

ANALISIS TINGKAT GETARAN TANAH (*GROUND VIBRATION*) AKIBAT PELEDAKAN DI PIT KINONG, PT FIRMAN KATAUN PERKASA, KECAMATAN MELAK, KABUPATEN KUTAI BARAT, KALIMANTAN TIMUR
(Analysis Ground Vibration Level As A Result Of Blasting At Pit Kinong, Pt. Firman Ketaun Perkasa, Melak District, Kutai Barat Regency, East Borneo)

Yodokus Yudiwan, Windhu Nugroho, Tommy Trides
Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Abstrak

Dalam dunia pertambangan, kegiatan peledakan memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Salah satu dampak negatif yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan adalah getaran tanah. Lokasi-lokasi peledakan yang akan dilakukan biasanya berdekatan dengan bangunan-bangunan serta berdekatan dengan wilayah pemukiman penduduk. Oleh karena itu, diperlukan suatu kondisi peledakan yang baik dengan memperhatikan jumlah bahan peledak yang akan digunakan serta perlu adanya pengukuran tingkat getaran tanah. Besarnya tingkat getaran tanah yang akan ditimbulkan, akan mempengaruhi kondisi lingkungan disekitarnya. Pemukiman penduduk sangat berdekatan dengan lokasi peledakan, untuk itu dilakukan perencanaan peledakan yang baik sehingga efek getaran tanah yang dihasilkan tidak merusak bangunan penduduk. Penelitian ini dilakukan untuk membatasi penggunaan jumlah bahan peledak dengan melakukan analisis dengan metode regresi *power*. Analisis dilakukan dengan memperhatikan nilai PPV dan SD yang didapatkan secara aktual. Analisis regresi *power* menghasilkan sebuah persamaan untuk memprediksi nilai PPV yaitu $PPV=36,87 \left(\frac{R}{W_{0,5}} \right)^{-0,73}$. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan hasil regresi *power* yang hasilnya antara prediksi dengan aktual tidak jauh berbeda. Setelah itu, dilakukan rekomendasi untuk membatasi penggunaan jumlah bahan peledak dari hasil regresi *power*.

Kata kunci: Peledakan, Getaran Tanah, *Peak Particle Velocity* (PPV), *Scaled Distance* (SD), Regresi *Power*

Abstract

In the world of mining, blasting activity adversely affect the surrounding environment. One of the negative impacts caused by blasting activities are ground vibrations. The locations of blasting will be done normally adjacent to the buildings and adjacent to residential areas. Therefore, we need a blasting good condition with regard to the number of explosives to be used and the need for measurement of ground vibration levels. The amount of ground vibration levels that will result, will affect their environment. Settlements very close to the location of blasting, blasting planning to do it so well that the effects of ground shaking produced does not damage the building residents. This study was done to limit the amount of use of explosives by analyzing the power regression method. The analysis was performed with regard to the value PPV and SD obtained actually. Power regression analysis resulted in an equation to predict the value of PPV that $PPV=36,87 \left(\frac{R}{W_{0,5}} \right)^{-0,73}$. Observations were made using the power regression results between predictions with the actual results are not much different. After that, the recommendation made to restrict the use of explosives amount of power regression results.

Keywords: *Blasting, Ground Vibration, Peak Particle Velocity (PPV), Scaled Distance (SD), Regression Power*

PENDAHULUAN

Dalam dunia petambangan, ada banyak kegiatan-kegiatan atau tahap-tahap penambangan yang harus dilakukan, salah satunya adalah kegiatan peledakan. Kegiatan peledakan dilakukan untuk memudahkan pekerja tambang dalam mengambil bahan galian yang akan dimanfaatkan seperti batubara dari lapisan penutupnya. Kegiatan peledakan dilakukan

untuk membraikan batuan dengan volume besar menjadi batuan dengan volume lebih kecil sehingga mudah dalam pengambilan dan pengangkutan. Namun, kegiatan peledakan memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Salah satu dampak negatif yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan adalah getaran tanah (*ground vibration*).

