

**ANALISIS PENGARUH MUATAN BAHAN PELEDAK  
DAN *DELAY* PELEDAKAN TERHADAP TINGKAT  
GETARAN TANAH (*GROUND VIBRATION*) PADA  
AKTIFITAS PELEDAKAN DI PT. ANUGERAH BARA  
KALTIM, KALIMANTAN TIMUR**  
*(Analysis Effect Of Charge Explosives And Delay Blasting To Vibrations  
Of Ground Level (Ground Vibration) On Blasting Activities In PT.  
Anugerah Bara Kaltim, East Kalimantan Province)*

**Roni Handoko Damanik, Tommy Trides, Farah Dinna Z**  
Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

**Abstrak**

Kegiatan peledakan yang dilakukan selalu menghasilkan efek yang akan berdampak bagi area sekitar dari lokasi peledakan, dari beberapa efek-efek peledakan yang ada salah satunya adalah getaran tanah, sehingga pada lokasi penelitian di *Pit m* dan *Pit s* yang dekat dengan perkampungan sangat penting dilakukan pengukuran tingkat getaran yang mengarah ke perkampungan sehingga didapatkan hasil getaran yang ditimbulkan dari hasil proses peledakan yang dilakukan. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu diawali dengan studi literatur mengenai beberapa sumber yang membahas tentang tema yang akan diambil dalam penelitian dilanjutkan dengan observasi lapangan dengan tujuan untuk mengetahui lokasi mana yang cocok sebagai bahan penelitian dan pengambilan data selanjutnya yang dibutuhkan dalam pengolahan data nantinya. Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan bahwa untuk jumlah muatan bahan peledak yang sesuai dengan standar PPV yang ditetapkan perusahaan yaitu 2 mm/s maka untuk jumlah isian bahan peledak yang sesuai dengan standar PPV tersebut adalah pada jarak 500 m, 600 m, 700 m, 800 m, 900 m, dan 1000 m sebesar 21 kg, 30 kg, 40 kg, 52 kg, 66 kg, dan 81 kg. Dengan penggunaan *delay* 176 ms dan 42 ms pada pola rangkaian *echelon cut*. Dan didapatkan nilai PPV aktual dari hasil pengukuran getaran tanah adalah didapatkan 2,22 mm/s, 3 mm/s, 1,93 mm/s, 1,66 mm/s, 2,16 mm/s, 2,33 mm/s, 3,06 mm/s, 2,16 mm/s, 2,6 mm/s, 1,53 mm/s, 1,96 mm/s, 1,96 mm/s, 2,5 mm/s, 1,56 mm/s, 1,35 mm/s, 1,56 mm/s, 1,94 mm/s, 1,87 mm/s.

**Kata Kunci:** Getaran Tanah, PPV, Muatan Bahan Peledak, Waktu Tunda Peledakan

**Abstract**

*Blasting activities undertaken always produce effects which will impact an area of blasting location, from some of the effects of blasting any one of them is the ground vibration, so research sites in Pit m and Pit s close to settlement is very important to measure the level of vibration that leads to the village so that the results obtained from the vibration caused blasting process is carried out. Steps being taken in this study is preceded by a study of the literature on several sources that discuss the themes to be taken in the study continued with field observations in order to determine which locations are suitable as further research and data collection is needed in data processing later. Based on the results of the analysis showed that for the amount of charge of explosives according to the standard PPV determined by the company that is 2 mm/s then for the amount of charge of explosives in accordance with the standards of PPV is at a distance of 500 m, 600 m, 700 m, 800 m, 900 m, and 1000 m by 21 kg, 30 kg, 40 kg, 52 kg, 66 kg and 81 kg. With the use of delay 176 ms and 42 ms on the circuit pattern echelon cut. And obtained the value of the actual PPV of ground vibration measurement results are obtained 2.22 mm/s, 3 mm/s, 1.93 mm/s, 1.66 mm/s, 2.16 mm/s, 2.33 mm/s, 3.06 mm/s, 2.16 mm/s, 2.6 mm/s, 1.53 mm/s, 1.96 mm/s, 1.96 mm/s, 2.5 mm/s, 1.56 mm/s, 1.35 mm/s, 1.56 mm/s, 1.94 mm/s, 1.87 mm/s.*

**Keywords :** *Ground Vibration, PPV, Load Of Explosives, Delay Blasting*

**PENDAHULUAN**

Operasi peledakan juga selain penting untuk dilakukan untuk mempermudah proses produksi selanjutnya banyak menemukan masalah dan efek-efek yang bakal ditimbulkan dari kegiatan yang dilakukan seperti efek-efek dari peledakan

itu sendiri seperti getaran tanah (*ground vibration*).

