

# Kajian Pengurangan Getaran Tanah (*Ground vibration*) Pada Peledakan *Overburden* Tambang Batubara Di PT. Artamulia TataPratama Site Tanjung Belit Provinsi Jambi

Ahmad Ridho Permana<sup>1\*</sup>, Bambang Heriyadi<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

\*[ahmadridhopermana@gmail.com](mailto:ahmadridhopermana@gmail.com)

\*\*[bambang\\_heriyadi@yahoo.co.id](mailto:bambang_heriyadi@yahoo.co.id)

**Abstrak.** PT. Artamulia Tatapratama generally consists of two main materials namely claystone and sandstone with the value of the test results of the UCS test averaging above 20 MPa, which belongs to the hard rock category. Therefore, blasting activities were carried out in an effort to provide more effective and efficient overburden constituent materials. Blasting activities carried out in addition to paying attention to the production target must also be taken into account the impact of the blasting itself, especially in terms of *ground vibration* which can cause negative effects on the surrounding area, if it exceeds the established standards. Recording data of *ground vibration* measurements on the Vibracord DX series devices carried out by PT. Artamulia Tatapratama showed that the maximum value of soil vibration level produced reached 2.98 mm / second, while the threshold value agreed upon by the local government together with the surrounding community, and PT. Artamulia Tatapratama which is equal to 1.4 mm / second. Whereas according to the Indonesian National Standard (SNI) the maximum value of vibration blasting is 3 mm / sec (based on the condition of the building around the blasting area)

**Keywords:** *Seismic wave, Blasting, Peak Particle Velocity, scale distance, ground vibration*

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil batubara terbesar di Asia Tenggara. Oleh karena itu, untuk menghasilkan batubara yang baik dalam melakukan suatu kegiatan penambangan diperlukan suatu perencanaan yang tepat. Pada dasarnya dikenal dua cara penambangan batubara yang sering dilakukan yaitu *surface mining* dan *underground mining*.

Lapisan penyusun *Overburden* PT. Artamulia Tatapratama umumnya terdiri dari dua material utama yakni *claystone* dan *sandstone*, yang termasuk kategori batuan keras. Oleh karena itu, dilakukan kegiatan pembeaian batuan, tujuan dari kegiatan pembeaian ini adalah untuk membebaskan batuan maupun tanah

tersebut, sehingga dapat mempermudah proses penambangan selanjutnya.<sup>[1]</sup>

Dalam melakukan kegiatan peledakan, selain memperhatikan target produksi juga harus diperhitungkan dampak dari peledakan itu sendiri terutama dalam hal getaran tanah (*ground vibration*) yang dapat menimbulkan kerusakan bangunan dan struktur batuan sekitar jika melampaui standar yang telah ditetapkan.<sup>[2]</sup>

Data rekaman pengukuran *ground vibration* pada alat *Vibracord DX series* yang dilakukan pihak PT. Artamulia Tatapratama menunjukkan bahwa maksimal nilai tingkat getaran tanah yang dihasilkan mencapai angka 2,98 mm/detik, sedangkan nilai ambang batas tingkat getaran tanah yang telah disepakati oleh pihak

Pemda setempat bersama masyarakat sekitar, dan pihak PT. Artamulia Tatapratama yakni sebesar 1,4 mm/detik. Sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) terhadap nilai *vibrasi* maksimal peledakan yaitu 3 mm/detik (berdasarkan kondisi bangunan sekitar area peledakan).<sup>[3]</sup>

Pada saat peledakan terjadi, tidak semua energi yang dihasilkan digunakan untuk memecahkan batuan. Karena, sebagian energi akan diteruskan pada massa batuan dalam bentuk gelombang yang kemudian dikenal sebagai gelombang *seismic*. Gelombang *seismic* akibat peledakan dirasakan sebagai getaran tanah (*ground vibration*).

Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak didalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi.<sup>[4]</sup> Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi dan adanya aktivitas manusia salah satunya adalah kegiatan peledakan. Getaran tanah terjadi pada daerah elastic (*elastic zone*).<sup>[5]</sup>

Getaran tanah ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur bangunan dan juga dapat mengganggu kestabilan struktur lereng di sekitar lokasi peledakan. Pit timur merupakan satu satunya pit yang sedang aktif ditambang, dan masih menimbulkan tingkat getaran tanah yang masih melebihi nilai standar dari ketetapan PT. Artamulia Tatapratama yakni 1,4 mm/detik dan standar SNI yang ada, sehingga dibutuhkan suatu perubahan dalam rancangan peledakan, dan penerapan metode tertentu, agar tidak memberikan dampak negatif terhadap bangunan dan kenyamanan masyarakat disekitaran lokasi tambang.

Berdasarkan permasalahan diatas maka diajukan perilaku tambahan terhadap pelaksanaan peledakan dan perubahan sebagian metode peledakan yang tengah diterapkan oleh tim *blasting* PT. Artamulia Tatapratama, untuk dapat melaksanakan peledakan *overburden* tetap sesuai dengan *planning*, dengan tetap memperhatikan dampak maksimal nilai getaran tanah yang dihasilkan 1,4 mm/detik.

Menteri Negara Lingkungan Hidup dalam surat keputusannya mencantumkan bahwa getaran adalah gerakan bolak-balik suatu massa melalui keadaan setimbang terhadap suatu titik acuan, sedangkan yang dimaksud dengan getaran mekanik adalah getaran yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia (Kep.MENLH No: KEP-49/MENLH/11/1996).<sup>[6]</sup>

Pemilihan diameter lubang ledak dipengaruhi oleh besarnya laju produksi yang direncanakan. Makin besar diameter lubang maka akan diperoleh laju produksi

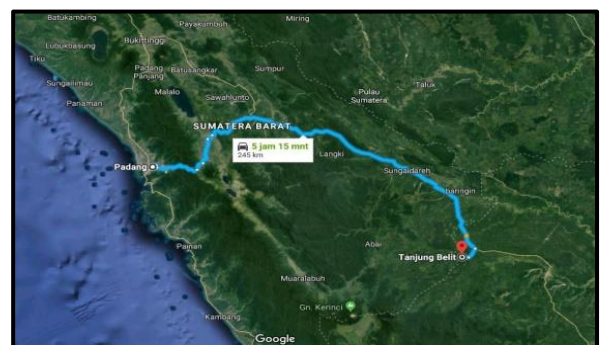
yang besar pula, dengan persyaratan alat bor dan kondisi batuan sama. (Pusdiklat Minerba Bandung, 2004).

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi operasional PT. Artamulia Tatapratama terletak di Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi. Secara geografis lokasi penambangan PT. Artamulia Tatapratama terletak antara koordinat  $101^{\circ}42'58''$  BT -  $101^{\circ}45'3''$  BT dan  $01^{\circ}24'15''$  LS -  $01^{\circ}25'0''$  LS.

Lokasi operasional PT. Artamulia Tatapratama dapat ditempuh dari Kota Padang melalui Jalan Lintas Sumatra selama 7 jam menggunakan transportasi darat dengan jarak  $\pm 260$  km, dan dilanjutkan dengan perjalanan darat selama 30 menit menuju lokasi penambangan PT. Kuansing Inti Makmur. Lokasi proyek penambangan bisa dicapai dengan sarana perhubungan darat, bila melalui KM 44 berjarak  $\pm 18,5$  Km dan bila melewati Simpang 4 Rantau Ilkil berjarak  $\pm 10$  km dengan waktu tempuh sekitar 20 menit.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah

### 2.2 Dasar Teori

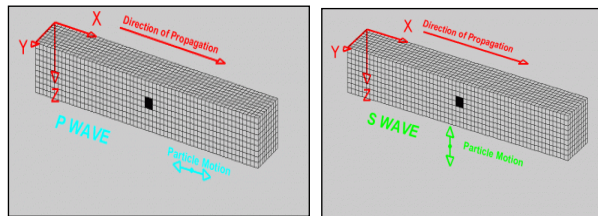
#### 2.2.1 Pengertian Getaran

Getaran tanah adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi (*gelombang seismic*). Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, salah satu diantaranya adalah kegiatan peledakan.