Lokasi-lokasi peledakan yang akan dilakukan biasanya berdekatan dengan bangunan-bangunan serta berdekatan dengan

wilayah pemukiman penduduk. Oleh karena itu, diperlukan suatu kondisi peledakan yang baik dengan memperhatikan jumlah bahan peledak yang akan digunakan serta perlu adanya pengukuran tingkat getaran tanah. Besarnya tingkat getaran tanah yang akan ditimbulkan, akan mempengaruhi kondisi lingkungan disekitarnya.

Tujuan dari penelitian ini antara lain, mengetahui persamaan regresi *power* rekomendasi hubungan nilai PPV (*Peak Particle Velocity*) dan SD (*Scaled Distance*) dari data aktual di lapangan, mengetahui getaran tanah hasil peledakan dekat pemukiman dengan acuan SNI 7571:2010, dan mengetahui berat isian bahan peledak maksimum per *delay* dengan jarak yang aman untuk kegiatan peledakan.

Lokasi penelitian dilakukan di PT. Firman Ketaun Perkasa (PT. FKP) yang terletak di 3 (tiga) kecamatan, yaitu kecamatan Damai, Muara Lawa dan kecamatan Melak, kabupaten Kutai Barat, provinsi Kalimantan Timur, dengan luas areal sebesar 2.490 ha.

TINJAUAN PUSTAKA

Mekanisme Pecahnya Batuan

Menurut Kartodharmo (1990), pekerjaan peledakan pada massa batuan mempunyai tujuan tertentu, yaitu :

- Membongkar atau melepas,
- Memecah dan memindah,
- Membuat rekahan.

Geometri Peledakan

Jimeno et al. (1995) berpendapat bahwa sebagian besar parameter desain geometri memiliki pengaruh yang besar terhadap getaran yang dihasilkan oleh peledakan.

Pola Peledakan

Menurut Saptoni dkk. (2014), pola peledakan adalah urutan waktu peledakan dalam suatu rangkaian lubang-lubang ledak. Penentuan pola peledakan bergantung pada arah mana pergerakan material diharapkan. Dikenal dua macam pola peledakan, yaitu :

- Pola peledakan serentak per baris dan beruntun terhadap baris lain
- Pola peledakan beruntun dalam satu baris.

Analisis Regresi

Regresi Non Linear Geometri (*Power*)

Didalam kajian statistik, untuk menganalisa persamaan PPV maka dapat menggunakan metode regresi *power* pada program komputer. Persamaan regresi *power* didalam kajian statistik secara umum adalah (Irianto, 2012) :

$$Y = a (X)^b$$

Dengan :

Y = variabel terikat
a = konstanta
X = variabel bebas
b = konstanta

Perhitungan statistik konstanta b :

$$b = \frac{n(\sum \log X \log Y) - (\sum \log X)(\sum \log Y)}{n(\sum \log^2 X) - (\sum \log X)^2}$$

Dengan :

b = nilai konstanta yang dipengaruhi sifat mekanik batuan
Y = nilai PPV
X = nilai *scaled distance*
n = jumlah data

Perhitungan konstanta k menggunakan metode regresi *power*:

$$k = 10^{m-(b.n)}$$

Dengan :

k = nilai konstanta yang dipengaruhi bahan peledak
b = nilai konstanta yang dipengaruhi sifat mekanik batuan
m = nilai rata-rata log PPV
n = nilai rata-rata *scaled distance*

Analisis Korelasi

Koefisien Korelasi

Supardi (2013) berpendapat bahwa korelasi merupakan istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar variabel. Analisis korelasi adalah cara untuk mengetahui ada atau tidak adanya hubungan antar variabel, misalnya hubungan dua variabel.

Tabel 1. Pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi.

Interval Koefisien	Degree of association
0,00 – 0,19	Sangat rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono, 2008

Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dilambangkan dengan r^2 . Nilai ini menyatakan proporsi variasi keseluruhan dalam nilai variabel *dependent* yang dapat diterangkan atau diakibatkan oleh hubungan linear dengan variabel *independent*,

selain itu (sisanya) diterangkan oleh variabel yang lain.

