

## **Analisis Getaran Tanah Hasil Peledakan Berdasarkan Tingkat Peluruhan di PT Dahana JSP PT Ricobana Abadi-Berau Coal, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur**

Analysis of Blasting Vibration Based on Disintegration Rate at PT JSP PT Ricobana Abadi-Berau Coal, Sambaliung Distric, Berau East Kalimantan Province

<sup>1</sup>Bella Insan Pribadi, <sup>2</sup>Yuliadi, <sup>3</sup>Dwihandoyo Marmer

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandun

<sup>3</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Minral Indonesia (STMI)

Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

e-mail : bellapribadi10@gmail.com

**Abstract:** This research was conducted at Binungan Site PIT D12 PT Dahana JsP PT RBA - BC, Berau, East Kalimantan Province. One of the demolition activities in the research area is the stripping of the overburden. This activity was preceded by dispersing process using drilling and blasting method. One of the effects of the blasting activity is the ground vibration. Based on the standard vibration levels referring to criteria of **SNI 7571:2010** classified as two classes, With blasting vibration frequencies in the range between 7.4 - 7.8 Hz, generates 5 mm/s Threshold Limit Value (TLV). With the PPV value of 1.78 - 2.82 mm/s at a distance 500 - 1100 m, declared if it is safe to the building nearby. The calculation of PPV value which is approaching to the actual PPV value is the equation USBM, so it can be used to predict the further ground vibrations. The equation formula of the Peak Particle Velocity (PPV) relations with the Scale Distance (SD) obtained from the ground vibration analysis measurement data is  $PPV = 41.959(SD)^{-0.755}$  with  $R^2 = 0.7895$  and  $R = -0.8555$  expressed that the correlation of the equation is negative and strong. Ground vibration measurement result using *Blastware* application with the level of trust of 50% bring out the value of disintegration constant generates the coefficient disintegration in the amount of -1.44 and rock factor 502, while the 90% level of trust generates the disintegration coefficient in the amount of -1.44 and rock factor 551. The tie-up design evaluation with the vibration controlling level had not reached the optimum level yet, so the tie-up was redesign and could generate a few holes which exploded at the same time and also could decrease the vibration value. Optimization of explosives according to a threshold limit value that has been determined by company with the value of 3 mm/s, using PPV and SD graph from the *Blastware* application. With a distance of 300 m for explosives/delay that used 61 kg, while at a distance of 400 m used 109 kg.

**Keywords.** Ground Vibration, Tie-Up Design Evaluation, Explosives Optimization

**Abstrak:** Penelitian ini dilakukan di Site Binungan PIT D12 PT Dahana JsP PT RBA - BC, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Salah satu kegiatan pembongkaran di daerah penelitian yaitu pengupasan lapisan tanah penutup. Kegiatan ini didahului dengan proses pemberaian menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Salah satu efek dari proses kegiatan peledakan yaitu adanya *ground vibration*. Berdasarkan standar baku tingkat getaran yang mengacu pada kriteria **SNI 7571:2010** tergolong kelas 2, dengan frekuensi getaran peledakan berada pada kisaran 7.4 - 7.8 Hz, maka nilai ambang batas (NAB) sebesar 5 mm/s. Dengan nilai PPV 1.78 - 2.82 mm/s dengan jarak 500 - 1100 m, dinyatakan aman terhadap bangunan. Perhitungan prediksi nilai PPV yang mendekati nilai PPV aktual adalah persamaan USBM, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi getaran tanah selanjutnya. Hasil pengukuran getaran tanah dengan menggunakan aplikasi *Blastware* didapatkan nilai konstanta peluruhan dengan tingkat kepercayaan 50% yaitu koefisien peluruhan sebesar -1.44 dan faktor batuan sebesar 502, sedangkan untuk tingkat kepercayaan 90% yaitu koefisien peluruhan sebesar -1.44 dan faktor batuan sebesar 551. Evaluasi rancangan *tie-up* dengan pengendalian tingkat getaran belum optimal sehingga dilakukan rancangan ulang terhadap desain *tie-up* yang diterapkan dimana menghasilkan sedikit lubang yang meledak secara bersamaan serta nilai getaran yang dihasilkan akan ikut berkurang. Optimalisasi bahan peledak menurut nilai ambang batas yang telah ditentukan oleh perusahaan yaitu 3 mm/s, dengan menggunakan grafik PPV dan SD dari aplikasi *Blastware*. Pada jarak 300 m untuk handak/delay yang digunakan sebesar 61 kg dan pada jarak 400 m handak/delay yang digunakan sebesar 109 kg.