Secara umum energi yang terjadi di dalam kerak bumi dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

### 2.2.1.1 Gelombang Badan (Body Wave)

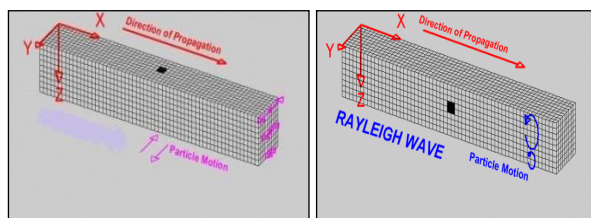
Gelombang yang merambat melalui bagian dalam bumi. Gelombang badan merupakan gelombang yang tiba sebelum gelombang permukaan yang dipancarkan oleh gempa bumi. Gelombang ini memiliki frekuensi yang lebih tinggi dari pada gelombang permukaan dibagi menjadi dua jenis yakni, gelombang *primer* dan gelombang *sekunder*



**Gambar 2.** Gelombang P dan gelombang S

### 2.2.1.2 Gelombang Permukaan (Surface Wave)

Gelombang yang rambatannya hanya melalui kerak bumi. Gelombang ini memiliki frekuensi yang lebih rendah dibandingkan dengan gelombang badan. Gelombang ini pun dibagi menjadi dua jenis yakni gelombang L dan gelombang R (*Reyleigh*).



**Gambar 3.** Gelombang L dan gelombang R

## 2.2.2 Faktor yang dikontrol dan mempengaruhi tingkat ground vibration yang dihasilkan diantaranya<sup>[8]</sup>.

### 2.2.2.1 Pola Peledakan

Pola peledakan yang digunakan juga akan mempengaruhi nilai getaran peledakan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pola peledakan akan mempengaruhi jumlah lubang ledak yang meledak bersamaan. Pola peledakan yang dapat memastikan tidak adanya lubang yang meledak secara bersamaan adalah pola *hole by hole*.

### 2.2.2.2 Jumlah Muatan Bahan Peledak Perwaktu Tunda

Besarnya *vibrasi* yang dihasilkan peledakan dipengaruhi oleh jumlah muatan berat total bahan peledak per waktu tunda. Besar kecilnya *Intensitas Ground vibration* akan tergantung kepada jumlah berat bahan peledak maksimum yang meledak secara bersamaan pada interval waktu (lamanya interval waktu adalah 8 milli *second*)<sup>[7]</sup>

Jadi, lubang-lubang tembak yang mempunyai selisih waktu meledak kurang dari sama dengan 8 *ms*, dianggap meledak bersamaan. Jumlah muatan total handak yang dianggap meledak bersamaan ini merupakan muatan bahan peledak per waktu tunda, besran *vibrasi* yang dihasilkan akan semakin meningkat tetapi hubungan ini bukan merupakan hubungan yang sederhana, misalnya muatan dua kali lipat jumlahnya tidak menghasilkan getaran yang dua kali lipat.

### 2.2.2.3 Jarak Dari Lokasi Peledakan

Jarak dari titik atau lokasi peledakan, juga memberikan pengaruh yang besar terhadap besaran *vibrasi* yang dihasilka, seperti juga muatan maksimal bahan peledak per waktu tunda. Semakin dekat suatu titik pengukuran *vibrasi* ke titik peledakan, maka *vibrasi* yang terukur semakin besar.

### 2.2.2.4 Arah Peledakan

Pada intinya setiap peledakan akan menghasilkan getaran peledakan tertentu. Namun, getaran maksimal dari peledakan ini dapat diarahkan perambatannya dengan memanfaatkan arah peledakan yang dapat dikontrol dengan penentuan titik inisiasi. Pada prinsipnya, arah peledakan diusahakan menjauhi daerah target, sehingga dapat mengurangi getaran peledakan yang dirasakan pada daerah target tersebut.

### 2.2.2.5 Sifat Bahan Peledak

Kekuatan, kecepatan detonasi, kepekaan, bobot isi bahan peledak, tekanan detonasi, dan ketahanan terhadap air. Sangat mempengaruhi kepada kekuatan bongkahan yang akan dilakukan pada saat ledakan terjadi.

### 2.2.2.6 Waktu Tunda (*delay periode*)

Interval waktu tunda antar lubang ledak sangat mempengaruhi tingkat *vibrasi* yang dihasilkan. Jika interval waktu tunda tersebut makin besar, maka

kemungkinan jumlah bahan peledak yang dianggap meledak bersamaan (selisih waktu meledak kurang dari sama dengan  $8ms$ )<sup>[9]</sup> akan makin kecil, sehingga tingkat *vibrasi* yang dihasilkan akan semakin kecil. Tetapi perlu diperhatikan pula bahwa agar tingkat yang dihasilkan kecil, maka jumlah lubang ledak yang memiliki interval *delay* kurang dari sama dengan  $8 ms$  harus diusahakan sedikit mungkin agar jumlah bahan peledak yang meledak per waktu tundanya sedikit pula.

### 2.2.3 Faktor yang tidak dapat dikontrol yang mempengaruhi tingkat ground vibration yang dihasilkan diantaranya

#### 2.2.3.1 Karakteristik Massa Batuan

Semakin tinggi tingkat kekerasan batuan, maka akan semakin sukar batuan tersebut dihancurkan, demikian juga dengan batu yang memiliki kerapatan tinggi<sup>[10]</sup>.

Elastisitas adalah sifat yang dimiliki batuan untuk kembali ke bentuk atau keadaan semula setelah gaya yang diberikan kepada batuan tersebut hilang.

Batuan akan hancur apabila diberikan regangan yang melewati batas elastisitasnya<sup>[11]</sup>. Abrasivitas batuan merupakan suatu parameter batuan yang mempengaruhi keausan/umur dari mata bor. Dan Kecepatan perambatan gelombang pada setiap batuan berbeda. Semakin tinggi kecepatan rambat gelombang pada suatu batuan, maka diperlukan bahan peledak yang memiliki energi yang tinggi pula agar dapat menghancurkan batuan tersebut.

#### 2.2.3.2 Struktur geologi

Struktur geologi sangat berpengaruh terhadap pola pemboran dan peledakan. Seperti adanya sesar, kekar, rekahan, lipatan, *strike*, *dip*, patahan, dan masih banyak yang lainnya.

#### 2.2.3.3 Pengaruh air

Kerusakan isian bahan peledak dikarenakan adanya air dapat mengurangi kecepatan reaksi bahan peledak, sehingga akan mengurangi energi peledakan, atau bahkan isian akan gagal meledak<sup>[10]</sup>.

### 2.2.4 Analisa Geometri Peledakan

Geometri Peledakan yang akan dibahas adalah menurut R.L Ash dan Konya, berikut ini adalah analisa geometri menurut R.L Ash.

