergantung pada perubahan jarak dari titik peledakan ke titik pengukuran.

2. Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan perbandingan *ground vibration* aktual dengan prediksi yang cukup mendekati dengan akurasi prediksi rata-rata 77,80%
3. Berdasarkan peraturan SNI 7571:2010 batas getaran untuk pabrik pengolahan adalah 3 mm/s, maka dapat disimpulkan bahwa agar memenuhi SNI untuk pabrik pengolahan tersebut maka pada jarak 450 meter tidak disarankan untuk menggunakan *charge/delay* 500 kg karena tidak memenuhi 3 mm/s, sedangkan pada jarak 600 meter semua getaran dikategorikan aman karena sudah berada dibawah 3 mm/s.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Agincourt Resources dan semua yang telah membantu dalam kegiatan penelitian di lokasi, khususnya seluruh rekan-rekan mentor di *Departemen Mining* yang telah memberikan ilmu dan dukungan dalam proses penelitian, serta tim dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah membimbing dalam pengerjaan skripsi ini hingga selesai

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alexandri, A., "Perencanaan Rate of Penetration pada Operasi Pemboran," *Swara Patra*, Majalah Ilmiah PPSDM Migas, 2016; 6(2).
- [2] Anonim, "*Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan*," Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2010.
- [3] Ash, R., L., "*The Mechanics of Rock Breakage (part 2)-standard for blasting design. Pit & Quarry Magazine*," 1963; 56(3), 118-112.
- [4] Besri, I., M., & Gusman, M., "*Hilirisasi Kegiatan Penggalian dan Pengangkutan pada Penambangan Batu Kapur di PT. Semen Padang*," *Bina Tambang*, 2020; 5(4), 92-104.



ISSN: 1907-5995

- [5] Cahyadi, Roby & Toha, Taufik & Komar, Syamsul, "Analisis Korelasi Scaled Distance terhadap Getaran Tanah pada Operasi Peledakan Batu Kapur PT.Semen Baturaja (Persero)," *Jurnal Teknik Patra Akademik*, 2017; 8(2).
- [6] Canima, Diky, & Heriyadi, B., "Analisis Penentuan Batas Aman GroundVibration Akibat Kegiatan Peledakan terhadap Kestabilan Lereng HighwallPenambangan Pit 13 West PT. Multi Harapan Utama, Samarinda,Kalimantan Timur," *Bina Tambang*, 2019; 4(4), 24-38.
- [7] Ezra, R., & Yulhendra, D., "Perancangan Program Aplikasi Geometri Peledakan Tambang Terbuka Berbasis Mobile Menggunakan Bahasa Pemograman Android Studio," *Bina Tambang*, 2020; 5(2), 159-173.
- [8] Handoyo, D., "*Dampak Peledakan. Diklat Pengelolaan Peledakan pada Penambangan Bahan Galian (Juru Ledak Kelas I)*," Bandung, 2013.
- [9] Koesnaryo, S., "*Teknik Pemboran dan Peledakan*," Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, 1988.
- [10] Koesnaryo, S., "*Teori Peledakan Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara*," Bandung, 2001.
- [11] Ma'rief, A.A., Qadri, A., Okviyani, N., Mahyuni, E.T., "Analisis Pengaruh Jumlah Bahan Peledak terhadap Ground Vibration Akibat Ledakan Pada Area Pit SM-A Tambang Batubara PT Sims Jaya Kalimantan Timur," *Jurnal Geomine*, 2020; 8(1): 74-79.
- [12] Munir, M., "*Tanah-tanah Utama di Indonesia, Karakteristik, Klasifikasi dan Pemanfaatannya*," Pustaka Jaya, Jakarta, 1996, hal. 216-238.
- [13] Pasang, J., "*Analisis Pola Rangkaian Peledakan terhadap Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) pada PT.Cipta Kridatama Jobsite PT. Multi Harapan Utama, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*," Skripsi, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda, 2013.
- [14] Permana, Ahmad Ridha & Heriyadi, Bambang. "Kajian Pengurangan GetaranTanah (Gound Vibration) pada Peledakan Overburden Tambang Batubara di PT. Artamulia Tata Pramata," *Jurnal Bina Tambang*, 2019; 4(1).
- [15] Sahadia, N., H., E., "Analisis Ground Vibration Menggunakan Pendekatan Peak Particle Velocity pada Kegiatan Peledakan Serta Dampak terhadap Bangunan," *Jurnal Penelitian UVRI*, Makassar, 2015.
- [16] Saptono, S., "*Teknik Peledakan*," Diktat Kuliah Jurusan Teknik Pertambangan, Yogyakarta, 2006.
- [17] Soedarmo, D., & Kadir, E., "Pengukuran Vibrasi Hasil Peledakan di TambangTerbuka Hijau PT. Newmont Nusa Tenggara," *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, 2009; 18(1), hal.25-32.
- Tohirin & Wijaya, Andy Erwin & Prastowo, Rizqi. "Analisis Getaran Tanah untuk Mengurangi Kerusakan Akibat Peledakan pada Tambang Terbuka," *Jurnal Geocelbes*, 2022; 6(2), hal.203-211.