**Kata Kunci :** Getaran Tanah, Evaluasi Rancangan *Tie-Up*, Optimalisasi Bahan Peledak

## A. Pendahuluan

Terdapat dampak dari kegiatan peledakan, salah satunya ialah getaran tanah yang dapat menyebabkan kerusakan bagi struktur batuan dan bangunan di sekitarnya serta suara bising hasil ledakan yang menimbulkan ketidaknyamanan terhadap warga sekitar. Masalah ini sering timbul akibat besarnya getaran yang dihasilkan, biasanya besar atau kecilnya getaran yang ditimbulkan dipengaruhi oleh adanya struktur geologi di daerah peledakan, banyaknya penggunaan bahan peledak, desain waktu tunda yang tidak tepat. Dari pengamatan di lapangan terdapat informasi bahwa adanya keretakan yang terjadi pada dinding dan kaca rumah warga sekitar lokasi penelitian dan berujung pada protes dari warga terhadap perusahaan dengan tuntutan ganti rugi guna memperbaiki bangunan yang rusak tersebut. Melihat permasalahan tersebut, maka dibutuhkan analisis terhadap dampak dari peledakan itu sendiri terutama dalam hal getaran tanah yang dapat menimbulkan suatu masalah jika melampaui standar yang telah ditetapkan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengukuran getaran tanah akibat peledakan untuk menilai pengaruh getaran terhadap masyarakat sekitar agar getaran yang ditimbulkan masih dalam kondisi aman.

## B. Tinjauan Pustaka

### Getaran Tanah

Getaran tanah merupakan gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, salah satu diantaranya adalah kegiatan peledakan. Getaran tanah terjadi pada daerah elastis. Tujuan peledakan umumnya untuk memecahkan batuan. Kegiatan ini membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melampaui batas elastis batuan. Jika hal tersebut terjadi maka batuan akan pecah. Proses pemecahan batuan akan terus berlangsung sampai energi yang di hasilkan bahan peledak makin lama makin berkurang, dan menjadi lebih kecil dari kekuatan batuan. Sehingga proses pemecahan batuan terhenti dan energi yang tersisa akan menjalar melalui batuan, karena masih dalam batas elastisitasnya. Namun kegiatan peledakan selalu menghasilkan gelombang seismik. (Dwihandoyo, 2012)

### Energi Pada Peledakan

Dalam peledakan dibutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga dapat melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas elastik batuan untuk memecahkan suatu batuan. Proses pemecahan batuan ini akan berlangsung terus hingga energi yang dihasilkan oleh bahan peledak makin lama makin berkurang (meluruh) dan menjadi lebih kecil dari kekuatan batuan, sehingga proses pemecahan batuan berhenti. Energi yang tersisa (*seismic energy*) akan menjalar melalui batuan, mengakibatkan deformasi dalam batuan tetapi tidak memecahkan batuan karena masih didalam batas elastiknya. Hal ini akan menghasilkan gelombang seismik, dimana pada batas tinggi tertentu dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan juga dapat sangat mengganggu manusia.