#### a. Burden (B)

$$B = \frac{Kb \times De}{12} \quad (1)$$

$$Kb = Kb_{\text{standard}} \times Af_1 \times Af_2 \quad (2)$$

Dimana :

$Af_1$  = Faktor penyesuaian terhadap bahan peledak

$$Af_1 = \left[ \frac{SG \text{ handak} \times (VOD)^2}{SG \text{ handak} \text{ std} \times (VOD)^2} \right] \quad (3)$$

$Af_2$  = Faktor penyesuaian terhadap densitas batuan

$$Af_2 = \left[ \frac{SG \text{ Batuan} \text{ std}}{SG \text{ Batuan}} \right] \quad (4)$$

#### b. Spacing (S)

$$S = Ks \times B \quad (5)$$

Harga nisbah *spacing* ( $Ks$ ) berkisar antara 1,0 – 2,0

#### c. Stemming (T)

$$T = Kt \times B \quad (6)$$

Harga nisbah *stemming* ( $Kt$ ) adalah berkisar antara 0,7-1

#### d. Subdrilling (J)

$$S = Ks \times B \quad (7)$$

Harga nisbah *stemming* ( $Kt$ ) adalah berkisar antara 0,2 - 0,4. Tujuan utama dibuatnya *subdrilling* ini adalah supaya batuan dapat meledak secara *full face* yang sesuai harapan dan menghindari adanya *toe* atau undulasi<sup>[12]</sup>

#### e. Kedalaman Lubang Ledak (H)

$$H = Kh \times B \quad (8)$$

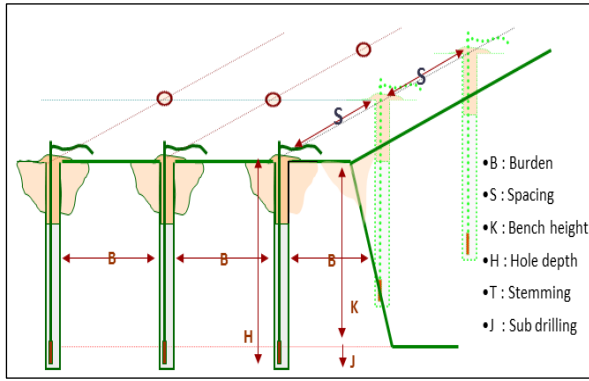
Harga nisbah adalah berkisar antara 1,5-4,0

#### f. Tinggi Jenjang/Bench High (L)

$$L = H - S \quad (9)$$

#### g. Tinggi Charging (PC)

$$PC = H - T \quad (10)$$



Gambar 4. Geometri lubang ledak

2.2.5 Teori Analisis Vibrasi

Scaled distance chart dapat dibuat pada grafik log-log untuk bermacam-macam harga dari scaled distance. Dengan diketahuinya harga Scaled Distance, dapat ditentukan jumlah muatan bahan peledak untuk bermacam-macam jarak yang aman.

Penggambaran pada kertas grafik log-log dengan sumbu tegak jumlah muatan bahan peledak dan jarak pada sumbu mendatar. Scaled Distance Chart dapat dipakai untuk menentukan berat muatan bahan peledak untuk sebarang jarak dengan scaled distance yang telah ditentukan.

a. Hukum Scaled Distance

Scale Distance adalah parameter untuk dimensi jarak. Scale Distance dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran. Jika isian lubang (ratio perbandingan panjang dan diameter lebih dari 6), gelombang akan dirambatkan di depan lubang bor.<sup>[13]</sup> Scale Distance,  $d/W^{1/2}$ . W total berat bahan peledak yang meledak per delay sedangkan d merupakan jarak dari alat perekam terhadap lokasi peledakan. Rumus di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$PPV = K \left( \frac{d}{W^{0.5}} \right)^m \tag{11}$$

Keterangan:

- PPV = Peak Particle Velocity (mm/s),
- D = Jarak dari recorder ke lokasi peledakan,
- W = Total berat bahan peledak per minimum 8ms/delay,
- K,m = Konstanta,
- $\frac{d}{W^{1/2}}$  = Square root Scale Distance

Konstanta K dan m disebut sebagai faktor tempat (site factor). K adalah garis batas hubungan pada saat SD = 1 pada grafik log. Nilai tersebut menyatakan energi yang ditransferkan dari bahan peledak ke batuan sekitarnya. Berkurangnya nilai Peak Particle Velocity dipengaruhi geometri penyebaran dan pengaruh dari karakteristik batuan disebut sebagai slope factor.<sup>[14]</sup>

Scaled distance chart dapat dibuat pada grafik log-log untuk bermacam-macam harga dari scaled distance<sup>[15]</sup>. Dengan diketahuinya harga Scaled Distance, dapat ditentukan jumlah muatan bahan peledak untuk bermacam-macam jarak yang aman.

Penggambaran pada kertas grafik log-log dengan sumbu tegak jumlah muatan bahan peledak dan jarak pada sumbu mendatar. Scaled Distance Chart dapat dipakai untuk menentukan berat muatan bahan peledak untuk sebarang jarak dengan scaled distance yang telah ditentukan.

Dari persamaan hubungan antara peak particle velocity (PPV) dan scaled distance (SD) yang telah didapatkan dari teori Scale Distance, maka dapat ditentukan hubungan antara jarak dan isian jumlah bahan peledak maksimal/delay dengan batasan PPV yang ditentukan.

Dengan diperolehnya hubungan ini, maka ditetapkan suatu ketentuan mengenai jumlah bahan peledak yang diperbolehkan meledak per waktu tunda pada jarak tertentu sehingga tidak terjadi kecepatan puncak partikel yang melebihi harga yang diinginkan. Cara pengaturan Scaled Distance Value yang dipergunakan yakni, Particle Velocity vs Scaled Distance.

b. Standar Ground vibration (Getaran Tanah)

Dalam perkembangannya, Indonesia kini telah memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk baku tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang terbuka terhadap bangunan yaitu SNI 7571:2010 yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Dengan SNI 7571:2010 perusahaan tambang terbuka di Indonesia telah memiliki acuan untuk mengontrol efek dari kegiatan peledakan yang dilakukan.

Tabel 1. SNI 7571:2010 (Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan)

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vektor Sum (mm/detik)
1	Bangunan kuno yang dilindungi Undang-Undang benda cagar budaya (Undang-Undang No. 6 tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen.	3

3	Bangun dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan slope beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balk.	7-20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja.	12-40

## 2.2.6 Metode Penanggulangan Vibrasi Peledakan

### 2.2.8.1. Metode Decking

*Decking* adalah suatu cara pemuatan bahan peledak yang terbagi atas beberapa kolom yang diselingi lapisan "*stemming*". Pada cara ini, tiap "*deck*" diberi waktu tunda yang berbeda. "*Deck*" paling atas diberi waktu tunda dengan nomor kecil, sedangkan untuk "*deck*" selanjutnya diberi waktu tunda dengan nomor besar.

Ide dasar metode ini adalah mengurangi berat muatan yang meledak secara bersamaan, sehingga kecepatan partikel akibat getaran yang terjadi dapat dikurangi. Pengurangan kecepatan partikel berarti pengurangan tingkat getaran. Selain pengurangan tingkat getaran, keuntungan lain penggunaan metode ini adalah fragmentasi yang lebih baik terutama untuk material berlapis.

### 2.2.8.2. Rancangan Ulang Geometri Peledakan

Pengurangan jumlah muatan bahan peledak dapat dilakukan juga dengan rancangan geometri peledakan, terutama ukuran diameter lubang tembak dan tinggi jenjang. Hal yang harus diperhatikan sebelum membuat rancangan adalah pengaruh diameter terhadap kecepatan detonasi, karena kecepatan detonasi berpengaruh terhadap efek penghancuran dimana semakin besar kecepatan detonasi efek penghancurannya semakin besar. Hal lain yang harus diperhatikan adalah kaitan antara muatan spesifik dan ukuran maksimum bongkah<sup>[16]</sup>.

### 2.2.8.3. Metode Peledakan Tunda

Peledakan tunda adalah suatu cara peledakan yang terdiri atas beberapa baris dan kolom lubang tembak dengan menggunakan detonator tunda. Penggunaan waktu tunda dimaksudkan untuk dua hal, pertama, mengurangi jumlah muatan yang meledak secara bersamaan. Kedua, memberikan waktu kesempatan material yang dekat bidang bebas terledakan secara

sempurna. Kedua hal ini berpengaruh terhadap pengurangan tingkat getaran.

Penggunaan metode peledakan tunda dapat mengontrol lubang yang meledak dan juga menyediakan bidang bebas untuk peledakan baris selanjutnya.

Pada peledakan lebih dari satu baris, jika baris pertama (bagian yang terdekat dengan bidang bebas) belum terledakan secara sempurna sedang baris kedua telah meledak, akibatnya energi yang terlepas pada peledakan baris kedua akan mencari bidang bebas kearah yang lebih lemah yaitu ke atas sehingga menimbulkan "*Fly Rock*" atau gerakan material hasil peledakan yang sangat kuat ke udara.