Pentingnya dilakukan pengukuran tingkat getaran tanah yang mengarah ke pemukiman untuk mengetahui tingkat getaran yang ditimbulkan akibat peledakan sehingga tidak menyebabkan kerusakan ataupun protes dari

masyarakat akibat peledakan yang dilakukan akibat dari kerusakan atau akibat lainnya yang dirasakan oleh masyarakat sekitar yang berada dekat dengan lokasi dari peledakan, dengan pertimbangan jarak khususnya dalam penelitian ini jarak terdekat selama penelitian yaitu sebesar 713,23 m ke lokasi peledakan dengan dekatnya jarak tersebut menjadi perhatian bahwa pentingnya dilakukan pengukuran yang bertujuan mengetahui tingkat getaran yang mengarah ke perkampungan penduduk, sehingga itu menjadi perhatian untuk dilakukan pengukuran tingkat getaran yang timbul akibat proses peledakan yang dilakukan.

Oleh karena itu merujuk pada lokasi penelitian pada *Pit m* dan *Pit s* yang dekat dengan perkampungan sehingga sangat penting dilakukan pengukuran tingkat getaran yang mengarah ke perkampungan sehingga didapatkan hasil getaran yang ditimbulkan dari hasil proses peledakan yang dilakukan. Besarnya tingkat getaran yang ditimbulkan akan mempengaruhi bangunan-bangunan yang ada di daerah perkampungan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini antara lain, menentukan jumlah muatan bahan peledak per lubang yang sesuai untuk mendapatkan efek getaran tanah yang sesuai standar, menentukan waktu tunda peledakan yang sesuai untuk mendapatkan efek getaran tanah yang sesuai standar, mengetahui nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) dari hasil pengukuran getaran tanah, dan memberikan rekomendasi terhadap perusahaan dari hasil analisis efek getaran yang sesuai standar.

Area kegiatan pertambangan PT. Anugerah Bara Kaltim berada di sekitaran perairan Sungai Mahakam Desa Bakungan Kecamatan Loa Janan Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Secara koordinat, PT. Anugerah Bara Kaltim berada di posisi  $0^{\circ}37'30''$  LS -  $0^{\circ}42'45.5''$  LS dan  $117^{\circ}0'10.1''$  BT -  $137^{\circ}5'0''$  BT,

Untuk mencapai lokasi pertambangan batubara dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda empat, seperti *Ford Ranger* yang dilengkapi dengan *safety flag*. Rute yang dapat ditempuh yaitu dari Simpang Km 5 (Loa Janan) belok ke kiri menuju Desa Margomulyo menempuh jarak  $\pm 2$  Km, dari Desa Margomulyo menuju Kampung Jatah yang berjarak  $\pm 2$  Km dan menuju lokasi pertambangan yang berjarak  $\pm 2$  Km.

### Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Getaran tanah terjadi pada daerah elastis. Pada daerah ini tegangan yang diterima mineral ataupun batuan lebih kecil dan kuat tarik mineral ataupun batuan sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume

akan kembali pada keadaan semula setelah tidak ada tegangan yang bekerja (Koesnaryo,2001).

### Sifat Ledakan Terkait Getaran Tanah

Peraturan OSMRE (Note 1/to section 816.67(d)(2)) mengharuskan pengukuran dari tiga bidang, tapi bahwa batas kecepatan maksimum, berlaku untuk masing-masing bidang, bisa salah satu dari bidang. Tidak perlu mengembangkan perhitungan kecepatan vektor sum (Rosenthal dan Morlock,1987).

Bidang gerak yang disebut di atas biasanya dianggap:

1. *Longitudinal* : (kadang-kadang disebut *Radial*) diukur dalam garis langsung horizontal terhadap ledakan dari tempat tujuan atau pengukuran.
2. *Transverse* : diukur secara horizontal dari 90 derajat terhadap bidang longitudinal.
3. *Vertical* : diukur secara vertikal dari 90 derajat, dari kedua bidang longitudinal dan transversal.