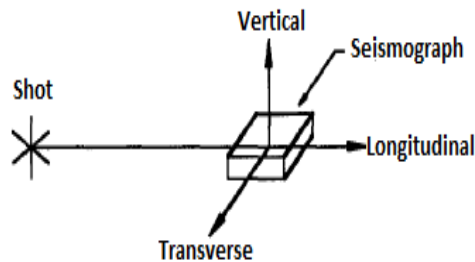
Tabel 2. Hubungan antara koefisien determinasi

R^2	<i>Degree of association</i>
0.85 – 1	<i>Very significant</i>
0.70 – 0.84	<i>Significant</i>
0.60 – 0.69	<i>Fair</i>
0.50 – 0.59	<i>Poor</i>
< 0.50	<i>Very Poor</i>

Sumber : Anonym, 1998

Getaran Tanah

1. Longitudinal : (Biasa 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.



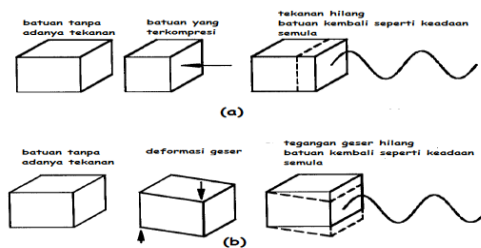
Gambar 1. Komponen getaran (Konya & Walter, 1991)

Gelombang Seismik

Menurut Konya & Walter (1991), gelombang seismik adalah gelombang yang merambat di permukaan bumi. Gelombang tersebut mewakili transmisi energi disepanjang bagian bumi yang *solid*. Jenis lain dari transmisi energi ini adalah gelombang suara, gelombang cahaya dan gelombang radio. Gempa bumi menghasilkan gelombang seismik. Studi mengenai gempa bumi adalah seismologi, nama tersebut berasal dari bahasa Yunani yaitu *seismos* yang berarti guncangan. Selain gelombang seismik yang dihasilkan secara alami, ada beberapa gelombang seismik yang dibuat oleh manusia. Ketika manusia membuat gelombang seismik yang dapat dirasakan, maka itu disebut sebagai getaran.

Penyebab Gelombang Seismik

Konya & Walter (1991) berpendapat bahwa gelombang seismik adalah gelombang yang elastis.



Gambar 2. a) Deformasi yang diakibatkan oleh tekanan, b) Deformasi yang diakibatkan oleh pergeseran (Konya & Walter, 1991)

Parameter Gelombang

Konya & Walter (1991) berpendapat bahwa sifat-sifat dasar yang menguraikan gerakan gelombang disebut parameter gelombang. Hal ini diukur dan dihitung ketika mendiskusikan gerakan gelombang atau getaran.

Prediksi Teoritis Getaran Tanah

Scaled distance dapat dituliskan dengan persamaan :

$$SD = \frac{R}{\sqrt{W}}$$

Dengan :

- SD = *Scaled distance* (m/kg^{0.5})
- R = Jarak pengukuran dari titik peledakan ke pemukiman (m)
- W = Isian per waktu tunda (kg)

Menurut Konya & Walter (1991), *Peak Particle Velocity* (PPV) merupakan kecepatan dimana partikel batuan bergerak ketika partikel tersebut meninggalkan posisi stabilnya, dimana dari nol menuju ke puncak kemudian kembali lagi ke nol.

$$PPV = k\left(\frac{R}{\sqrt{W}}\right)^\beta$$

Dengan :

- PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)
- k dan β = Konstanta yang ditentukan oleh pengukuran pada setiap lokasi peledakan.

Standar Baku Tingkat Getaran

Tabel 3. Baku tingkat getaran peledakan pada tambang terbuka terhadap bangunan

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vector 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 diben adukan semen	3
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan slope beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangann bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balk	7-20
5	Banguan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja	12-40

Sumber : SNI 7571:1010

METODOLOGI PENELITIAN

Teknik Pengambilan Data

Metode penelitian yang digunakan adalah metode langsung (*primer*) dan metode tidak langsung (*sekunder*).

Metode Langsung (*Primer*)

Pada metode langsung yang digunakan, yaitu terdiri dari :

1. Observasi lapangan
2. Pengambilan data
Adapun data yang diambil, yaitu :
 - 1) Data hasil pengukuran getaran
 - 2) Data Jarak antara lokasi peledakan dengan tempat pengukuran
 - 3) Data Jumlah muatan bahan peledak per *delay*.