Energi yang dibebaskan ini justru sebagian besar merambat dalam masa batuan. Hal ini menyebabkan timbulnya getaran dengan tingkat yang lebih besar dibandingkan yang seharusnya. Untuk mengatasi hal ini diperlukanlah metode peledakan tunda.

### 2.2.8.4. Metode Presplitting

*Presplitting* adalah suatu metode penanggulangan vibrasi yang akan menghasilkan sebuah bidang irisan yang terbentuk didalam batuan, dimana satu baris lubang bor diledakkan terlebih dahulu sebelum lubang tembak utama untuk produksi diledakkan. Pada umumnya, lubang bor dalam satu baris dengan spasi yang saling berdekatan dibor pada batas akhir rencana penggalian dan diisi dengan jumlah bahan peledak yang sedikit.<sup>[17]</sup>

Tujuan *presplitting* adalah untuk menciptakan sebuah bidang bebas diantara lubang tembak pada baris terakhir. Hal ini menyebabkan terjadinya pemantulan sebagian energi yang melewatinya sehingga mengurangi tingkat getaran yang mungkin terjadi.

## 2.2.7 Analisis Regresi

Analisi regresi dalam statistika adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel yang lain. Variabel "penyebab" disebut dengan bermacam istilah: variabel penjelas, variabel eksplanatorik, variabel independen, atau secara bebas, variabel X (karena sering kali digambarkan sebagai absis atau sumbu X).

Variabel terkena akibat dikenal sebagai variabel yang dipengaruhi, variabel dependen, variabel terikat,

atau variabel Y. Kedua variabel ini dapat merupakan acak (random), namun variabel yang dipengaruhi harus selalu variabel acak.

Tidak selamanya hal-hal yang akan diprediksi itu bisa tergambar secara linier, terkadang ada suatu penelitian yang tersebar datanya (tidak membentuk garis menurun atau menaik). Maka dari itu digunakan regresi non linier untuk meramalkannya. Salah satu regresi non linear adalah regresi non linier geometrik (*power*). Persamaan regresi *power* adalah sebagai berikut:

$$Y = aX^b \text{ atau } \text{Log } Y = \text{Log } a + b \text{ Log } X \quad (12)$$

Y = adalah variabel tetap (log PPV)

X = adalah variabel peubah (log SD)

Nilai a dan b merupakan konstanta yang dihasilkan dari peramalan menggunakan regresi power ini.

Koefisien korelasi (R) Adalah suatu angka yang menunjukkan tinggi rendahnya derajat antara dua variabel atau lebih<sup>[18]</sup>. Koefisien korelasi besarnya sudah tertentu, yaitu variasi antara -1 dan +1.

R<0 : Derajat hubungan antara dua variabel menunjukkan hal yang berlawanan (koefisien korelasi negatif)

R>0 : Derajat hubungan antara dua variabel menunjukkan hal yang sejajar atau paralel (koefisien korelasi positif)

R=0 : Tidak ada hubungan sama sekali antara dua variabel

Sedangkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) menyatakan besar sumbangan pengaruh variabel bebas X terhadap variabel tak bebas Y.

Sifat – sifat koefisien determinasi :

a. Merupakan besaran non negatif

b. Batasannya adalah  $0 \leq R^2 \leq 1$

Koefisien Korelasi ( $R^2$ ) adalah ukuran hubungan linier antara dua variabel / peubah acak X dan Y untuk mengukur sejauh mana titik – titik menggerombol sekitar sebuah garis.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. metode penelitian kuantitatif adalah “Metode Penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan”.

#### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan beberapa cara pengumpulan informasi atau data, yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. Dalam memperoleh informasi.

##### 3.3.1 Pengambilan Data Primer

Data Primer yang diambil adalah sebagai berikut. Jumlah bahan peledak per lubang (*hole*), data ini diperoleh langsung di lapangan ketika proses pengisian handak (anfo) ke lubang ledak (*charging*),

Hasil pengukuran getaran (nilai PPV), untuk pengukuran *vibrasi* penulis tidak berkesempatan untuk mempraktikan secara langsung, namun hanya mengamati proses penyetingan alat dari jarak yang cukup dekat, Jarak pengukuran (jarak antara titik pengukuran dengan lokasi peledakan), data ini diperoleh dari jarak titik koordinat lokasi pengukuran getaran tanah yang telah di tentukan ke koordinat lokasi *blasting*.

##### 3.3.2 Pengambilan Data Sekunder

Desain aktual pola rangkaian peledakan. Peta layout tambang, *Drill and Blast Design*, Target getaran tanah hasil peledakan oleh perusahaan, Data geologi lokasi tambang, dan dokumentasi penulis di lingkungan perusahaan

#### 3.4 Tahap Pengolahan Data Dan Analisa Data

Pengolahan data (data primer dan data sekunder), diolah dengan menggunakan software *shot plus* dari *Orica* untuk menentukan banyaknya bahan peledak yang meledak serentak (8 ms). Data-data aktual ini (PPV, jarak dan isian bahan peledak) kemudian dihitung dengan teori *Scale Distance* untuk mendapatkan persamaan hubungan antara PPV dan *Scaled Distance*.

Persamaan ini akan digunakan untuk menganalisis metode peledakan yang ada dari segi isian bahan peledaknya, serta prediksi berat isian bahan peledak yang tepat untuk mendapatkan standar nilai PPV yang sesuai dengan ketetapan. Namun, hal ini jika memungkinkan untuk diterapkan. Hasil analisis dari hubungan tersebut akan ditampilkan dalam grafik *log log*.

Penerapan perlakuan tambahan seperti *presplitting*, peledakan tunda, dan *hole by hole* juga akan diterapkan untuk mengurangi getaran akibat

peledakan dengan tetap memperhatikan isian per lubang ledak tersebut. Dan dari hasil penerapan motoda tersebut, akan ditemukan metoda manakah yang dapat memberikan kontribusi terbesar dalam penurunan tingkat getaran tanah akibat peledakan tambang pada PT. Artamulia Tatapratama.

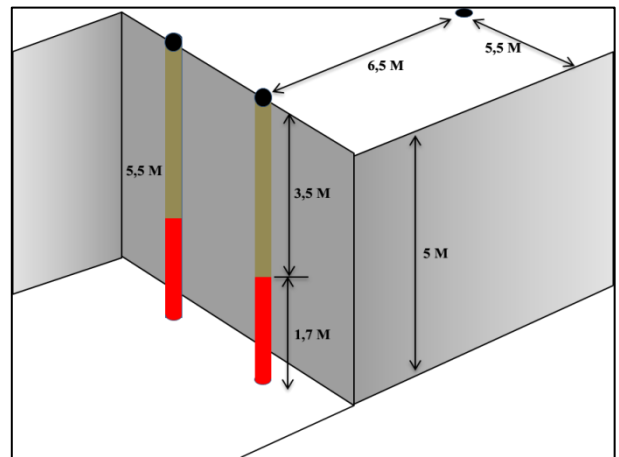
### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1 Geometri Peledakan

Dalam mendesain geometri peledakan harus memperhatikan kondisi yang ada di lapangan, karakteristik batuan yang akan diledakan, dan jenis bahan peledak yang akan dipakai. Ini merupakan unsur yang sangat penting dalam membuat suatu rancangan peledakan. Geometri peledakan tersebut dibuat berdasarkan pengalaman dan uji coba (*trial and error*) yang dilakukan oleh PT. Artamulia Tatapratama sehingga diperoleh geometri yang optimal. Geometri peledakan yang diterapkan pada operasi peledakan pada batuan *sandstone* dan *limestone* adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.** Kondisi pemboran dan peledakan yang diterapkan.