Berakhirnya getaran hasil peledakan memaksa partikel tanah bergerak secara elips yang kompleks dalam tiga dimensi. Untuk sepenuhnya dalam menentukan gerakan ini perlu untuk mengukur tiga komponen yang saling tegak lurus, yaitu longitudinal (*x*), *transverse* (*y*), dan *vertical* (*z*). Kecepatan partikel pada suatu titik adalah jumlah vektor pada saat waktu yang sama, berikut adalah persamaannya:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \dots \dots \dots (1)$$

Nilai puncak, yang dikenal sebagai *peak vector sum* (PVS) atau *peak particle velocity* (PPV), adalah nilai tertinggi dari jumlah vektor (Richards dan Moore,2005).

### Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang yang merambat di permukaan bumi. Gelombang tersebut mewakili transmisi energi di sepanjang bagian bumi yang *solid*. Jenis lain dari transmisi energi adalah gelombang suara, gelombang cahaya, dan gelombang radio. Gelombang seismik dibagi menjadi dua kelas besar, yaitu *Body Waves* dan *Surface waves* (Konya dan Walter,1991).

### Faktor Yang Mempengaruhi Getaran Tanah

Parameter-parameter yang mempengaruhi karakteristik getaran tanah secara praktis merupakan hal yang sama dengan apa yang dihasilkan oleh peledakan. Parameter-parameter tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu yang terkontrol dan tidak dapat terkontrol oleh pengguna bahan peledak (Jimeno dkk.,1995).

Faktor-faktor yang mempengaruhi getaran tanah yaitu berat isian per *delay*, Jarak dari titik peledakan, Tipe bahan peledak, Periode waktu tunda (*delay period*), *Powder factor*, Parameter geometri peledakan.

### Prediksi Tingkat Getaran Tanah

Penelitian tentang prediksi yang akurat dari tingkat dasar getaran melalui rumus matematika telah dilakukan oleh banyak peneliti. Beberapa rumus yang lebih dikenal diberikan di bawah ini (Gokhale,2011).

#### 1. Scale Distance Formula

Untuk memprediksi *Peak Particle Velocity* (PPV), rumus *Scale Distance* lebih sering digunakan daripada rumus *Langefors*. Bentuk umum dari rumus ini adalah sebagai berikut.

$$v = k \times (D/Q^{(1/x)})^e \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

- $v$ =*Peak Particle Velocity*, PPV (mm/s)
- $k$ = *Konstanta terkait dengan kondisi lokasi*
- $Q$ = *Isian per waktu tunda (Kg)*
- $D$ = *Jarak dari lokasi peledakan (m)*
- $e$ = *Eksponen terkait dengan kondisi lokasi*

Dalam rumus diatas istilah (  $D/Q^{(1/x)}$ ) disebut *Scale Distance*.

#### Regresi Power

Model regresi non linier lainnya adalah model regresi *power* atau model geometrik, yang mana berdasarkan persamaan berikut:

$$y = \alpha x^\beta \dots\dots\dots(3)$$

Dengan menggunakan logaritma pada kedua sisi persamaan, maka persamaan *regresi power* atau model geometrik menjadi sebagai berikut:

$$\text{Log } y = \log \alpha + \beta \log x \dots\dots\dots(4)$$

## METODOLOGI

### Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi:

- a. Studi Literatur  
Tahap awal sebelum melakukan penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur ini meliputi berbagai literatur dari buku, jurnal, dan juga hasil atau laporan dari penelitiannya yang telah dilakukan sebelumnya.
- b. Observasi lapangan  
Pada tahap observasi lapangan ini merupakan tahap dimana pencarian masalah yang akan diangkat dalam penelitian. Kegiatan observasi

ini sangat berguna sebagai langkah awal untuk memulai proses pengambilan data.

### Metode Langsung (Primer)

Metode langsung merupakan metode dimana data yang dibutuhkan diambil secara langsung di lapangan, adapun data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

- a. Data hasil pengukuran getaran tanah  
Pengukuran getaran tanah dilakukan pada perkampungan yang dekat dengan lokasi peledakan, sedangkan alat ukur getaran tanah yang digunakan yaitu *Blastmate III*. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat getaran yang ditimbulkan aman atau tidak untuk daerah sekitar perkampungan.
- b. Data jumlah isian bahan peledak per lubang.  
Data ini dibutuhkan dalam perhitungan matematis nantinya yaitu untuk memperhitungkan nilai *Scale Distance*. Untuk isian per lubang ini dilakukan pengurangan jumlahnya dengan tujuan mengurangi tingkat getaran yang ditimbulkan untuk daerah perkampungan.
- c. Desain peledakan  
Pada lokasi peledakan di *pit* m dan *pit* s selain mengurangi jumlah isian bahan peledak per lubang tetapi untuk pola peledakannya dilakukan evaluasi untuk mengurangi tingkat getaran yaitu dengan tidak adanya lubang yang meledak yang bersamaan yang juga berkaitan dengan tingkat getaran yang ditimbulkan dengan kombinasi dari *delay* yang digunakan.