Ada dua jenis energi yang dilepaskan saat terjadi ledakan, yaitu *work energy* dan *waste energy*. *Work energy* merupakan energi peledakan yang menyebabkan terpecahnya batuan atau lebih pengaruh pada produksi. Sedangkan pada saat peledakan terjadi, tidak semua energi yang dihasilkan akan digunakan untuk menghasilkan fragmen batuan. Energi sisa yang dihasilkan ini disebut *waste energy*. *Waste energy* terdiri dari *light*, *heat*, *sound* dan *seismic energy*. Energi-energi ini (terutama *seismic*) dapat menimbulkan efek yang berbahaya dalam kegiatan peledakan karena sifat dari

energi ini yaitu menghancurkan. (Joris, 2013)

### Faktor yang Mempengaruhi Getaran

*Ground vibration* peledakan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor yang dapat dikontrol dan yang tidak dapat dikontrol. Faktor yang tak dapat dikontrol yaitu faktor geologi dan geomekanika batuan. (Sihombing, 2013) Faktor yang dapat dikontrol untuk mengurangi *ground vibration*, yaitu:

1. Jumlah Muatan Bahan Peledak Perwaktu Tunda
2. Jarak Dari Lokasi Peledakan
3. Waktu Tunda (*Delay Period*)
4. Letak Penyalaan Awal (Inisiasi Peledakan)

### Kontrol Vibrasi

Peledakan tunda (*delay blasting*) adalah suatu teknik peledakan dengan cara meledakkan sejumlah besar muatan bahan peledakan tidak sebagai satu muatan tetapi sebagai suatu seri dari muatan-muatan yang lebih kecil. Maka getaran yang dihasilkan terdiri seri kumpulan getaran kecil, bukan getaran besar. Dengan mempergunakan *delay*, pengurangan tingkat getaran dapat dicapai. Untuk mengetahui seberapa efektifnya peledakan tunda dalam pengurangan tingkat getaran perlu mengerti perbedaan antara kecepatan partikel dan kecepatan perambatan. Kecepatan perambatan adalah kecepatan gelombang seismik merambat melalui batuan, tergantung pada jenis batuan. Untuk suatu daerah dengan batuan tertentu, kecepatan relatif konstan. Kecepatan perambatan tidak dipengaruhi oleh besarnya energi. Peledakan tunda mengurangi tingkat getaran sebab setiap *delay* menghasilkan masing - masing gelombang seismik yang kecil yang terpisah.

### Alat Pengukur Getaran Tanah

Pengukuran getaran peledakan dilapangan yang digunakan adalah Blastmate<sup>III</sup> (**Gambar 1**). Alat ini didesain untuk mengukur dan mencatat getaran tanah dengan tepat. Peralatan ini disebut dengan seismograf yang terdiri dari 2 bagian penting, yaitu *geophone* dan *microphone*. *Geophone* adalah alat untuk mengukur getaran yang dihasilkan peledakan, sedangkan *microphone* adalah alat untuk mengukur kebisingan dari suara yang dihasilkan dari peledakan. *Geophone* dan *Microphone* disambungkan ke *InstanTel monitor*.



**Gambar 1.** Blastmate<sup>III</sup>

### Persamaan Peak Particle Velocity (PPV)

PPV merupakan kecepatan maksimum yang digunakan untuk menghitung besarnya getaran pada suatu lokasi yang tergantung pada jarak lokasi tersebut dari pusat peledakan dan jumlah bahan peledak per *delay*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk menentukan besarnya PPV yang dihasilkan maka dapat ditentukan persamaan PPV sebagai berikut :

1. USBM

$$PPV = k \times (D / W^{0.5})^e \dots\dots\dots$$

(Persamaan 1)

## 2. Langefors &amp; Kiehlstrom:

$$PPV = k \times (D^{0.75} / W^{0.5})^e \dots\dots\dots$$

(Persamaan 2)

Keterangan::

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

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

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

k = Konstanta yang tergantung dari kondisi lokal dan peledakan.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