Geometri			
No.	Item	Spesifikasi	Ket
1	Burden (B)	5,5 m	
2	Spasi (S)	6,5 m	
3	Stemming (T)	3,5 m	
4	Depth (H)	5,5 m	Depth rata-rata
5	Panjang Kolom Isian	1,7 m	
6	Tinggi Jenjang	5 m	
Pola Pemboran			
Pemboran selang-seling ( <i>staggered patern</i> )			
Metode Peledakan			
1	Pola Peledakan	<i>hole by hole</i>	
2	Decking	<i>Single deck</i>	
3	Tipe <i>detonator</i>	Non elektrik ( <i>nonel</i> )	
4	Surface <i>delay</i>	42 ms, 109 ms, 67ms	
5	Inhole <i>delay</i>	500 ms	
6	Produk Isian	ANFO	
7	Densitas	0.8 gr/cc	
8	Isian	20 kg	



**Gambar 5.** Penampang Pemboran Yang Diterapkan

#### 4.2 Metode Peledakan Yang Diterapkan

Kegiatan peledakan yang dilaksanakan di Pit Timur PT Artamulia Tatapratama dengan pola peledakan *hole by hole* dengan menggunakan *surface delay detonator 17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms, 109 ms* dan *inhole delay detonator 500 ms*. Peledakan tidak dilakukan dengan satu kali peledakan, melainkan dilakukan bertahap atau dibuat menjadi beberapa *Initiation Point (IP)* yang diledakan secara bergantian setelah dilakukan pengecekan.

Sistem rangkaian menggunakan sistem *nonel* (non elektrik) dengan pemicu awal peledakan berupa elektrik *detonator* yang disambungkan ke *blasting machine* menggunakan *lead wire*.

#### 4.3 Data Aktual Lapangan

Pengukuran getaran hasil peledakan menggunakan alat *Vibracord DX-series*, pengukuran dilakukan pada bulan Oktober hingga Maret 2018. Pengukuran ini dilaksanakan pada dusun warga yang terdekat dari lokasi peledakan tambang, yakni dusun tanjung belit. Jarak antara titik terdekat peledakan ke dusun tanjung belit kurang lebih berjarak 800 meter.

Hasil pengukuran terhadap kegiatan peledakan di Pit Timur PT Artamulia Tatapratama, peledakan dilakukan dengan pola lubang ledak selang-seling (*staggered*) dan pola peledakan menggunakan rangkaian *hole by hole*, didapatkan hasil pengukuran getaran (*vibration*) adalah sebagai berikut.



**Tabel 3.** Hasil Pengukuran *Vibrasi*

No	Tanggal	Location			Geometri	Bahan Peledak	Jarak Record	Vibrasi
		Pit	Block	Material	Depth	Isian	(m)	(mm/s)
					(m)	(kg)		
1	2-Nov-17	Pit Timur	Barat	claystone	5,62	15,00	853,00	2,00
2		Pit Timur	Barat	claystone	5,74	15,00	853,00	1,40
3		Pit Timur	Barat	claystone	5,56	14,62	853,00	1,52
4	4-Nov-17	Pit Timur	Barat	Sandstone	5,97	15,00	770,00	2,37
5		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,99	15,00	770,00	2,21
6	5-Nov-17	Pit Timur	Barat	Sandstone	5,81	15,00	770,00	1,72
7		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,79	15,00	770,00	2,32
8		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,85	15,00	774,00	1,68
9		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,97	15,00	774,00	1,49
10	6-Nov-17	Pit Timur	Barat	Sandstone	6,00	14,00	774,00	1,44
11		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,89	14,00	774,00	2,03
12		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,91	14,00	777,00	1,73
13		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,85	14,00	777,00	2,06
14		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,67	13,72	777,00	1,97
15	7-Nov-17	Pit Timur	Barat	Sandstone	5,07	13,50	777,00	1,27
16	9-Nov-17	Pit Timur	Central	Sandstone	5,85	12,84	904,00	1,35
17		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,37	13,00	788,00	1,18
18		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,27	13,00	788,00	1,88
19	11-Nov-17	Pit Timur	Central	Sandstone	5,73	10,94	907,00	1,17
20		Pit Timur	Central	Sandstone	5,80	10,88	907,00	1,05
21	13-Nov-17	Pit Timur	Barat	claystone	5,37	10,96	760,00	1,69
22		Pit Timur	Barat	claystone	5,38	10,94	760,00	1,64
23		Pit Timur	Barat	claystone	5,41	11,00	760,00	1,54
24	14-Nov-17	Pit Timur	Barat	Sandstone	5,21	10,96	783,00	2,19
25		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,32	11,00	783,00	1,32
26		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,28	10,82	783,00	1,25
27	15-Nov-17	Pit Timur	Barat	claystone	5,33	10,88	782,00	1,71
28	16-Nov-17	Pit Timur	Barat	Sandstone	5,38	11,00	764,00	1,36
29		Pit Timur	Barat	Sandstone	5,38	11,00	764,00	1,62
30	19-Nov-17	Pit Timur	Barat	claystone	5,29	10,86	789,00	2,30
31		Pit Timur	Barat	claystone	5,34	10,88	789,00	1,36
32	20-Nov-17	Pit Timur	Barat	claystone	5,31	10,90	794,00	1,93
33		Pit Timur	Barat	claystone	5,46	11,00	794,00	2,38
34	21-Nov-17	Pit Timur	Barat	claystone	5,41	10,95	794,00	1,59
35	12-Dec-17	Pit Timur	Central	Sandstone	5,46	20,52	917,00	1,33
36	13-Dec-17	Pit Timur	Central	Sandstone	5,22	17,78	880,00	1,25
37		Pit Timur	Central	Sandstone	5,23	18,01	880,00	1,46
38	15-Dec-17	Pit Timur	Central	Sandstone	5,23	17,89	943,80	1,61
39	19-Dec-17	Pit Timur	Central	claystone	5,24	17,92	884,00	1,35
40		Pit Timur	Central	claystone	5,38	18,00	884,00	1,50
41	20-Dec-17	Pit Timur	Central	claystone	5,34	14,87	892,00	1,61
42		Pit Timur	Central	claystone	5,08	14,33	892,00	1,66

Dari hasil *record* getaran secara aktual dilapangan menunjukkan bahwa rata-rata nilai *vibrasi* yang dihasilkan adalah 1,79 mm/s dan prediksi nilai getaran dengan teori *Peak Particle Velocity* dengan rata-rata 1,92 mm/s, sudah berada dibawah Standar Nasional (SNI) 7571:2010 (berdasarkan jenis pondasi bangunan) yang ditetapkan yaitu dengan nilai getaran maksimal 3 mm/s.

Namun nilai getaran aktual yang dihasilkan pada peledakan PT. Artamulia Tatapatrta masih menimbulkan kerusakan pada rumah warga di Dusun Tanjung Belit dan belum memenuhi standar getaran maksimal yang diterapkan PT. KIM selaku *owner* yaitu sebesar 1,4 mm/s.

Untuk memenuhi standar 1,4 mm/s dan untuk tidak menimbulkan keresahan atau gangguan kepada masyarakat Dusun Tanjung Belit akibat getaran tanah hasil peledakan overburden PT. ATP maka diterapkan dua perubahan pada metode peledakan tersebut.

Persamaan Hubungan antara *Peak Particle Velocity* dan *Scaled Distance* Pada rumus *Scaled Distance*, faktor yang paling mempengaruhi nilai PPV

adalah isian bahan peledak dan jarak pengukuran. Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara PPV dan *Scaled Distance* digunakan hasil perhitungan manual dari 42 data pengukuran PPV yang didalamnya terdiri dari data pengukuran bulan Oktober, November dan Desember 2017.

Hubungan dua variabel ini diperoleh dengan menggunakan regresi power, nilai *Koefisien determinasi* ( $R^2$ ). *Koefisien determinasi* adalah ukuran yang menunjukkan berapa banyak variasi dalam data dapat dijelaskan oleh model regresi yang dibangun<sup>[17]</sup>.