### Metode Tidak Langsung (Sekunder)

Metode tidak langsung merupakan metode dimana pengumpulan data yang diambil secara tidak langsung sebagai data pendukung penelitian berupa data yang berasal dari perusahaan. Adapun data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

- a. Geometri peledakan  
Sebagai data untuk mengetahui diameter lubang ledak, kedalaman lubang ledak, dan lain sebagainya.
- b. Jenis *surface delay* dan *inhole delay* yang digunakan  
Data ini dibutuhkan untuk mengetahui jenis *delay* yang digunakan oleh perusahaan dan di setiap kegiatan peledakan yang dilakukan.
- c. Jarak lokasi peledakan dengan perkampungan  
Data ini dibutuhkan dalam melakukan perhitungan PPV prediksi dari hasil pengukuran getaran yang telah dilakukan.
- d. *Powder factor*

### Tahap Pengolahan Data

- a. Penentuan jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran

Data ini dibutuhkan untuk memperhitungkan nilai dari *scale distance*. Dimana data yang diolah adalah data koordinat dari lokasi pengukuran dan lokasi peledakan dengan melakukan perhitungan jarak dengan bantuan rumus *phytagoras* dan data langsung dari perusahaan sehingga didapatkan nilai jarak.

- b. Penentuan jumlah lubang yang meledak bersamaan

Jumlah lubang yang meledak bersamaan ditentukan dari pola rangkaian yang digunakan. Selanjutnya pola rangkaian tersebut disimulasikan pada *software shotplus* dengan menggunakan *time window* 17 ms. Pada simulasi ini akan didapatkan jumlah lubang yang meledak secara bersamaan.

- c. Perhitungan isian per *delay*

Perhitungan isian per *delay* ini dilakukan dengan mengalikan berat isian bahan peledak per lubang dengan jumlah lubang yang meledak secara bersamaan pada *time window* 17 ms.

- d. Perhitungan *scale distance*

Perhitungan *scale distance* ini dilakukan dengan membagi jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran getaran dan akar kuadrat dari jumlah isian per *delay*. Seperti pada persamaan 3.1 dibawah ini:

$$v = k \times (D/Q^{(1/x)})^e \dots\dots\dots(4)$$

dengan *Scale distance* adalah  $D/Q^{(1/x)}$

- e. Perhitungan nilai PPV prediksi

Perhitungan ini dilakukan sebagai pembanding dari PPV aktual yang didapatkan langsung dari pengukuran getaran tanah. Adapun persamaan untuk memperhitungkan nilai PPV adalah sebagai berikut:

$$v = k \times (D/Q^{(1/x)})^e \dots\dots\dots(5)$$

- f. Perhitungan nilai K dan e

g.

Perhitungan ini dilakukan untuk menghitung jumlah isian bahan peledak per lubang yang diberikan sebagai rekomendasi untuk perusahaan. Untuk penentuan nilai K dan e ini menggunakan analisis *regresi power* pada *microsoft excel*.

### Tahap Analisis Data

Analisis ini dilakukan setelah dilakukan pengolahan data dimana dianalisis baik muatan bahan peledak dan *delay* peledakan yang sesuai dan mengurangi tingkat getaran yang ditimbulkan dari kegiatan peledakan yang dilakukan. Dari analisa tersebut kemudian diolah kembali data-data lapangannya yang telah di dapat untuk dilakukan

analisis lebih lanjut. Sehingga didapatkan data hasil analisis usulan yang baik dan sesuai. Analisa dalam penelitian ini difokuskan pada analisis jumlah dari bahan peledak yang digunakan dan *delay* peledakan yang digunakan sehingga penting diketahui pola peledakan dan juga jenis *delay* yang digunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian yang dilakukan terfokus pada lokasi *Pit m* dan *Pit s* dari penambangan yang dilakukan oleh PT. Anugerah Bara Kaltim lokasi tersebut dipilih dikarenakan adanya perkampungan yang dekat dengan lokasi penambangan dengan aktifitas penambangan yang diikuti pula dengan adanya aktifitas peledakan sehingga perlu dilakukan perhatian terhadap efek peledakan khususnya *ground vibration* atau getaran tanah. Jarak terdekat perkampungan dengan lokasi peledakan yang didapatkan selama penelitian adalah 713,23 m dan terjauh adalah 1468,9 m.