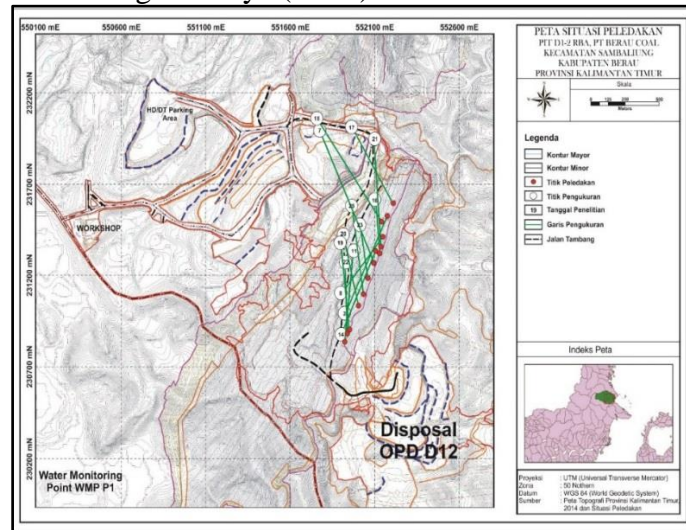
Kegiatan penelitian pengukuran getaran tanah (*ground vibration*) dilakukan pada bulan Oktober 2016 di PT Dahana Job Site PT RBA - BC. Pengambilan data primer dilakukan pada saat diadakan kegiatan peledakan yaitu pada pukul 12.30 WITA dan 15.00 WITA. Penelitian pengukuran getaran peledakan hanya dilakukan pada area produksi Site Binungan Pit D1-2 PT Ricobana Abadi - Berau Coal, yang terdapat keluhan mengenai adanya getaran dan suara bising di pemukiman warga yang diindikasikan akibat adanya kegiatan peledakan. Data penelitian yang diambil sebanyak 16 data dengan jarak pengukuran yang berbeda-beda berkisar antara 300 m hingga 1100 m (Tabel 1) dan peta situasi peledaannya dapat dilihat pada Gambar 2.

**Tabel 1.** Pengambilan Data Penelitian

No.	Tanggal Penelitian	Lokasi (PIT D1-2 Ricobana Abadi)	Jarak (m)	PPV Aktual (mm/s)
1	3-Oct-16	Seam D Blok 23 - 27	600	2.70
2	7-Oct-16	Seam E Blok 16 - 20	800	2.43
3	8-Oct-16	Seam D Blok 22 - 26	400	4.23
4	11-Oct-16	Seam E Blok 14 - 15	500	2.98
5	12-Oct-16	Seam D - E Blok 19 - 22	1100	1.96
6	14-Oct-16	Seam D Blok 20 - 22	500	2.29
7	15-Oct-16	Seam D - E Blok 16 - 18	1100	1.78
8	16-Oct-16	Seam D Blok 17 - 19	300	4.20
9	17-Oct-16	Seam D Blok 23 - 25	500	2.94
10	18-Oct-16	Seam D - E Blok 20 - 23	700	2.03
11	19-Oct-16	Seam D - E Blok 14 - 16	500	2.49
12	20-Oct-16	Seam D Blok 17 - 20	400	2.57
13	21-Oct-16	Seam D - E Blok 14 - 20	600	2.63
14	22-Oct-16	Seam E Blok 13 - 15	400	3.94
15	23-Oct-16	Seam D - E Blok 17 - 19	300	8.52
16	25-Oct-16	Seam D Blok 18 - 22	500	2.82

Mengacu pada SNI 7571:2010 mengenai Standar Baku Tingkat Getaran Terhadap Struktur Bangunan, dilakukan penyesuaian kondisi di lapangan dimana bangunan yang berada di daerah penelitian tergolong dalam kelas 2 yaitu bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen. Hasil pengukuran getaran

peledakan yang telah didapatkan memiliki data frekuensi berkisar antara 7,4 – 7,8 sehingga batas nilai ambang batasnya (NAB) ialah 3 mm/s



**Gambar 2.** Peta Situasi Peledakan

### Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan

Berdasarkan NAB di lokasi penelitian, diketahui bahwa hasil penelitian yang memiliki nilai PPV 3.94 - 8.52 mm/s pada jarak 300 m - 400 m dinyatakan tidak aman terhadap bangunan, sedangkan hasil peledakan yang memiliki nilai PPV 1.78 - 2.82 pada jarak 500 m - 1100 m dinyatakan aman terhadap bangunan. Jika dianalisa didapat bahwa semakin jauh jarak pengukuran dengan area peledakan maka akan menghasilkan nilai PPV yang semakin kecil, sedangkan berbanding terbalik apabila jarak pengukuran dengan area peledakan semakin dekat akan semakin besar nilai getarannya.

### Analisis Nilai PPV Prediksi Menurut *USBM* dan *Langefors Kiehlstrom*

Hasil perhitungan prediksi nilai PPV menggunakan persamaan *USBM* dan *Langefors Kiehlstrom*, didapatkan hasil yang berbeda. Untuk lebih lengkap dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Perbandingan Nilai PPV Aktual dengan PPV Prediksi

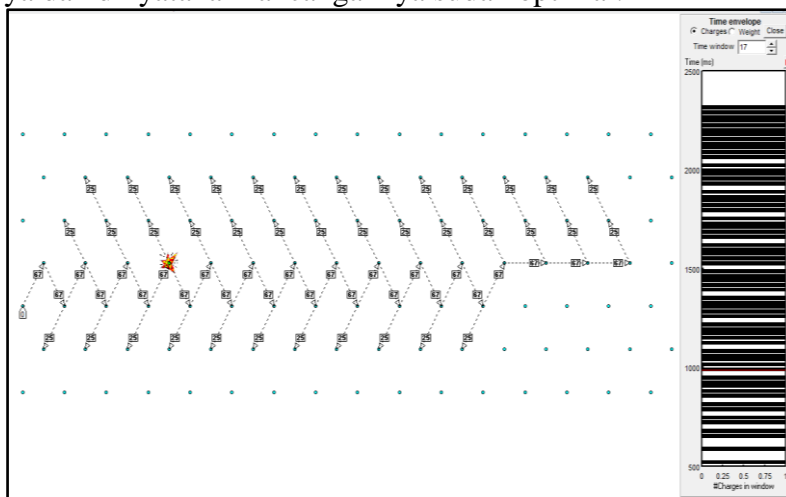
Aktual	PPV (mm/s)	
	Prediksi menurut <i>USBM</i>	Prediksi menurut <i>Langefors - Kiehlstrom</i>
2.7	1.77	5.24
2.43	1.00	2.90
4.23	2.08	5.26
3.01	1.47	3.75
1.96	0.79	2.51
2.29	1.66	4.41
1.78	0.84	2.73
4.2	7.33	22.86
3.14	2.63	7.91
2.03	1.10	3.08
3.49	2.60	7.79
2.57	2.71	7.37
2.63	1.69	4.94
3.94	4.04	12.30
8.52	7.43	23.23
2.82	2.23	6.41

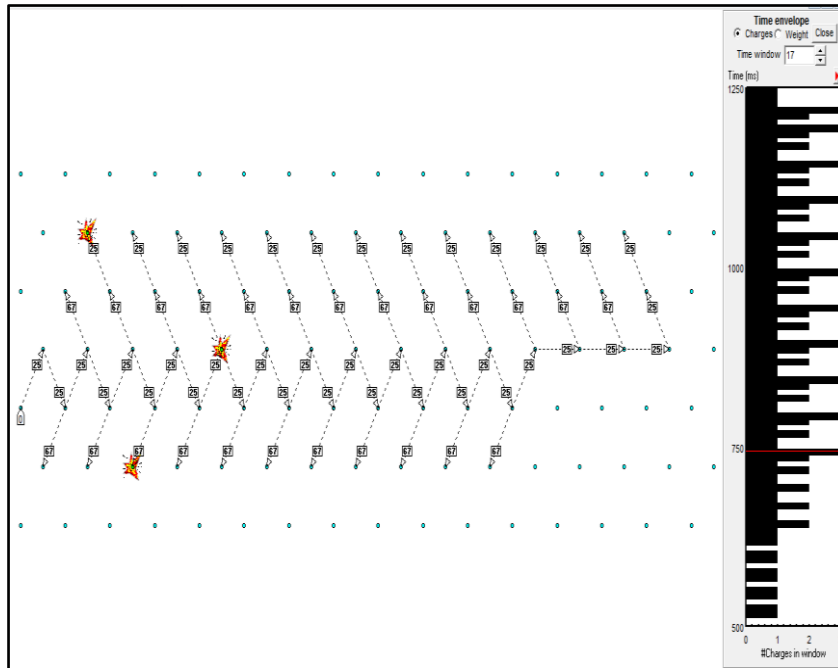
Berdasarkan tabel diatas, persamaan *Langefors Kiehlstrom* memiliki nilai PPV yang terlalu besar dibandingkan dengan aktualnya, sedangkan nilai PPV menurut persamaan *USBM* hampir mendekati nilai PPV aktual. Oleh karena itu, persamaan *USBM* digunakan untuk memprediksi nilai PPV sebelum kegiatan peledakan dilakukan.

Dari tabel tersebut juga diketahui terdapat nilai PPV menurut *USBM* yang memiliki nilai rentang cukup besar dari data aktual. Sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut faktor yang menyebabkan adanya nilai rentang tersebut. Terdapat faktor yang menyebabkan besarnya nilai PPV yang dihasilkan. Dapat dianalisa bahwa dalam pengisian lubang ledak banyak yang terjadi tidak sesuai dengan perencanaannya, lalu desain *tie-up* yang kurang tepat dalam penentuan waktu tundanya, kesalahan dalam menentukan jarak lokasi pengukuran dengan area peledakanpun menjadi penyebab perbedaan nilai PPV yang dihasilkan. Jika dihubungkan dengan kegiatan pengukuran getaran, ada kesalahan yang bisa memperbesar atau memperkecil nilai getaran yang dihasilkan. Perangkat utama pengukuran juga yakni *Blastmate III* dimana memiliki koreksi data pada saat perekaman dan pengukuran getaran peledakan, oleh karena itu perlunya kalibrasi pada alat yang bersangkutan. Lalu perangkat *Geophone*, dimana alat ini harus terpasang kuat pada tanah yang masih alami atau *fresh*.

### Analisis Rancangan *Tie-Up*

Dari hasil pembuatan rancangan *tie-up* menggunakan aplikasi *Shotplus-I*, dapat diketahui bahwa rancangan *tie-up* aktual yang diterapkan di lapangan belum optimal, hal tersebut karena dari beberapa rancangan aktual terdapat banyak lubang yang meledak bersamaan. Sehingga evaluasi rancangan *tie-up* harus dibuat dengan seoptimal mungkin agar tidak terjadi lubang yang meledak bersamaan dalam skala besar, maka dibuat rancangan ulang *tie-up* yaitu menggunakan *delay* yang besar untuk di *control line* dan menggunakan *delay* yang kecil di setiap sayapnya. Hal ini agar tidak terjadi lubang meledak bersamaan, sehingga menghasilkan nilai getaran yang relatif kecil. Hal tersebut dibuktikan dari hasil perancangan ulang *tie-up* yang diterapkan menghasilkan lubang yang meledak bersamaan lebih sedikit, bahkan terdapat beberapa rancangan ulang tersebut yang tidak terjadi lubang meledak secara bersamaan (*hole by hole*), sehingga nilai getaran yang dihasilkan ikut berkurang dan dinyatakan optimal. Contohnya dapat dilihat pada **Gambar 3**, dimana sebelum dan sesudah *tie-up* dirancang ulang, bahwa setelah dirancang ulang semua lubang tidak ada yang meledak bersamaan atau semua lubang meledak secara *hole by hole* sehingga dapat mengurangi efek getaran yang dihasilkan terlihat dari hasil *ppv* prediksi yang memiliki nilai lebih kecil dibandingkan aktualnya dan dinyatakan rancangannya sudah optimal.

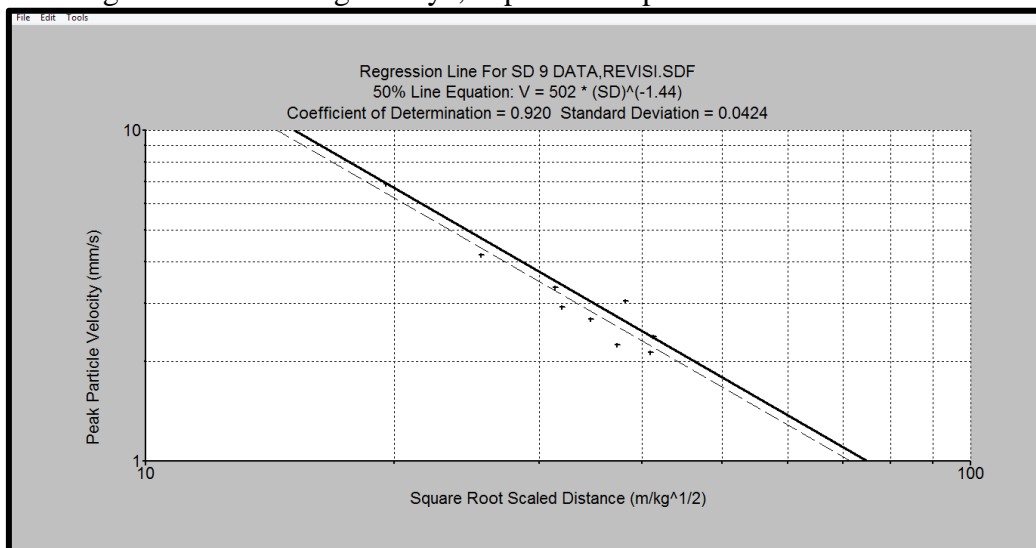




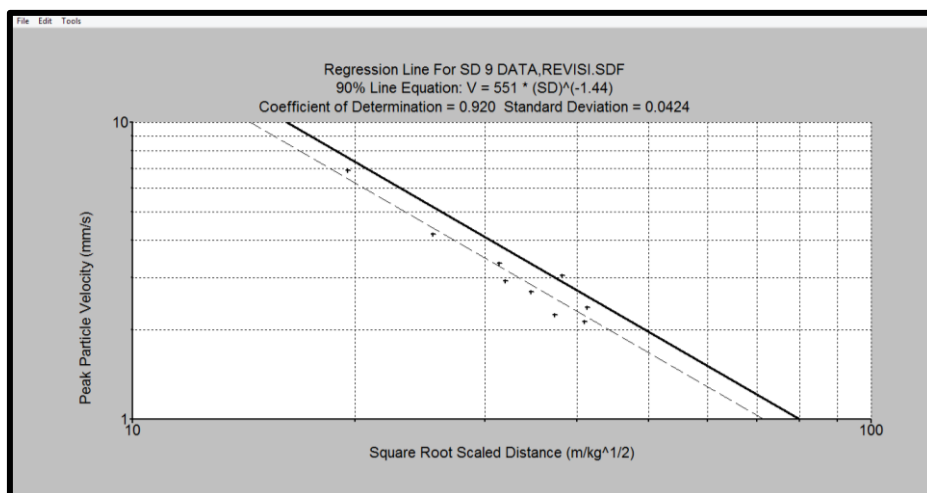
**Gambar 3.** Evaluasi Rancangan *Tie-Up*

**Kurva Peluruhan Getaran**

Analisis dilakukan dari hasil pembuatan grafik PPV dalam skala *log* di aplikasi *Blastware*. Model yang digunakan ialah *Log Square Root Scaled Distance* yang menggambarkan grafik regresi linier yang menganalisis hubungan antara PPV dengan *scaled distance* yang menggambarkan regresi power dalam skala *log* agar dapat mengetahui penyebaran dan kecenderungan arah data penelitian. Untuk lebih jelas dalam mengetahui hasil dari grafiknya, dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



**Gambar 4.** Grafik PPV - SD Setelah Pengurangan Data (50%)



Gambar 5. Grafik PPV - SD Setelah Pengurangan Data (90%)

Tabel 3. Nilai k dan e Setelah Pengurangan Data

Lokasi	Selang Kepercayaan	Koefisien Peluruhan	Faktor Batuan
		Blastware	
PIT D1-2 Ricobana Abadi	50%	-1.44	502
	90%	-1.44	551

Dilihat dari hasil kurva diatas diketahui nilai faktor batuan (k) sebesar 502 untuk selang kepercayaan 50% dan 551 untuk selang kepercayaan 90%, serta koefisien peluruhan (e) sebesar -1.44 yang telah mendekati standar yang ditetapkan oleh para ahli, yakni -1.6. Nilai k dan e ini dapat dijadikan rekomendasi awal sebelum melakukan peledakan berikutnya.

**D. Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Menurut SNI 7571 : 2010, data pengukuran getaran tanah hasil penelitian tergolong dalam Kelas 2 dimana memiliki nilai ambang batas sebesar 3 mm/s. Sehingga, dapat dinyatakan dengan nilai PPV 3.94 - 8.52 mm/s pada jarak 300 m - 400 m dinyatakan tidak aman terhadap bangunan, sedangkan hasil peledakan yang memiliki nilai PPV 1.78 – 2.82 mm/s pada jarak 500 m – 1100 m dinyatakan aman terhadap bangunan.
2. Berdasarkan hasil pengukuran *ground vibration* menggunakan aplikasi *Blastware* didapatkan nilai koefisien peluruhan (e) dengan tingkat kepercayaan 50% yaitu - 0.755 dan faktor batuan (k) sebesar 47.1, sedangkan untuk tingkat kepercayaan 90% memiliki nilai koefisien peluruhan -0.755 dengan nilai faktor batuan sebesar 55.1. Namun setelah *desain tie-up* dirancang ulang, didapatkan nilai konstanta yang mendekati nilai standar yang telah ditentukan oleh para ahli, yaitu nilai e dengan tingkat kepercayaan 50% sebesar -1.44 dan nilai k sebesar 502, sedangkan untuk tingkat kepercayaan 90% memiliki nilai e sebesar -1.44 dengan nilai k yaitu 551.
3. Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan aplikasi *Shotplus-I*, dinyatakan bahwa evaluasi rancangan *tie-up* dengan pengendalian tingkat getaran tanah yang diterapkan belum optimal. Hal ini dibuktikan dari perancangan ulang *tie-up* yang



diterapkan menghasilkan lubang yang meledak bersamaan lebih sedikit, bahkan terdapat beberapa rancangan ulang tersebut yang tidak terjadi lubang meledak secara bersamaan, sehingga nilai getaran yang dihasilkanpun ikut berkurang dan sudah dinyatakan optimal.

4. Optimalisasi bahan peledak menurut ambang batas yang telah ditentukan yakni 3 mm/s, dapat direkomendasikan bahwa pada jarak 300 m untuk handak/delay yang digunakan sebesar 61 kg dan pada jarak 400 m untuk handak/delay yang digunakan sebesar 109 kg. Besaran penggunaan bahan peledak ini dapat dijadikan acuan dalam kegiatan peledakan berikutnya dengan syarat jarak lokasi peledakan relatif sama dan formasi batuan nya sama dengan lokasi penyelidikan.

### Daftar Pustaka

- Anonim. 2003. "Blastmate<sup>III</sup> Operator Manual & Blastware Operator Manual". InstanTEL Inc : Kanada.
- Anonim. 2010. "Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan". Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Marmar, Dwihandoyo. 2012. "Peran SNI 7571 : 2010 dan SNI 7570 : 2010 Dalam Kegiatan Peledakan Di Tambang Terbuka Di Indonesia". Jakarta.
- Pasang, Joris. 2013. "Analisis Pengaruh Pola Rangkaian Peledakan Terhadap Getaran Tanah". Universitas Mulawarman : Samarinda.
- Rudini. 2011. "Analisis Ground Vibration Pada Peledakan Overburden." Universitas Pembangunan Nasional : Yogyakarta.
- Sihombing, Jhon Rudolf. 2011. "Kajian Teknis Rancangan Peledakan Berdasarkan Pengukuran Getaran". Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Medan : Medan.