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 3, konversi PPV dan SD menjadi Log PPV dan Log SD, maka dapat diperoleh perhitungan :

$$Y = aX^b \text{ atau } \text{Log } Y = \text{Log } a + b \text{ Log } X$$

Misal : ,Log Y = Y, Log a = a, dan Log X = X, maka:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$b = \frac{(42)(20,62) - (98,85)(8,78)}{42 (232,69) - (98,85)^2}$$

$$b = -0,677$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$a = \frac{8,78}{42} - (-0,677 * \frac{98,85}{42})$$

$$a = 1,802$$

Sehingga persamaannya menjadi :

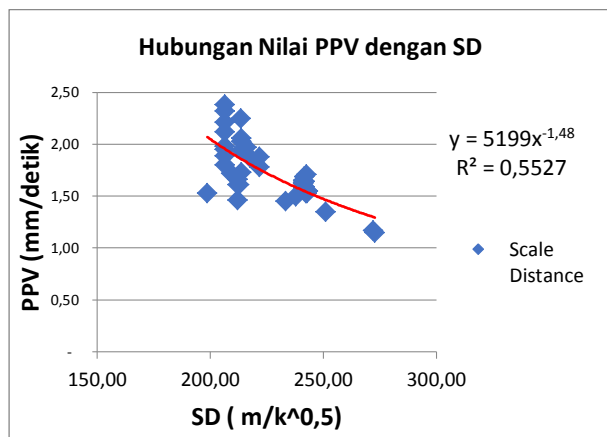
$$Y = 1,80256785 - 0,67786856$$

$$\text{Log } Y = \text{antilog } 1,80256785 - 0,67786856 \text{ Log } X$$

$$\text{Log } Y = 63,446991 X^{-0,67786856}$$

$$Y = 63,446991 (SD)^{-0,67786856}$$

Setelah dilakukan analisis menggunakan regresi power didapatkan hasil perhitungan regresi dengan persamaan hubungan antara PPV dan *Scale Distance* (SD), sehingga persamaan regresi tersebut menjadi PPV = 63,446 (SD)<sup>-0,677[19]</sup>. Grafik regresi dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Regresi Power

Dengan menggunakan persamaan dan nilai konstanta yang telah diperoleh dari data pengukuran PPV aktual, maka dapat diperoleh isian maksimal per delay untuk peledakan di lokasi Pit Timur.

#### 4.4 Metode Usulan

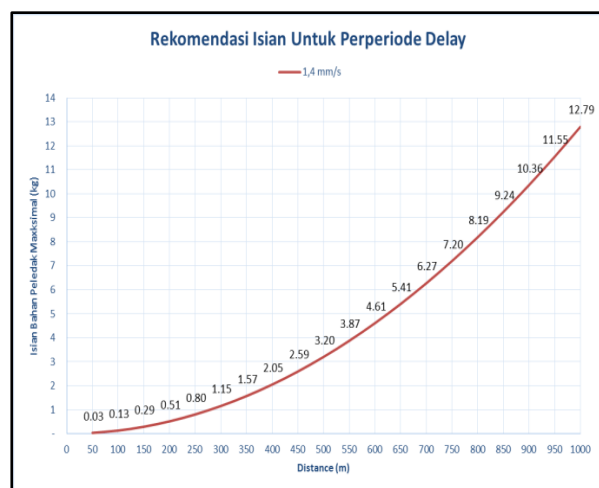
##### 4.4.1 Pengurangan Isian Bahan Peledak Menjadi 10 kg

Dengan jarak 800 m dan target getaran tertinggi adalah 1,4 mm/s maka diperoleh persamaan isian dengan menggunakan persamaan.

$$PPV = K \times SD^{-1,48}$$

$$PPV = 5199 \times (800/w^{0,5})^{-1,48}$$

$$w = 9,6 \text{ kg}$$



Gambar 8. Kurva Rekomendasi Isian Handak

Adapun dari 15 kali pelaksanaan peledakan dengan melakukan pengontrolan isian bahan peledak

menjadi 10 kg, di peroleh hasil perekaman getaran tanah seperti dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Vibrasi Pengurangan Isian 10 kg

Bahan Peledak				Jarak Blastmate	Vibrasi
Isian		ANFO	PF		
Presplitt (kg)	Produksi (kg)	Produksi (kg)	Produksi (kg/bcm)	Produksi (m)	Produksi (mm/s)
	10.34	547.00	0.05	907.00	1.17
	10.28	544.00	0.05	907.00	1.05
	10.30	548.00	0.06	760.00	1.69
	10.34	547.00	0.06	760.00	1.64
	10.40	550.00	0.06	760.00	1.54
	10.34	548.00	0.06	783.00	2.19
	10.40	550.00	0.06	783.00	1.32
	10.22	541.00	0.06	783.00	1.25
	10.20	544.00	0.06	782.00	1.71
	10.22	451.00	0.06	764.00	1.36
	10.32	418.00	0.06	764.00	1.62
	10.24	543.00	0.06	789.00	2.30
	10.30	218.00	0.06	794.00	1.93
	10.33	550.00	0.06	794.00	2.38
	10.35	438.00	0.06	794.00	1.59

Dari pengurangan isian tersebut diperoleh data record getaran tanah yang sudah berada dibawah standar nasional yakni dibawah 3 mm/s namun belum memnuhi standar yang diterapkan oleh PT. KIM selaku owner dari PT. ATP. Pengurangan isian ini juga berakibat terhadap banyaknya hasil material peledakan berupa boulder dan diggingtime alat muat yang akan menjadi lebih lama.

##### 4.4.2 Pengukuran Ground vibration Peledakan dengan Isian 10 kg dan Penambahan Metode Lubang Presplitting

Pada trial tahap ini, isian bahan peledak pada semua lubang baik presplitting atau produksi adalah 10 kg, dengan lubang presplitting dilakukan stemming dengan cutting pemboran untuk menghindari suara yang dihasilkan dari kegiatan peledakan tersebut. Pembuatan lubang presplitting ini bertujuan untuk membentuk bidang rekah yang akan menjadi peredam dari perambatan getaran tanah hasil peledakan lubang produksi.

Pembuatan lubang presplitting ini akan menyebabkan penambahan lubang yang nantinya tidak akan menjadi volume dalam peledakan, kemudian akan adanya tambahan biaya (cost) untuk penambahan pembuatan lubang dan biaya penambahan pada penggunaan bahan peledak.

Merumuskan nilai spasi dan burden pada presplit menggunakan persamaan berikut.<sup>[20]</sup>

$$Sp = (12-16) \times D \tag{13}$$

Sp = Spasi Lubang presplitting (m)  
D = Diameter Lubang Tembak (m)

Hitungan spasi presplitting :

$$Sp = 15 \times 0,159 \text{ m} = 2,38 \text{ meter}$$

Burden dapat di rumuskan<sup>[20]</sup>.

$$Bp = 1,3 \times Sp \tag{14}$$

Bp = Burden lubang presplitting  
Hitungan burden presplitting :