### Kegiatan Pemboran dan Peledakan

Pada lokasi penelitian di *Pit m* dan *Pit s* kegiatan dari pemboran dilakukan oleh unit *drilling SANDVIK* dengan seri D245S dengan diameter lubang yang dapat dibuat atau diameter bor adalah 171 mm atau 6,73 *inchi*. Dengan prinsip pemboran adalah *rotary drilling*. Pemboran yang dilakukan umumnya dengan kedalaman antara 7,5 m hingga 8,5 m atau tergantung dari lokasi pemboran yang akan dilakukan peledakan nantinya. Pola pemboran yang digunakan di *Pit m* dan *Pit s* adalah pola pemboran *Staggered Pattern/ Zig-Zag*.

### Penggunaan Bahan Peledak

Bahan peledak yang digunakan adalah ANFO, yaitu merupakan campuran daripada Ammonium Nitrat dan *Fuel Oil* (dalam hal ini yang digunakan adalah solar) dengan perbandingan AN 94,5 % dan FO (solar) adalah sebesar 5,5 %. Untuk pencampurannya sendiri dilakukan pada *Mobile Mixing Unit* (MMU). *Density* dari ANFO adalah 0,80 gr/cc.

### Geometri Peledakan

Geometri peledakan yang diterapkan pada operasi peledakan adalah sebagai berikut:

- Burden yang diterapkan pada *Pit m* dan *Pit s* adalah 6 meter.
- Spasi yang diterapkan pada *Pit m* dan *Pit s* adalah 9 meter.

Kedalaman lubang yang digunakan untuk secara umum adalah 8 meter, atau tergantung dari lokasi peledakan yang akan dilakukan peledakan.

### Pengukuran Tingkat Getaran Tanah

Pada penelitian yang dilakukan pada *Pit m* dan *Pit s* diperoleh beberapa data getaran dari setiap kegiatan peledakan. Alat ukur yang digunakan adalah *Blastmate III*. Data hasil pengukuran getaran yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran getaran tanah

NO	Tanggal	Lokasi	Jarak (m)	SD	PPV Aktual (mm/s)	Isian Per Lubang (Kg)	Jumlah Lubang Yang Meledak Bersamaan	Isian Per Delay (Kg)
1	3/5/2016	PITM	961.00	119.20	2.22	65	1	65
2	10/5/2016	PITM	764.00	94.76	3	65	1	65
3	11/5/2016	PITM	730.00	98.43	1.93	55	1	55
4	17/05/2016	PITM	771.00	67.62	1.66	65	2	130
5	18/05/2016	PITM	798.00	72.85	2.16	60	2	120
6	19/05/2016	PITM	888.00	119.74	2.33	55	1	55
7	23/05/2016	PITM	744.00	65.25	3.06	65	2	130
8	29/05/2016	PITM	839.00	104.07	2.16	65	1	65
9	30/05/2016	PITM	756.00	106.91	2.6	50	1	50
10	2/6/2016	PIT S	713.23	159.48	1.53	20	1	20
11	3/6/2016	PITM	1017.39	126.19	1.96	65	1	65
12	4/6/2016	PIT S	1468.87	128.83	1.96	65	2	130
13	5/6/2016	PITM	839.63	108.40	2.5	60	1	60
14	6/6/2016	PITM	1282.52	159.08	1.56	65	1	65
15	7/6/2016	PIT S	1274.04	158.03	1.35	65	1	65
16	8/6/2016	PITM	920.45	114.17	1.56	65	1	65
17	9/6/2016	PIT S	1165.73	102.24	1.94	65	2	130
18	10/6/2016	PITM	784.51	97.31	1.87	65	1	65

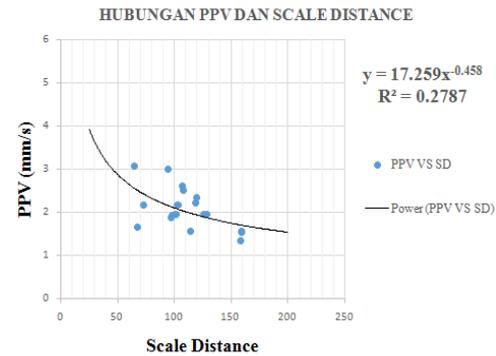
### PPV Prediksi

Hasil perhitungan PPV prediksi untuk perkampungan dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Data hasil perhitungan PPV prediksi