Metode Tidak Langsung (*Sekunder*)

Adapun urutan pengambilan data meliputi :

1. Studi Literatur
2. Kesimpulan

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara mengumpulkan semua data yang diperoleh, kemudian data-data tersebut digunakan untuk menentukan persamaan regresi *power* dalam menemukan nilai maksimum bahan peledak dan hasilnya akan dipakai untuk menentukan isian bahan peledak yang akan digunakan pada percobaan dilapangan.

1. Penentuan jarak antara lokasi pengukuran getaran dan lokasi peledakan
2. Mencari jumlah isian maksimum per waktu tunda dengan menggunakan alat bantu *software*
3. Perhitungan *scaled distance*

Analisis Data

1. Melakukan percobaan dengan menggunakan persamaan regresi *power* hasil analisis di lapangan
2. Menganalisa hasil percobaan di lapangan
3. Menarik kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Peledakan

Parameter-parameter peledakan yang digunakan adalah sebagai berikut :

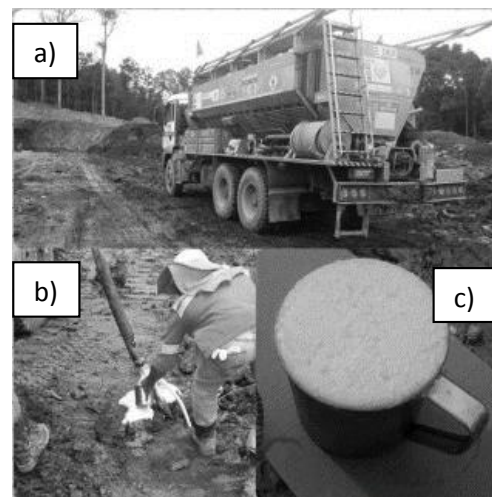
Tabel 4. Parameter Peledakan

Parameter	Simbol	Satuan	Keterangan
Burden	B	m	9
Spasing	S	m	10
Kedalaman lubang	L	m	Lihat lampiran A
<i>Stemming</i>	T	m	Lihat lampiran A
<i>Powder factor</i>	PF	kg/m ³	0,18
Diameter lubang	D	mm	200
<i>Material stemming</i>	-	-	<i>drill cutting</i>
<i>Surface delay</i>	-	ms	100
	-	ms	42
<i>In-hole delay</i>	-	ms	500
Booster	-	gr	400

Sumber : PT. FKP

Bahan Peledak

Bahan peledak yang digunakan oleh PT. Firman Ketaun Perkasa dalam melakukan aktifitas peledakan yaitu menggunakan bahan peledak jenis Sinergi 135. Dengan *density* 1,2 gr/cc dan kecepatan detonasi sebesar 3500 – 6000 mm/s.



Gambar 3 a) Mobile Mixing Unit (MMU), b) Pengambilan bahan peledak, c) Bahan peledak yang digunakan

Pengolahan Data
Hasil Pengukuran Getaran Tanah (Ground
Vibration) di Lapangan

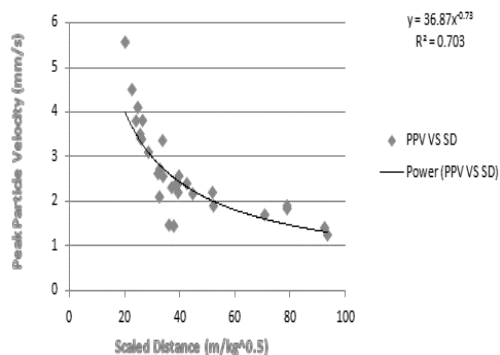
Tabel 5. Hasil pengukuran getaran tanah di Pit Kinong PT. FKP