$$Bp = 1,3 \times 2,38 \text{ m} = 3,1 \text{ meter}$$

**Tabel 5.** Hasil *record* getaran penambahan lubang *presplitting*

No	Tanggal	Location		Geometri		Bahan Peledak		Jarak Blastmate		Vibrasi	
		Elevasi	Material	Holes		Isian		Presplit (m)	Produksi (m)	Presplit (mm/s)	Produksi (mm/s)
				Presplit	Produksi	Presplit (kg)	Produksi (kg)				
1	9-Jan-18	86	Clay & Sandstone	27,00		8,93		926,00		0,92	
2		86	Clay & Sandstone		45,00		10,96		796,00		1,70
3	10-Jan-18	86	Clay & Sandstone	27,00		9,67		810,00		0,71	
4		86	Clay & Sandstone		43,00		10,93		810,00		1,27
5	11-Jan-18	90	Clay & Sandstone	32,00	15,00	9,66	10,00	755,00		1,13	
6		91	Clay & Sandstone		44,00		10,00		755,00		1,67
7	13-Jan-18	87	Clay	13,00	15,00	10,00	8,00	778,00		1,07	
8		86	Clay		37,00		7,92		778,00		1,31
9	16-Jan-18	81	Clay & Sandstone	29,00	21,00	10,00	10,00	800,00		0,88	
10		81	Clay & Sandstone		48,00		10,00		800,00		1,13
11	18-Jan-18	82	Clay & Sandstone	26,00	18,00	10,00	10,00	793,00		1,05	
12		82	Clay & Sandstone		50,00		10,00		693,00		1,28
13	20-Jan-18	83	Clay & Sandstone	28,00	22,00	10,00	10,00	757,00		1,16	
14		83	Clay & Sandstone		50,00		10,00		757,00		1,30
15	21-Jan-18	84	Clay & Sandstone	21,00		10,00		726,00		0,54	
16		84	Clay & Sandstone		39,00		10,00		726,00		1,30
17	22-Jan-18	80	Clay & Sandstone	19,00	31,00	11,68	10,00	811,00	811,00	1,21	
18	23-Jan-18	74	Clay	26,00	5,00	12,00	10,00	811,00		1,11	
19		74	Clay		47,00		10,00		811,00		1,43
20	25-Jan-18	78	Clay	29,00	15,00	12,00	10,00	744,00		1,06	
21		77	Clay		45,00		10,00		744,00		1,16
22	1-Feb-18	71	Clay	29,00	21,00	12,00	10,00	744,00		1,60	
23		72	Clay		50,00		10,00		744,00		1,43
24	3-Feb-18	68	Clay	25,00	13,00	10,00	10,00	745,00		0,88	
25		68	Clay		44,00		10,00		745,00		0,96
26	4-Feb-18	74	Clay	24,00	26,00	8,75	10,00	698,00		0,79	
27		74	Clay		50,00		10,00		698,00		1,32
28	5-Feb-18	76	Clay	21,00	29,00	10,00	10,00	752,00		1,22	
29	6-Feb-18	72	Clay	27,00	23,00	10,00	10,00	798,00		1,02	
30		71	Clay		50,00		10,00		798,00		1,34
31	7-Feb-18	76	Clay	18,00	26,00	10,00	10,00	725,00		1,02	
32		77	Clay		46,00		10,00		725,00		1,05
33	10-Feb-18	65	Clay	33,00	17,00	10,00	10,00	720,00			
34		65	Clay		50,00		10,00		720,00		
35	11-Feb-18	63	Clay	25,00	12,00	10,00	10,00	700,00		1,23	
36		63	Clay		39,00		10,00		700,00		0,77
37	14-Feb-18	64	Clay	31,00	2,00	10,00	10,00	760,00		0,95	
38		64	Clay		50,00		10,00		760,00		1,29
39		65	Clay		36,00		10,00		760,00		1,68
40	17-Feb-18	88	Clay	7,00	19,00	11,00	10,00	725,00		1,42	
41		91	Clay & Sandstone		34,00		10,00		725,00		1,11
42	18-Feb-18	92	Clay & Sandstone	35,00		9,71		787,00		1,12	
43		92	Clay & Sandstone		49,00		10,00		787,00		1,30
44		92	Clay & Sandstone		41,00		8,88		787,00		0,87
45	26-Feb-18	84	Clay & Sandstone	23,00	8,00	10,00	10,00	786,00		1,10	
46		84	Clay & Sandstone		39,00		10,00		786,00		1,28
47	27-Feb-18	85	Clay & Sandstone	33,00	17,00	10,00	10,00	811,00		1,39	
48	28-Feb-18	83	Clay & Sandstone	26,00	10,00	10,00	10,00	801,00		1,07	
49		84	Clay & Sandstone		39,00		10,00		801,00		0,96
50	6-Mar-18	77	Clay	18,00	32,00	10,00	10,00	754,00		1,31	
51	7-Mar-18	77	Clay	31,00		10,00		813,00		0,91	
52		77	Clay		31,00		10,00		813,00		1,54
53	9-Mar-18	75	Clay	41,00		9,27		794,00		1,51	
54		75	Clay		21,00		10,00		794,00		0,99
55	10-Mar-18	82	Clay & Sandstone	23,00		8,00		803,00		1,61	
56		82	Clay & Sandstone	20,00		10,00		788,00		1,05	
57		82	Clay & Sandstone		34,00		10,00		788,00		1,04
58		82	Clay & Sandstone		45,00		10,00		788,00		0,95
59	11-Mar-18	75	Clay	18,00	32,00	8,00	10,00	789,00		1,14	

Dilihat dari segi material peledakan yang dihasilkan, metode peledakan ini masih mendukung kegiatan gali muat yang ada, hal ini dilihat dari ketercapainya *digging time Excavator Komatsu 1250SP-8R*, yakni masih disekitaran angka 13 detik.

Disamping itu, dalam pengerjaan metode ini juga akan memakan waktu lebih dikarenakan adanya penambahan beberapa lubang tembak yang merupakan lubang *presplitting*. Lubang *presplitting* tersebut tidak memiliki volume material peledakan yang sama dengan lubang produksi dikarenakan spasi yang digunakan pada lubang *presplitting* ini hanya setengah dari lubang produksi.

Apabila lubang *presplitting* ini dibuat lebih banyak, tidak akan mempengaruhi bertambahnya volume hasil peledakan yang signifikan, namun akan meningkatkan jumlah pemakaian bahan peledak, atau dengan kata lain nilai *Powder Faktor* (PF) akan semakin besar. Nilai *powder factor* (PF) dari simulasi ini adalah 0.1 kg/m<sup>3</sup> untuk lubang *presplitting*, dan 0,05 kg/m<sup>3</sup> untuk lubang produksi.

Sedangkan dari segi *vibrasi*, metode pengurangan getaran dengan metode *presplitting* ini dapat saja lebih efektif mengurangi *vibrasi* peledakan lubang produksi dengan syarat lubang *presplitting* yang disediakan juga harus lebih banyak atau dapat dilakukan dengan cara mengurung lubang produksi dengan lubang *presplitting* sehingga lubang *presplitting* akan berbentuk “U” dan dengan jumlah lubang yang lebih banyak lagi, sehingga tercipta banyak bidang bebas yang dapat meredam rambatan dari *vibrasi* yang dihasilkan dari peledakan lubang produksi.

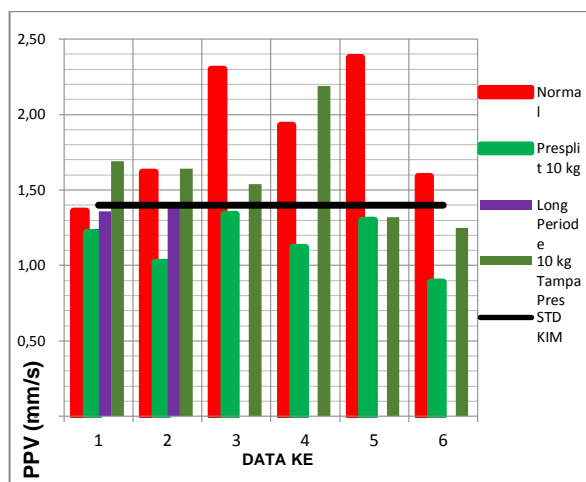
#### 4.5 Perbandingan Kontribusi Dari Setiap Perubahan Yang Dilakukan

Kontribusi yang diterapkan diantaranya pengontrolan bahan peledak menjadi 10 kg, kombinasi dengan penambahan lubang *presplitting*, penerapan metode *Long period delay*, dan peledakan aktual tanpa perlakuan dan pengontrolan apapun (gambar 8).

Penyajian data pengukuran dengan masing-masing metode tersebut dilakukan dari perata-rataan dari hasil rekaman dari banyak pelaksanaan peledakan. Kemudian dari rata-rata ini di analisis kontribusi pengaruh terhadap penurunan getaran peledakan.