NO	Tanggal	Jarak (m)	SD	Isian Per Delay	PPV Prediksi
1	3/5/2016	961.00	119.20	65	1.98
2	10/5/2016	764.00	94.76	65	2.68
3	11/5/2016	730.00	98.43	55	2.55
4	17/05/2016	771.00	67.62	130	4.18
5	18/05/2016	798.00	72.85	120	3.79
6	19/05/2016	888.00	119.74	55	1.97
7	23/05/2016	744.00	65.25	130	4.38
8	29/05/2016	839.00	104.07	65	2.37
9	30/05/2016	756.00	106.91	50	2.28
10	2/6/2016	713.23	159.48	20	1.35
11	3/6/2016	1017.39	126.19	65	1.84
12	4/6/2016	1468.87	128.83	130	1.79
13	5/6/2016	839.63	108.40	60	2.24
14	6/6/2016	1282.52	159.08	65	1.35
15	7/6/2016	1274.04	158.03	65	1.36
16	8/6/2016	920.45	114.17	65	2.09
17	9/6/2016	1165.73	102.24	130	2.42
18	10/6/2016	784.51	97.31	65	2.59

### Analisis Penentuan Nilai k dan e Sebagai Rekomendasi



**Gambar 1.** Grafik penentuan nilai k (Konstanta) dan e (Eksponen)

Dari grafik yang didapatkan diatas dapat dilihat bahwa persamaan *regresi power* yang didapatkan adalah sebagai berikut,  $y = 17,259x^{-0,458}$ , dari persamaan tersebut didapatkan nilai Konstanta (k) adalah sebesar 17,259 dan Eksponen (e) adalah sebesar -0,458, dengan  $R^2$  atau koefisien determinasi didapatkan adalah 0,2787.

### Rekomendasi Isian Bahan Peledak Tiap Lubang

Rekomendasi isian yang diminta adalah pada jarak 500 m – 1000 m dari lokasi perkampungan dengan lokasi peledakan yang akan dilakukan proses peledakan nantinya.

**Tabel 3** Rekomendasi isian pada jarak 500 m

NO	Jarak	PPV Acuan	Isian	SD	k	e	PPV Prediksi
1	500	2	12	144.34	17.259	0.458	1.77
2	500	2	13	138.68	17.259	0.458	1.80
3	500	2	14	133.63	17.259	0.458	1.83
4	500	2	15	129.10	17.259	0.458	1.86
5	500	2	16	125.00	17.259	0.458	1.89
6	500	2	17	121.27	17.259	0.458	1.92
7	500	2	18	117.85	17.259	0.458	1.94
8	500	2	19	114.71	17.259	0.458	1.97
9	500	2	20	111.80	17.259	0.458	1.99
10	500	2	21	109.11	17.259	0.458	2.01

**Tabel 4.** Rekomendasi isian pada jarak 600 m

NO	Jarak	PPV Acuan	Isian	SD	k	e	PPV Prediksi
1	600	2	23	125.11	17.259	0.458	1.89
2	600	2	24	122.47	17.259	0.458	1.91
3	600	2	25	120.00	17.259	0.458	1.93
4	600	2	26	117.67	17.259	0.458	1.94
5	600	2	27	115.47	17.259	0.458	1.96
6	600	2	28	113.39	17.259	0.458	1.98
7	600	2	29	111.42	17.259	0.458	1.99
8	600	2	30	109.54	17.259	0.458	2.01
9	600	2	31	107.76	17.259	0.458	2.02
10	600	2	32	106.07	17.259	0.458	2.04
11	600	2	33	104.45	17.259	0.458	2.05

**Tabel 5** Rekomendasi isian pada jarak 700 m

NO	Jarak	PPV Acuan	Isian	SD	k	e	PPV Prediksi
1	700	2	30	127.80	17.259	0.458	1.87
2	700	2	31	125.72	17.259	0.458	1.89
3	700	2	32	123.74	17.259	0.458	1.90
4	700	2	33	121.85	17.259	0.458	1.91
5	700	2	34	120.05	17.259	0.458	1.93
6	700	2	35	118.32	17.259	0.458	1.94
7	700	2	36	116.67	17.259	0.458	1.95
8	700	2	37	115.08	17.259	0.458	1.96
9	700	2	38	113.55	17.259	0.458	1.98
10	700	2	39	112.09	17.259	0.458	1.99
11	700	2	40	110.68	17.259	0.458	2.00