Tanggal	PPV (mm/s)	Distance (m)	Product Charge per Delay (kg)	SD (m/kg ^{0.5})
28 Juni 2016	4.5	395	298	22.88173563
29 Juni 2016	2.2	575	122	52.05805397
1 Juli 2016	2.1	438	178	32.82948798
2 Juli 2016	5.56	270	175	20.41008154
3 Juli 2016	3.81	453	288	26.69328099
3 Juli 2016	2.62	435	181	32.33329536
5 Juli 2016	1.47	490	182	36.32121652
5 Juli 2016	2.38	550	202	38.69786496
9 Juli 2016	2.4	800	350	42.76179871
9 Juli 2016	2.31	550	218	37.25070038
11 Juli 2016	1.9	1000	364	52.41424184
12 Juli 2016	3.1	550	364	28.82783301
13 Juli 2016	3.8	500	422	24.33961918
14 Juli 2016	2.2	600	230	39.5628284
15 Juli 2016	1.41	1400	228	92.71726499
15 Juli 2016	1.7	1100	240	71.00469468
31 Juli 2016	1.25	1549	273	93.74974481
1 Agustus 2016	1.84	1300	270	79.11548053
1 Agustus 2016	2.72	500	230	32.96902367
2 Agustus 2016	3.5	500	375	25.81988897
3 Agustus 2016	3.41	500	370	25.99376225
4 Agustus 2016	3.39	500	360	26.35231383
4 Agustus 2016	4.1	500	400	25
5 Agustus 2016	2.4	600	230	39.5628284
5 Agustus 2016	3.36	513	228	33.97425496
6 Agustus 2016	2.57	800	402	39.90037344
9 Agustus 2016	2.17	900	402	44.88792012
9 Agustus 2016	1.45	500	173	38.01429606
10 Agustus 2016	1.9	1319	278	79.10836298
10 Agustus 2016	2.56	515	228	34.10670819

Sumber : PT. FKP

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai dari *scaled distance* didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.10. Sedangkan nilai dari *product charge per delay* didapatkan dengan menggunakan bantuan *software shotplus*, atau dapat dilihat pada laporan pengukuran getaran tanah pada lampiran B.

Analisis Data



Gambar 4 Grafik Peak Particle Velocity VS Scaled Distance

Dari hasil analisis yang telah dilakukan (Gambar 5), didapatkan persamaan hubungan antara nilai dari *peak particle velocity* dan *scaled distance* yaitu $PPV=36,87 \left(\frac{R}{W_{0,5}}\right)^{-0,73}$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,703 dan nilai

koefisien korelasi (r) sebesar -0,838 yang merupakan akar dari koefisien determinasi. Nilai koefisien determinasi 0,703 menyatakan bahwa adanya hubungan yang kuat antara *peak particle velocity* dengan *scaled distance*. Tanda minus pada nilai koefisien korelasi menunjukkan, jika nilai *scaled distance* mengalami penurunan, maka nilai dari *peak particle velocity* akan naik. Dari grafik diatas diketahui nilai konstanta K adalah 36,87 dan nilai konstanta β adalah -0,73.

Rekomendasi Isian Maksimum Bahan peledak per Delay

Rekomendasi isian maksimum bahan peledak per *delay* dilakukan karena lokasi peledakan di Pit Kinong sangatlah dekat dengan pemukiman, agar efek getaran yang dihasilkan dari hasil kegiatan peledakan tidak mencapai batas yang dapat merusak bangunan milik warga perkampungan yang berada di lokasi pit tersebut. Perusahaan sendiri menetapkan standar nilai *peak partikle velocity* sebesar 3 mm/s, untuk itu rekomendasi isian maksimum bahan peledak per *delay* dibuat berdasarkan standar PPV yang ditetapkan oleh perusahaan. Rekomendasi isian maksimum bahan peledak per *delay* dapat dilihat di Tabel 6.

Tabel 6. Rekomendasi Isian Maksimum Bahan Peledak per Delay

Jarak	PPV	Jumlah Bahan Peledak Maksimum per Delay
m	mm/s	Kg
200	3	41.39720102
250	3	64.68285255
300	3	93.14298473
350	3	126.7775801
400	3	165.5866233
450	3	209.5701011
500	3	258.728002
550	3	313.0603155
600	3	372.5670322
650	3	437.2481437
700	3	507.103642
750	3	582.1335198
800	3	662.3377703
850	3	747.7163873
900	3	838.2693646
950	3	933.9966968
1000	3	1034.898378
1050	3	1140.974405
1100	3	1252.22477
1150	3	1368.649471
1200	3	1490.248503
1250	3	1617.021861
1300	3	1748.969541

Sumber : PT. FKP

Nilai jarak dan nilai PPV pada Tabel 6 di atas, merupakan nilai yang telah ditetapkan dari perusahaan. Sedangkan nilai dari isian bahan peledak, merupakan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan baru dari hasil analisis (Gambar 5). Dengan cara, gunakan persamaan baru dari hasil analisis kemudian masukan nilai jarak dan PPV pada Tabel 6 yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Pengamatan dan Prediksi Nilai PPV Menggunakan Hasil Analisis

Pengamatan di lapangan dan prediksi nilai PPV dari hasil analisis sangat diperlukan untuk menganalisa dan menunjukkan apakah nilai

konstanta k dan β yang telah didapat akurat dan dapat digunakan atau tidak. Nilai PPV prediksi nantinya akan dibandingkan dengan nilai PPV aktual di lapangan.

Pengamatan di Lapangan

Pengamatan dilakukan untuk mengukur sejauh mana pendekatan dari persamaan yang baru sehingga dapat membantu perusahaan dalam menentukan penggunaan jumlah maksimum bahan peledak dalam setiap kegiatan peledakan. Pengamatan nantinya akan dilakukan sebanyak 5 (lima) kali.

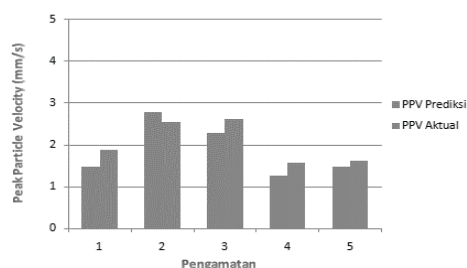
Perbandingan PPV Prediksi dengan PPV Aktual

Perbandingan antara PPV prediksi dengan PPV aktual dilakukan untuk mengetahui apakah hasil analisis yang telah didapatkan dapat digunakan atau tidak. Berikut merupakan hasil pengamatan PPV prediksi dengan PPV aktual di Pit Kinong.

Tabel 7. Perbandingan nilai PPV prediksi dan PPV aktual

Lokasi Peledakan	Tanggal	Jarak (m)	Lokasi Pengukuran	Isian Maksimum Per Delay (Kg)	Scale Distance (m/kg ^{0.5})	PPV (mm/s)		Nilai Selisih (mm/s)	Deviasi (%)
						Prediksi	Aktual		
Pit Kinong Blok 49-50 Seam 1	14-07-2016	1321	Rumah Warga	278	79.2283150	1.51	1.87	0.36	19.2513
Pit Kinong Blok 50-53 Seam 4	15-07-2016	500	Blok 59	228	33.1133089	2.86	2.54	0.25	12.5984
Pit Kinong Blok 51-52 Seam 1	19-07-2016	500	Blok 58	131	43.6852028	2.34	2.01	0.27	10.6870
Pit Kinong Blok 52-53 Seam 1	20-07-2016	1391	Rumah Warga	192	100.386778	1.27	1.58	0.31	19.6202
Pit Kinong Blok 50-51 Seam 2	22-07-2016	1362	Rumah Warga	281	81.2501081	1.48	1.61	0.13	8.07453
Rata-rata						1.892	2.044	0.28	14.0463

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai selisih antara PPV prediksi dan PPV aktual adalah yaitu 0,28 mm/s, sedangkan nilai koreksi kesalahan (deviasi) yaitu sebesar 14,0463 % dengan jumlah data 5 (lima) titik pengukuran. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai PPV prediksi mendekati nilai PPV aktual. Untuk lebih jelasnya lagi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 5 Grafik perbandingan PPV aktual dan PPV prediksi

Grafik di atas menunjukkan bahwa antara PPV prediksi dan PPV aktual, perbedaan nilai getaran tanah yang dihasilkan tidak mengalami perbedaan yang besar. Dari kelima pengamatan yang dilakukan juga tidak melebihi batas jumlah

bahan peledak rekomendasi yang digunakan sehingga nilai getaran tanah yang dihasilkan pun tidak melewati batas yang telah ditetapkan (pada Tabel 6).

Jika dilihat pada Tabel 7, nilai getaran tanah yang dihasilkan khususnya pengukuran yang dilakukan di rumah warga menunjukkan nilai getaran tanah yang tidak melebihi 3 mm/s, yaitu pada jarak 1321 m menghasilkan nilai getaran 1,87 mm/s, jarak 1391 meter menghasilkan nilai getaran 1,58 mm/s, dan jarak 1362 meter menghasilkan nilai getaran 1,61 mm/s. Sehingga, mengacu pada SNI 7571:2010, nilai getaran tanah yang dihasilkan selama pengamatan tidak melewati batas yang telah ditentukan.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, maka dapat disimpulkan persamaan hasil regresi *power* untuk menentukan nilai PPV prediksi dapat diterapkan oleh PT. Firman Ketaun Perkasa di Pit Kinong dan rekomendasi penggunaan bahan peledak maksimum per *delay* dapat menjadi acuan untuk kegiatan peledakan selanjutnya.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis, didapatkan hasil analisis konstanta regresi *power* $k = 36,87$ dan $\beta = -0,73$ yang dapat dijadikan acuan oleh perusahaan untuk memprediksi nilai PPV. Dari pengamatan yang dilakukan, pengukuran getaran tanah dekat pemukiman dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali yaitu : (1) jarak 1321 meter dari lokasi peledakan 1,87 mm/s, (2) jarak 1391 meter dari lokasi peledakan 1,58 mm/s, (3) jarak 1362 meter dari lokasi peledakan 1,61 mm/s. Mengacu pada SNI 7571:2010, pengamatan dari 3 (tiga) pengukuran dekat pemukiman dengan tipe bangunan kelas 2 (dua) tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Rekomendasi isian maksimum bahan peledak per *delay* yang dapat dijadikan acuan oleh perusahaan untuk kegiatan peledakan selanjutnya dengan nilai standar PPV 3 mm/s untuk bangunan kelas 2 yaitu jarak 200 meter sebanyak 41,39 kg dan jarak 1300 meter sebanyak 1748,96 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym, 1998, *For The Tropical Engineering Field*, Universitas Teknologi Malaysia, Malaysia
- Balfas, M. D., 2015, *Geologi untuk Pertambangan Umum*, CV. Graha Ilmu : Samarinda

- Bhandari, S., 1997, *Engineering Rock Blasting Operations*. Rotterdam : A. A. Balkema
- Cunningham, C. V. B., 2003, *The Effect of Timing Precision On Control Blasting Effect*, Detnet Solution
- Hustrulid, W., 1999, *Blasting Principles for Open Pit Mining*, Volume 1, Netherlands : A. A. Balkema
- Irianto, A., 2012, *Statistik*, Edisi Keempat, Jakarta : Prenadamedia Group
- Jimeno, C. L., Jimeno E. J., & Carsedo F. J. A., 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, Netherland : A. A. Balkema
- Khartodharmo, M., 1990, *Teknik Peledakan*, Laboratorium Geoteknik Pusat Antar Universitas – Ilmu Rekayasa, Institut Teknologi Bandung
- Konya, J. C., & Walter J. E., 1991, *Rock Blasting and Overbreak Control*, NHI Course No. 13211
- Maryura, R., Toha M. T., & Sudarmono D., 2014, *Kajian Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration) pada Operasi Peledakan Interburden B2-C Tambang Batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim*, Jurnal Ilmu Teknik, volume 2, No. 1, ISSN : 2338-7459
- Richards, A.B., & Moore, A.J., 2005, *Blast Vibration Course Measurement-Assessment-Control*
- Rosenthal, M.F., & Morlock, G.L., 1987, *Blasting Guidance Manual*, United States Department Of The Interior
- Saptono, Singgih., Siri, H.T. dan Setyowati, 2014, *Perencanaan Tambang 2*, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta
- Standar Nasional Indonesia, 2010, *Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan*, Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Sugiyono, 2008, *Memahami Penelitian Kualitatif*, Bandung : Alfabeta
- Supardi, 2013, *Aplikasi Statistika dalam Penelitian*, Jakarta : Smart