**Tabel 6.** Perbandingan Ketiga Variabel Yang Tersedia

No	Jarak (meter)	PPV (mm/s)		
		Normal Isian Acak	Normal Isian 10 Kg	Prespliting 10 kg
1	800	1.69	1.17	1.70
2	800	1.85	1.05	1.27
3	800	1.77	1.69	1.67
4	800	2.04	1.64	1.31
5	800	1.29	1.54	1.13
6	800	2.00	2.19	1.28
7	800	1.40	1.32	1.30
8	800	1.52	1.25	1.30
9	800	2.37	1.71	1.43
10	800	2.21	1.36	1.16
11	800	1.72	1.62	1.43
12	800	2.32	2.30	0.96
13	800	1.68	1.93	1.32
14	800	1.49	2.38	1.34
15	800	1.44	1.59	1.05
Average		1.79	1.65	1.31

**Gambar 8.** Plot Hasil 3 Variabel

Dari data rata-rata pengukuran getaran peledakan dapat terlihat bahwa perlu dilakukan pengontrolan isian bahan peledak dan penerapan metode penambahan lubang presplitting agar dapat menghasilkan *vibrasi* maksimal 1,4 mm/s.

Kontribusi pengontrolan isian bahan peledak pada jarak 800 m dengan isian 10 kg, menghasilkan getaran dengan rata-rata 1,65 mm/s dari sebelumnya dengan isian acak dengan rata-rata 1,79 mm/s. Berarti mampu memberikan pengurangan sebesar 7,6 % yakni dengan rata-rata sebesar 0,14 mm/s.

Sedangkan jika dilakukan pengontrolan isian dan penambahan lubang *presplitting* mampu memberikan kontribusi rata-rata getaran tanah menjadi rata-rata 1,31 mm/s. Berarti perlakuan ini mampu memberikan penurunan rata-rata sebesar 0,48 mm/s atau 26,6 %.

Dari penerapan kedua perlakuan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kontribusi penambahan lubang *presplitting* terhadap isian bahan peledak yang sudah 10 kg cukup memberikan dampak yang signifikan yakni

mampu memberikan kontribusi penurunan getaran rata-rata sebesar 0,34 mm/s atau sebesar 20,5 %.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Rancangan peledakan yang diterapkan di Pit Timur PT. Artamulia Tatapratama *jobsite* PT.KIM menggunakan isian rata-rata 20 kg dan hasil getaran dampak peledakan belum memenuhi standar vibrasi yang ditetapkan yakni sebesar 1,4 mm/s
2. Dari hubungan PPV dan *Scale Distance* diperoleh persamaan  $y = 5199x^{-1,48}$   $R^2 = 0,558$  untuk mendapatkan nilai PPV diangka 1,4 mm/s dengan jarak 800 m, maka dibutuhkan isian maksimal sebanyak 10 kg ANFO 0.8
3. Faktor utama yang menyebabkan tingginya nilai getaran dampak peledakan adalah jumlah muatan bahan peledak per lubang yang melebihi dari standar muatan yang direkomendasikan.
4. Dari kedua metode peledakan tambahan yang telah diterapkan, keduanya memberikan kontribusi yang baik terhadap penurunan dampak getaran peledakan agar tetap di bawah standar, dengan catatan isian handak per lubang tetap dikontrol secara ketat.
5. Penggunaan perpaduan antara pengurangan bahan peledak menjadi 10 kg dan penambahan lubang *presplitting* mampu memberikan kontribusi besar terhadap penurunan nilai dampak getaran tanah yang dihasilkan dari peledakan tambang di site Tanjung Belit PT. Artamulia Tatapratama.

### 5.2 Saran

1. Untuk kedepannya kegiatan peledakan di Barat sebaiknya dimulai dari arah barat laut menuju ke tenggara (dimulai dari daerah mendekati perkampungan). Hal ini dengan tujuan untuk membentuk suatu *freeface* pada daerah yang mendekati perkampungan tersebut.
2. Sebaiknya dilakukan peninjauan geometri peledakan yang diterapkan, untuk mendapatkan nilai vibrasi yang lebih terkontrol, terutama keserasian antara dalam lubang ledak dengan besar diameter yang diterapkan.
3. Pengaruh faktor geologi berupa karakteristik tanah pengantar gelombang tanah sebaiknya diperhitungkan untuk penelitian sejenis kedepannya.

## Daftar Pustaka

- [1] Gary, B. & Hemphill P.E. *Blasting Operation*. McGraw Hill Book Company, New York.(1981)
- [2] Andrew, Scott. *Open Pit Blast Design*. Queensland, Australia. (1996)
- [3] Badan Standar Nasional Indonesia SNI 7571:2010.*Baku Tingkat Getaran* (2010).
- [4] Santoso, d. *Pengantar Teknik Geofisika*”.Penerbit Intitut Teknologi Bandung. (2001)
- [5] Dwihandoyono Marmer . *Dampak Peledakan*. (2013).
- [6] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor ; KEP-49/MENLH/ Tentang *Buku Tingkat Getaran*. Jakarta: Kep.MENLH. (1996).
- [7] Kurniawan, W., & Heriyadi, B. *Analisis Metode Penggalian Batuan Berdasarkan Kriteria Indeks Kekuatan Batu (Franklin) di Site Penambangan Batu Dolomite PT. Bakapindo, Jorong Durian, Nagari Kamang Mudiak, Kecamatan Kamang Magek, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat*. Bina Tambang, 3(3), 1275-1284. (2018).
- [8] Saptono, Singgih. *Teknik Peledakan*. Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta. (2006)
- [9] Anonim. *Diklat Teknik Pemberaian Batuan Pada Penambangan Bahan Galian*, Pusdiklat Teknologi Mineral Dan Batubara, Bandung. (2013).
- [10] Fadhly, F., Yulhendra, D., & Anaperta, Y. M.. *Analisis ground vibration pada kegiatan peledakan dengan metoda peak particle velocity beserta pengaruhnya terhadap bangunan di PT. Pamapersada Nusantara distrik MTBU job site tanjung enim*. Bina Tambang, 2(1). (2014).
- [11] Situmorang, C. R., Kopa, R., & Sumarya, S. *Analisis getaran tanah (ground vibration) hasil peledakan overburden di site tambang air laya selatan PT. Bukit asam (persero), tbk tanjung enim sumatera selatan*. Bina Tambang, 2(1), 151-161. (2015).
- [12] Rinaldo, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. *Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat*. Bina Tambang, 3(3), 1163-1173. (2018).
- [13] Yuliana, Y., Nurhakim, N., Riswan, R., Ferdinandus, F., & Kartini, K. *Evaluasi Getaran Peledakan Overburden Berdasarkan Powder Factor Pada Pt Bina Sarana Sukses*. Jurnal GEOSAPTA, 3(1). (2017).
- [14] Maryura, R., Toha, M. T., & Sudarmono, D. *Kajian Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) Pada Operasi Peledakan Interburden B2-c Tambang Batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim*. Jurnal Ilmu Teknik, 2(1). (2014).
- [15] Hosseini, M., & Baghikhani, M. S. *Analysing the ground vibration due to blasting at AlvandQoly Limestone Mine*. International Journal of Mining Engineering and Mineral Processing, 2(2), 17-23. (2013).
- [16] Sayadi, A., Monjezi, M., Talebi, N., & Khandelwal, M. *A comparative study on the application of various artificial neural networks to simultaneous prediction of rock fragmentation and backbreak*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 5(4), 318-324. (2013).
- [17] Inman, D. J., Farrar, C. R., Junior, V. L., & Junior, V. S. (Eds.). *Damage prognosis: for aerospace, civil and mechanical systems*. John Wiley & Sons. (2005).
- [18] Sugiyono. *Metode Penelitian Penndidikan.* Bandung (2008)
- [19] Hidayat, R., Priatmadi, B. J., Septiana, M., & Sofarini, D. *Penentuan Jarak Aman Peledakan Batubara Terhadap Lingkungan Sekitar Wilayah Pertambangan*. EnviroScienceae, 10(2), 88-95. (2016).
- [20] Fitriansyah, G. R. *Evaluasi Getaran Peledakan Berdasarkan Tingkat Peluruhan Di Pt Dahana Job Site Ck Kjb, Kampung Long Lanuk, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur*. (2016).