**Tabel 6.** Rekomendasi isian pada jarak 800 m

NO	Jarak	PPV Acuan	Isian	SD	k	e	PPV Prediksi
1	800	2	42	123.44	17.259	0.458	1.90
2	800	2	43	122.00	17.259	0.458	1.91
3	800	2	44	120.60	17.259	0.458	1.92
4	800	2	45	119.26	17.259	0.458	1.93
5	800	2	46	117.95	17.259	0.458	1.94
6	800	2	47	116.69	17.259	0.458	1.95
7	800	2	48	115.47	17.259	0.458	1.96
8	800	2	49	114.29	17.259	0.458	1.97
9	800	2	50	113.14	17.259	0.458	1.98
10	800	2	51	112.02	17.259	0.458	1.99
11	800	2	52	110.94	17.259	0.458	2.00

**Tabel 7.** Rekomendasi isian pada jarak 900 m

NO	Jarak	PPV Acuan	Isian	SD	k	e	PPV Prediksi
1	900	2	56	120.27	17.259	0.458	1.92
2	900	2	57	119.21	17.259	0.458	1.93
3	900	2	58	118.18	17.259	0.458	1.94
4	900	2	59	117.17	17.259	0.458	1.95
5	900	2	60	116.19	17.259	0.458	1.96
6	900	2	61	115.23	17.259	0.458	1.96
7	900	2	62	114.30	17.259	0.458	1.97
8	900	2	63	113.39	17.259	0.458	1.98
9	900	2	64	112.50	17.259	0.458	1.98
10	900	2	65	111.63	17.259	0.458	1.99
11	900	2	66	110.78	17.259	0.458	2.00

**Tabel 8.** Rekomendasi isian pada jarak 1000 m

NO	Jarak	PPV Acuan	Isian	SD	k	e	PPV Prediksi
1	1000	2	71	118.68	17.259	0.458	1.94
2	1000	2	72	117.85	17.259	0.458	1.94
3	1000	2	73	117.04	17.259	0.458	1.95
4	1000	2	74	116.25	17.259	0.458	1.95
5	1000	2	75	115.47	17.259	0.458	1.96
6	1000	2	76	114.71	17.259	0.458	1.97
7	1000	2	77	113.96	17.259	0.458	1.97
8	1000	2	78	113.23	17.259	0.458	1.98
9	1000	2	79	112.51	17.259	0.458	1.98
10	1000	2	80	111.80	17.259	0.458	1.99
11	1000	2	81	111.11	17.259	0.458	2.00

Pada jarak 500 m isian 21 kg per lubang  
 Pada jarak 600 m isian 30 kg per lubang  
 Pada jarak 700 m isian 40 kg per lubang  
 Pada jarak 800 m isian 52 kg per lubang  
 Pada jarak 900 m isian 66 kg per lubang  
 Pada jarak 1000 m isian 81 kg per lubang

### Penentuan Delay Peledakan

Pada penentuan *delay* peledakan ini berdasarkan pada jenis *delay* dan pola rangkaian yang digunakan yang mana dari hasil rangkaian yang didapatkan tidak adanya jumlah lubang yang

meledak secara bersamaan sehingga dapat mengurangi tingkat getaran yang ditimbulkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 9 di bawah ini.

**Tabel 9.** Perbandingan SD 200 ms dan 67 ms dengan SD 176 ms dan 42 ms

NO	Tanggal	Surface Delay 200 ms dan 67 ms	Surface Delay 176 ms dan 42 ms	Desain Tie-up
		Lubang Meledak Bersama Dengan Time Window 17 ms	Lubang Meledak Bersama Dengan Time Window 17 Ms	
1	3/5/2016	1	1	Echelon
2	10/5/2016	1	1	Echelon
3	11/5/2016	2	1	Echelon
4	17/05/2016	2	2	Echelon
5	18/05/2016	2	2	Echelon
6	19/05/2016	2	1	Echelon
7	23/05/2016	2	2	Echelon
8	29/05/2016	2	1	Echelon
9	30/05/2016	2	1	Echelon
10	2/6/2016	1	1	Row By Row
11	3/6/2016	1	1	Row By Row
12	4/6/2016	2	2	Echelon
13	5/6/2016	1	1	Row By Row
14	6/6/2016	2	1	Echelon
15	7/6/2016	2	1	Echelon
16	8/6/2016	1	1	Row By Row
17	9/6/2016	2	2	Echelon
18	10/6/2016	1	1	Row By Row

Dari hasil tersebut didapatkan bahwa untuk rangkaian dengan menggunakan pola peledakan *echelon cut* baik menggunakan pasangan *delay* 176 ms dan 42 ms dibandingkan menggunakan pasangan *delay* 200 ms dan 67 ms.

## KESIMPULAN

Isian yang sesuai dengan standar PPV yang ditetapkan yaitu sebesar 2 mm/s pada jarak yang diinginkan adalah sebagai berikut: (1) jarak 500 m isian 21 kg per lubang, (2) jarak 600 m isian 30 kg per lubang, (3) jarak 700 m isian 40 kg per lubang, (4) jarak 800 m isian 52 kg per lubang, (5) jarak 900 m isian 66 kg per lubang, (6) jarak 1000 m isian 81 kg per lubang. Hasil simulasi dengan menggunakan beberapa jenis *delay* didapatkan hasil pola rangkaian khususnya yang menggunakan *echelon cut* lebih baik menggunakan pasangan *delay* 176 ms dan 42 ms dibandingkan menggunakan pasangan *delay* 200 ms dan 67 ms karena menghasilkan potensi lubang yang meledak secara bersamaan hanya 1 sehingga dapat mengurangi tingkat getaran yang ditimbulkan. Hasil pengukuran tingkat getaran tanah yang didapatkan pada tanggal 3 Mei 2016 – 10 Juni 2016 adalah didapatkan 2,22 mm/s, 3 mm/s, 1,93 mm/s, 1,66 mm/s, 2,16 mm/s, 2,33 mm/s, 3,06 mm/s, 2,16 mm/s, 2,6 mm/s, 1,53 mm/s, 1,96mm/s, 1,96 mm/s, 2,5 mm/s, 1,56 mm/s, 1,35 mm/s, 1,56 mm/s, 1,94 mm/s, 1,87 mm/s. Rekomendasi kepada perusahaan yaitu untuk jumlah isian bahan peledak yang sesuai dengan standar PPV yang diinginkan yaitu sebesar 2 mm/s adalah pada jarak 500 m, 600 m, 700 m, 800 m, 900 m, dan 1000 m sebesar 21 kg, 30 kg, 40 kg, 52 kg, 66 kg, dan 81 kg. Dengan penggunaan *delay* 176 ms dan 42 ms pada pola rangkaian *echelon cut*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonym, 1998, *For The Tropical Engineering Field*, Universitas Teknologi Malaysia, Malaysia
- Bhandari, Sushil., 1997, *Engineering Rock Blasting Operations*, A.A. Balkema Rotterdam/Brookfield, Netherlands.
- Cunningham, C.V.B., 2003, *The Effect Of Timing Precision On Control Blasting Effect, Detnet Solution*.
- Eko Sahdian, N.H., Samanlangi, A.I., Mahjuni, E.T., 2012, *Analisis Ground Vibration Menggunakan Pendekatan Peak Particle Velocity pada Kegiatan Peledakan Serta Dampak Terhadap Bangunan PT. Kideco Jaya Agung Kab. Paser Prov. Kaltim*, Jurnal Skripsi, UVRI Makassar, Makassar.
- Gokhale, B.V., 2011, *Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines*, A.A. Balkema, UK.
- Jimeno, C.L., Jimeno, E.L dan Carcedo F.J.A., 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, A.A. Balkema Rotterdam/Brookfield, Netherlands.
- Koesnaryo, S., 2001, *Rancangan Peledakan Batuan (Design Of Rock Blasting)*, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Konya, C.J dan Walter, E.J., 1991, *Rock Blasting and Overbreak Control*, NHI Course No.13211.
- Kartodharmo, Moelhim., 1990, *Teknik Peledakan*, UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Mohamed, Mostafa., 2010, *Vibration Control*, MickaËfË«Lallart (Ed.), ISBN: 978-953-307-117-6, intech.
- Richards, A.B dan Moore A.J., 2005, *Blast Vibration Course Measurement-Assessment-Control*, Terrock Consulting Engineers A.B.N 99 005 784 841.
- Rosenthal, M.F dan Morlock, G.L., 1987, *Blasting Guidance Manual*, Department of The Interior, US.
- Sudjana, 1989, *Metoda Statistika*, Tarsito Bandung, Bandung.
- Saptono, Singgih., Siri, H.T dan Setyowati, I., 2014, *Perencanaan Tambang 2*, UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- SNI 7571:2010 Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan.