

Evaluasi Getaran Peledakan berdasarkan Tingkat Peluruhan di PT Dahana Job Site Ck Kjb, Kampung Long Lanuk, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur

¹Genta Ramadhan Fitriansyah, ²Ir.Yuliadi dan ³Ir.Dwihandoyo Marmer

^{1,2}Prodi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung

Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

e-mail : ¹Melvinfujiawati2203@gmail.com

Abstract. This research was conducted in Nyapa West P2 PIT in PT Dahana CK GOC Job Site, Berau, East Kalimantan. One of the excavation activities in the area of research is the stripping of the overburden. This activity was preceded by dispersing process using drilling and blasting method. One of the effect of the blasting activity is the ground vibration. Under the standard vibration levels refer to the criteria of **SNI 7571: 2010** classified as class 2, with the blasting vibration frequency is in the range between 5.2 Hz to 12 Hz, then the Threshold Limit Value (TLV) of 5 mm/s. With the PPV value of 5.26 mm/s - 14.87 mm/s at a distance of 200 m - 300 m declared unsafe to the building nearby. While the value of PPV of 0.46 mm / s - 1.12 with a distance of 400 m - 750 m declared safe to the building nearby. Calculation of PPV value approaching the actual PPV value using the USBM equation, so it can be used to predict the future ground vibrations. The results of the PPV according to the USBM equation that has a large enough range of values is 4.90 mm/s using USBM equation and 0.46 mm/s for the actual data, it caused by several factors that lead to that labour, ground vibration measurement error and the distance measurement error. Equation formula of the Peak Particle Velocity (PPV) relations with the Scale Distance (SD) obtained from the ground vibration analysis measurement data is $PPV = 1331.9 (SD)^{-1.972}$ with $R^2 = 0.4931$ and $R = -0.702$. $R = -0.702$ expressed correlation of the equation that are negative and strong. Ground vibration measurement results using *Blastware* application established the constant disintegration value with the conviction level of 50 % that is disintegration coefficient is -1.941 and rock factor 2.200,4, while the 90% confidence level that the disintegration coefficient is -1.941 and rock factor 5.018, 4. The tie-up plan evaluation with controlling the vibration level is at the optimum level. Because of the tie-up resulted only few holes exploded simultaneously. Optimization of explosives according to a threshold limit value that has been determined with the value of 3 mm/s, using the VS, SD, and PPV graph from the *Blastware* application. With a distance of 300 m for explosives / delay that used 100 kg, while at a distance of 200 m used 44.44 Kg.

Keywords: Blasting, Ground Vibration, PPV, Tie-up Design Evaluation, Explosives optimization

Abstrak. Penelitian ini dilakukan di PIT Nyapa West P2 PT Dahana Job Site CK KJB, Berau, 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 5,2 Hz sampai 12 Hz, maka nilai ambang batas (NAB) sebesar 5 mm/s. Dengan nilai PPV 5,26 mm/s – 14,87 mm/s dengan jarak 200 m – 300 m dinyatakan tidak aman terhadap bangunan. Sedangkan nilai PPV 0,46 mm/s – 1,12 dengan jarak 400 m – 750 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 nilai PPV menurut persamaan USBM yang memiliki rentang nilai yang cukup besar yaitu 4,90 mm/s untuk persamaan USBM dan 0,46 mm/s untuk data aktual, hal ini karena ada beberapa faktor yang menyebabkan yaitu personal, kesalahan pengukuran *ground vibration* di lapangan dan kesalahan pengukuran jarak lokasi peledakan dengan daerah pengukuran. Persamaan rumus hubungan *peak particle velocity* (PPV) dengan *scale distance* (SD) yang didapatkan dari analisis data pengukuran *ground vibration* adalah $PPV = 1.331,9(SD)^{-1,972}$ dengan $R^2 = 0,4931$ dan $R = -0,702$. $R = -0,702$ menyatakan korelasi persamaan bersifat negatif dan kuat. Hasil pengukuran *ground vibration* dengan menggunakan aplikasi *Blastware* didapatkan nilai konstanta peluruhan dengan tingkat kepercayaan 50% yaitu koefisien peluruhan sebesar -1,941 dan faktor batuan 2.200,4, sedangkan untuk tingkat kepercayaan 90% yaitu koefisien peluruhan sebesar -1,941 dan faktor batuan 5.018, 4. Evaluasi

rancangan *tie-up* dengan pengendalian tingkat getaran sudah optimal. Karena *tie-up* tersebut menghasilkan sedikit lubang ledak yang meledak bersamaan. Optimalisasi bahan peledak menurut nilai ambang batas yang telah ditentukan yaitu 3 mm/s, dengan menggunakan grafik PPV VS SD dari aplikasi *Blastware*. Dengan jarak 300 m untuk handak / delay yang digunakan sebesar 100 Kg, sedangkan pada jarak 200 m sebesar 44,44 Kg.

Kata Kunci : Peledakan, Ground Vibration, PPV, Evaluasi Rancangan Tie-up, Optimalisasi Isian Bahan Peledak.

A. Pendahuluan

Getaran tanah (*ground vibration*) merupakan getaran tanah yang terjadi akibat hasil peledakan. Getaran ini pada level tertentu, apabila melampaui ambang batas dapat mengakibatkan kerusakan bangunan dan struktur batuan sekitar daerah penelitian. Sehingga perlu melakukan kontrol terhadap getaran tanah (*ground vibration*) pada setiap peledakan yang dilakukan pada jarak dan arah tertentu pada lokasi penelitian. Dua parameter yang sering digunakan untuk mendefinisikan gelombang permukaan adalah kecepatan puncak partikel (*Peak Particle Velocity*) dan jarak terukur (*Scale Distance*), yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui dan memperkirakan besarnya tingkat kerusakan pada dinding tambang.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui getaran tanah (*Ground Vibration*) akibat kegiatan peledakan, mengetahui prediksi nilai PPV dari persamaan USBM dan *Langefors-Kihlstrom*, mengetahui nilai *peak particle velocity* (PPV) menggunakan konsep *scaled distance*, mengetahui nilai konstanta peluruhan dari hasil pengukuran, mengetahui evaluasi rancangan peledakan terkait dengan pengendalian tingkat getaran hasil peledakan, mengetahui penggunaan handak yang sesuai dengan nilai ambang batas PPV.

B. Landasan Teori

Getaran tanah (*ground vibration*) merupakan gelombang yang bergerak di dalam tanah yang 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 (*ground vibration*) terjadi pada daerah elastis (*elastic zone*). Kegiatan peledakan selalu menghasilkan gelombang sismik. Tujuan peledakan umumnya untuk memecahkan batuan. Kegiatan ini membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas elastis batuan. Apabila hal tersebut terjadi maka batuan akan menjadi 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 menjaral melalui batuan, karena masih dalam batas elastisitasnya (Dwi Handoyo, 2012).

Scaled Distance adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scale distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran dan energi ledakan di udara, perhitungan ini dapat menggunakan persamaan USBM $SD = \frac{R}{Q^{0.5}}$ dan *Lagefors & Kiehlstrom* $SD = \frac{R^{0.7}}{Q^{0.5}}$.

Persamaan *Peak Particle Velocity* (PPV) merupakan kecepatan maksimum yang digunakan untuk menghitung besarnya getaran pada suatu lokasi yang tergantung pada jarak lokasi tersebut dari pusat peledakan dan dari jumlah bahan peledak yang dipakai perperiode (*delay*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam usaha menentukan besarnya kecepatan partikel puncak (PPV) yang dihasilkan dalam sebuah

peledakan maka dapat ditentukan persamaan USBM : $PPV = k \times (R / W^{0.5})^{-e}$ dan Lagefors & Kiehlstrom : $PPV = k \times (R^{0.75} / W^{0.5})^{-e}$.

Persamaan *Peak Velocity Sum* (PVS) yaitu $PVS = (V^2 + L^2 + T^2)^{0.5}$. Perhitungan gerakan partikel pada setiap titik dilakukan terus menerus secara elektronis dan menghasilkan ketelitian yang cukup tinggi. Hasilnya adalah resultan (S) yang merupakan sebuah rekomposisi vector dari gerakan bumi atau massa batuan dalam waktu yang penuh.

Karakteristik peluruhan getaran tanah akibat peledakan didefinisikan menurut kurva hubungan antara tingkat vibrasi dan *scale distance*. Dalam hal ini, tingkat vibrasi di defenisikan sebagai nilai puncak kecepatan partikel (*peak particle velocity*) yaitu kecepatan puncak partikel batuan ketika bergerak meninggalkan posisi semula, dan kembali ke posisi semula. Sedangkan *scale distance* didefinisikan sebagai jarak permuatan bahan peledak, *scale distance* digunakan untuk memprediksi persamaan perubahan *peak particle velocity* ketika jumlah muatan bahan peledak perdelay (W) dan jarak peledakan berubah-ubah. Secara matematis dapat dituliskan dengan persamaan : $SD = \frac{R}{W^{0.5}}$. Standar tingkat getaran tanah yang sering diacu antara lain USBM RI18507, DGMS India (A), Australian 2187.2-1993. Di Indonesia, parameter kontrol tingkat getaran peledakan pada tambang terbuka terhadap bangunan di atur dalam Badan Standarisasi Nasional Indonesia 7571 tahun 2010.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Analisis *Ground Vibration* Akibat Kegiatan Peledakan

Berdasarkan informasi dilapangan bangunan warga termasuk bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen, yang tergolong kelas 2 berdasarkan standar baku tingkat getaran menurut *SNI 7571:2010*. Hasil pengukuran getaran peledakan dimana dominan data frekuensi getaran peledakan berada pada kisaran 5,2 Hz sampai 12 Hz, maka nilai ambang batas (NAB) adalah 5 mm/s.

Tabel 1. Data *Ground Vibration* Aktual

No	Tanggal Penelitian	Jarak (m)	PPV Aktual (mm/s)
1	15-07-15	300	5,26
2	20-07-15	200	14,87
3	21-07-15	400	0,837
4	22-07-15	450	0,46
5	23-07-15	750	1,115
6	23-07-15	500	0,934

Berdasarkan nilai PPV pada tabel diatas, bahwa nilai yang berada dibawah nilai ambang batas sebesar 5 mm/s menurut (*SNI 7571:2010*) dan pada jarak dibawah 400 m dinyatakan tidak aman terhadap bangunan, maka dengan nilai PPV 5,26 mm/s – 14,87 mm/s dengan jarak 200 m – 300 m dinyatakan tidak aman terhadap bangunan. Sedangkan nilai PPV 0,46 mm/s – 1,12 dengan jarak 400 m – 750 m dinyatakan aman terhadap bangunan. Semakin dekat jarak dengan lokasi peledakan, maka akan menghasilkan *peak particle velocity* yang tinggi begitu juga sebaliknya, semakin jauh jarak dengan lokasi peledakan maka akan menghasilkan *peak particle velocity* yang rendah.

Analisis Prediksi Nilai PPV Menurut Persamaan USBM Dan *Langerfors-Kihlstrom*

Tabel 2. Perbandingan Nilai PPV Prediksi Dan Aktual

No	Prediksi PPV Menurut Persamaan USBM (mm/s)	Prediksi PPV Menurut Persamaan <i>Langerfors-Kihlstrom</i> (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)
1	8,36	27,05	5,26
2	15,61	24,59	14,87
3	1,96	4,85	0,84
4	4,90	16,68	0,46
5	1,74	5,71	1,12
6	2,52	7,49	0,93

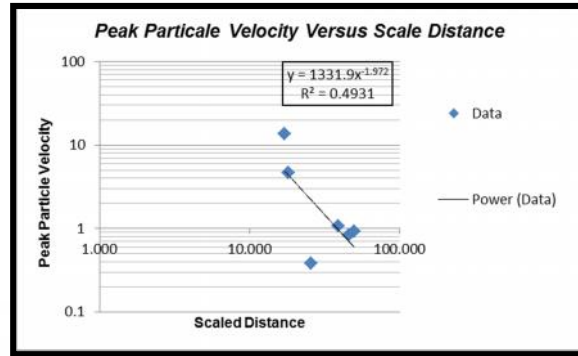
Berdasarkan tabel diatas persamaan *Langerfors-Kihlstrom* nilai PPV yang dihasilkan terlalu besar, sedangkan nilai PPV menurut persamaan USBM hampir mendekati nilai PPV aktual. Oleh karena itu, persamaan USBM digunakan untuk memprediksi nilai PPV sebelum kegiatan peledakan dilakukan. Dari tabel diatas terdapat dua nilai PPV menurut persamaan USBM yang memiliki rentang nilai yang cukup besar yaitu 4,90 mm/s untuk persamaan USBM dan 0,46 mm/s untuk data aktual. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut apa yang menjadi penyebab besarnya rentang nilai yang cukup besar. Setelah dilakukan analisis terhadap data penelitian *ground vibration*, terdapat beberapa faktor yang menyebabkan besarnya nilai PPV yang dihasilkan, yaitu : personil, kesalahan pengukuran jarak lokasi peledakan dengan daerah pengukuran, perhitungan jarak lokasi peledakan dengan daerah pengukuran tidak dilakukan secara tepat, tetapi hanya mengkira-kira, kesalahan pengukuran *ground vibration* di lapangan. Setelah mengetahui persamaan USBM yang mendekati nilai PPV aktual, maka dapat menentukan nilai k aktual untuk setiap kegiatan peledakan yang dapat menjadi acuan untuk prediksi selanjutnya pada jarak yang sama.

Tabel 3. Menentukan Nilai k Dari PPV Aktual Menggunakan Persamaan (USBM)

No	Bahan Peledak/Delay (W) (kg)	k	e	Jarak (R) (m)	PPV (Prediksi) mm/s	PPV (Aktual) mm/s
1	273,22	485	-1,56	300	5,27	5,26
2	135,17	735	-1,56	200	14,91	14,87
3	75,41	325	-1,56	400	0,83	0,84
4	309,46	100	-1,56	450	0,64	0,46
5	227,92	850	-1,56	750	1,92	1,12
6	162,8	300	-1,56	500	0,98	0,93

Analisis Persamaan Rumus Hubungan Antara *Peak Particale Velocity* Dan *Scale Distance*

Untuk mendapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD, maka dilakukan analisis dari hasil pengukuran *ground vibration*. Analisis yang digunakan adalah meregresikan data PPV dan SD dari hasil pengukuran tersebut dengan regresi power di program *Miscrosoft Excel*.

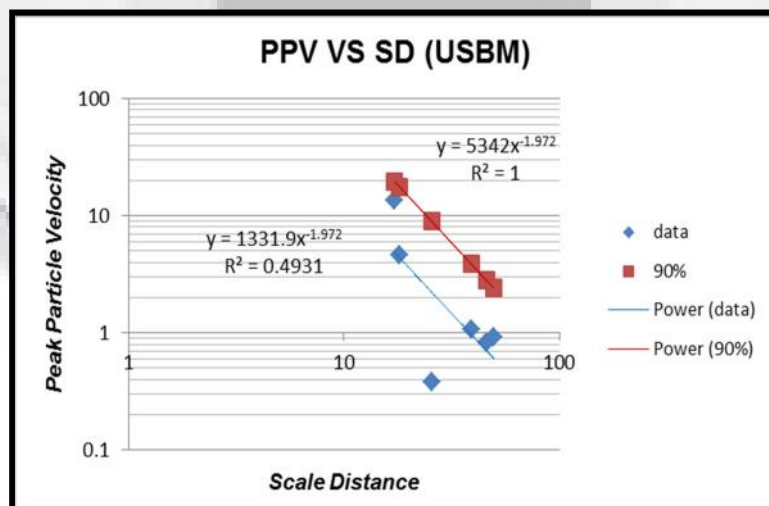


Gambar 1. Hasil Analisis Regresi Power

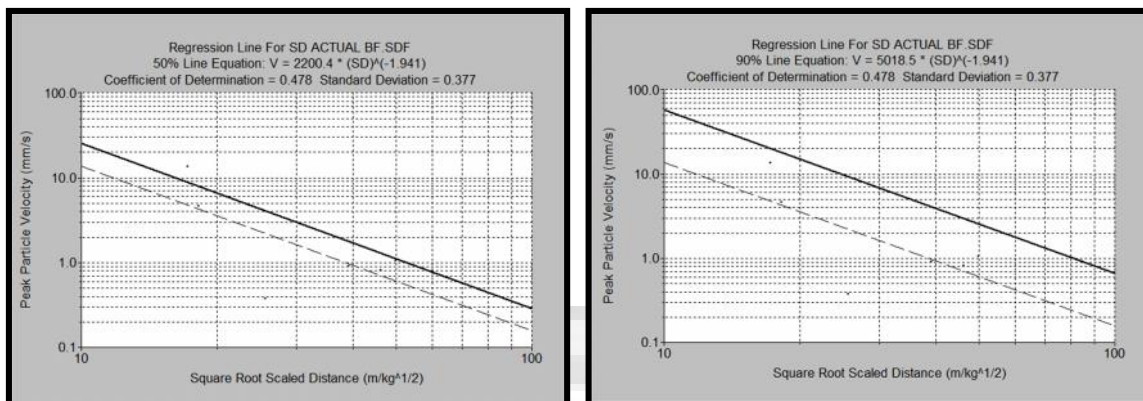
Dari hasil analisis regresi di atas didapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD yaitu $Y = 1.331,9x^{-1,972}$ atau $PPV = 1.331,9(SD)^{-1,972}$ dengan koefisien determinasi atau $R^2 = 0,4931$ dan $R = -0,702$ yang merupakan akar dari R^2 . Nilai R^2 yaitu R dinyatakan dalam bentuk negatif, karena bentuk *trendline* mengarah dari kiri atas ke kanan bawah. Nilai koefisien korelasi atau $R = -0,702$, dinyatakan korelasi negatif dan kuat. Korelasi negatif dinyatakan, bahwa setiap kenaikan nilai X atau SD maka akan diikuti penurunan nilai Y atau PPV, dengan kata lain nilai SD berbanding terbalik dengan nilai PPV. Nilai koefisien determinasi atau $R^2 = 0,4931$, hal ini menyatakan bahwa dalam persamaan yang didapatkan nilai Y atau PPV dapat ditentukan sebesar 49,31% oleh nilai X atau SD.

Kurva Peluruhan Getaran

Analisis ini dilakukan terhadap log PPV dengan log *square root scaling scaled distance* yaitu dengan penggambaran grafik regresi linier atau dengan analisis hubungan PPV dan *scaled distance* dengan menggunakan regresi power dalam skala log, hal ini dilakukan untuk mengetahui penyebaran data dan kecenderungan arah data. Penggambaran kurva peluruhan getaran menggunakan *Microsoft Excel* dan *Blastware*.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara PPV Dan *Scaled Distance* Menggunakan *Microsoft Excel* Dengan Data dan Selang Kepercayaan 90%



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara PPV Dan *Scaled Distance* Menggunakan Aplikasi *Blasware* Dengan Selang Kepercayaan 50% (A) dan 90% (B)

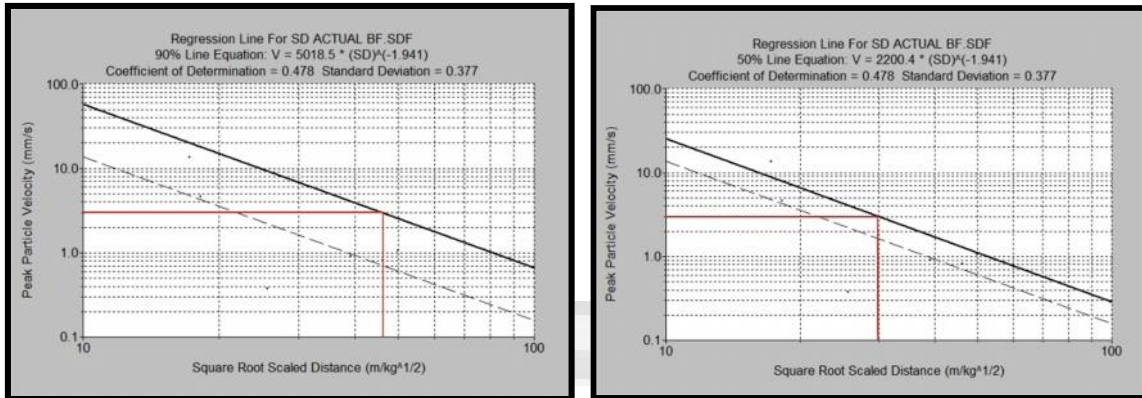
Tabel 4. Nilai Koefisien Peluruhan Dan Faktor Batuan

Massa Batuan	Selang Kepercayaan	Microsoft Excel		<i>Blastware</i>	
		Koefisien Peluruhan	Faktor Batuan	Koefisien Peluruhan	Faktor Batuan
PIT Nyapa West P2	50%	-1,972	1.331,9	-1,941	2.200,4
PIT Nyapa West P2	90%	-1,972	5.342	-1,941	5.018,4

Secara umum nilai *Square Root Scaled Distance* (SRSD) berdasarkan USBM memberikan kerusakan relatif kecil atau tidak membahayakan adalah >20 . Pada penelitian ini SRSD <20 yaitu dengan rentang 17,20 – 18,15, menurut USBM akan membahayakan karena getaran yang terjadi relatif besar. Ternyata getaran pada lokasi penelitian untuk SRSD >20 yaitu dengan rentang 25,58 – 46,06, getaran yang terjadi relatif kecil. Berdasarkan perhitungan secara teoritis nilai SRSD tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian. Hal ini disebabkan ketentuan SRSD oleh USBM hanya prediksi yang tidak memasukan faktor struktur atau kondisi batuan sekitarnya, sedangkan getaran yang ditangkap oleh alat *Blastmate III* sudah melewati media yang berbeda struktur batumannya.

- **Optimalisasi Penggunaan Bahan Peledak**

Tujuan dari optimalisasi penggunaan bahan peledak yaitu untuk mengetahui penggunaan bahan peledak yang sesuai dengan nilai ambang batas (NAB) sebesar 3 mm/s.. Gambar dibawah ini menggambarkan hubungan antara PPV dengan *Scale Distance*, dengan tingkat kepercayaan sebesar 50% dan 90%.



Gambar 4. Grafik Optimalisasi Tingkat Kepercayaan 50% (A) dan 90% (B)

Dari gambar diatas dengan nilai ambang batas sebesar 3 mm/s, dapat menghasilkan nilai *scale distance* untuk tingkat kepercayaan 50% sebesar 30 dan tingkat kepercayaan 90% sebesar 47. Dari data tersebut dapat menentukan bahan peledak yang optimum.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Bahan Peledak Optimum Tingkat Kepercayaan 50%

No	Jarak (m)	Handak/Lubang Aktual (Kg)	Handak/Lubang Optimum (Kg)	Lubang Ledak Yang Meledak Bersamaan	Handak/Delay Aktual (Kg)	Handak/Delay Optimum (Kg)	SD
1	300	91,07	33,33	3	273,22	100	30
2	200	135,17	22,22	2	135,17	44,44	30
3	400	37,71	88,89	2	75,41	177,78	30
4	450	103,15	75,00	3	309,46	225	30
5	750	113,96	312,50	2	227,92	625	30
6	500	81,40	138,89	2	162,8	277,78	30

Tabel 6. Hasil Perhitungan Bahan Peledak Optimum Tingkat Kepercayaan 90%

No	Jarak (m)	Handak/Lubang Aktual (Kg)	Handak/Lubang Optimum (Kg)	Lubang Ledak Yang Meledak Bersamaan	Handak/Delay Aktual (Kg)	Handak/Delay Optimum (Kg)	SD
1	300	91,07	13,58	3	273,22	40,74	47
2	200	135,17	9,05	2	135,17	18,11	47
3	400	37,71	36,22	2	75,41	72,43	47
4	450	103,15	30,56	3	309,46	91,67	47
5	750	113,96	127,32	2	227,92	254,64	47
6	500	81,40	56,59	2	162,8	113,17	47

Berdasarkan (Tabel 6) yang termasuk ke dalam penggunaan bahan peledak optimum yaitu memiliki nilai ambang batas diatas 3 mm/s, dengan menggunakan tingkat kepercayaan 50%, karena pada tingkat kepercayaan 90% jumlah bahan peledak / delay optimum terlalu kecil untuk isian bahan peledak / lubang . Dimana terdapat pada penelitian pertama dan kedua. Hal ini dikarenakan nilai PPV aktual dan jumlah handak / lubang menjadi menurun, sehingga kebutuhan handak akan lebih sedikit. Penggunaan bahan peledak optimum akan menghasilkan fragmentasi yang optimum, penambahan lubang ledak, dan produksi. Berikut tabel dibawah ini hasil perhitungannya.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Fragmentasi Optimum Tingkat Kepercayaan 50%

No	Tanggal Penelitian	A	Vo (m ³)	Q (Kg)	E	Xm (cm)	Xm Aktual (cm)
1	15-07-15	7	369,6	33,33	100	94,09	49,80
2	20-07-15		593,6	22,22		177,67	56,66
3	21-07-15		207,2	88,89		31,83	54,77
4	22-07-15		471,75	75,00		68,45	55,95
5	23-07-15		516,38	31,50		29,82	56,47
6	23-07-15		347,2	138,89		36,27	50,86

Tabel 8. Hasil Perhitungan Penambahan Lubang Dan Produksi Optimum Data Aktual

No	Tanggal Penelitian	B (m)	S (m)	H (m)	Jumlah Lubang Ledak (Aktual)	Total Bahan Peledak (kg)	Bahan Peledak/lubang (Aktual) (kg)	Bahan Peledak/lubang (Optimal) (kg)	Jumlah Lubang Ledak (Optimal)	Jumlah Penambahan Lubang Ledak (Optimal)	Produksi Aktual (BCM)	Peningkatan Produksi (BCM)
1	15-07-15	8	7	6,6	122	11.111,1	91,07	33,33	333	211	45.091,20	123.199,88
2	20-07-15	8	7	10,6	119	16.084,7	135,17	22,22	724	605	70.638,40	429.654,51
3	21-07-15	8	7	3,7	87	3.280,4	37,71	88,89	37	-50	18.026,40	7.646,61
4	22-07-15	8,5	7,5	7,4	119	1.2275,1	103,15	75,00	164	45	56.138,25	77.210,38
5	23-07-15	8,5	7,5	8,1	65	7.407,4	113,96	312,50	24	-41	33.564,38	12.239,99
6	23-07-15	8	7	6,2	143	1.1640,2	81,40	138,89	84	-59	49.649,60	29.098,64

Berdasarkan (Tabel 7) fragmentasi yang optimum terdapat pada penelitian pertama dan kedua. Hal ini dikarenakan fragmentasi optimum tidak jauh berbeda dengan fragmentasi aktual. Fragmentasi optimum masih bisa terambil oleh alat muat (**Liebherr R9250**). Sedangkan untuk penambahan lubang dan produksi dapat dilihat pada (Tabel 5.9). Berdasarkan (Tabel 5.9) penambahan lubang dan produksi optimum terdapat pada penelitian pertama dan kedua. Hal ini dikarenakan jumlah handak perlubang optimum menurun. Dengan total handak yang sama dan handak perlubang menggunakan yang optimum, maka dapat menambahkan lubang ledak sebesar 211 lubang pada penelitian pertama dan 605 lubang pada penelitian kedua, hasil tersebut merupakan pengurangan jumlah lubang optimal dan jumlah lubang ledak aktual. Akan tetapi penambahan lubang ledak pada penelitian pertama dan kedua tidak bisa di aplikasikan, karena jumlah maksimal lubang ledak di daerah penelitian <300 lubang ledak. Selain menambah jumlah lubang ledak, maka produksi juga meningkat sebesar 123.199,88 BCM pada penelitian pertama dan 429.654,51 BCM pada penelitian kedua.

D. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Berdasarkan data *ground vibration* hasil penelitian didapatkan nilai frekuensi getaran peledakan berada pada kisaran 5,2 Hz sampai 12 Hz, maka nilai ambang batas (NAB) sebesar 5 mm/s. Dengan nilai PPV 5,26 mm/s – 14,87 mm/s dengan jarak 200 m – 300 m dinyatakan tidak aman terhadap bangunan. Sedangkan nilai PPV 0,46 mm/s – 1,12 dengan jarak 400 m – 750 m dinyatakan aman terhadap bangunan.
2. Berdasarkan perhitungan prediksi nilai PPV yang mendekati nilai PPV aktual adalah persamaan USBM, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi

getaran tanah selanjutnya. Hasil nilai PPV menurut persamaan USBM yang memiliki rentang nilai yang cukup besar yaitu 4,90 mm/s untuk persamaan USBM dan 0,46 mm/s untuk data aktual, hal ini karena ada beberapa faktor yang menyebabkan yaitu personil, kesalahan pengukuran *ground vibration* di lapangan dan kesalahan pengukuran jarak lokasi peledakan dengan daerah pengukuran.

3. Persamaan rumus hubungan *peak particle velocity* (PPV) dengan *scale distance* (SD) yang didapatkan dari analisis data pengukuran *ground vibration* adalah $PPV = 1.331,9(SD)^{-1,972}$ dengan $R^2 = 0,4931$ dan $R = -0,702$. $R = -0,702$ menyatakan korelasi persamaan bersifat negatif dan kuat.
4. Berdasarkan hasil pengukuran *ground vibration* dengan menggunakan aplikasi *Blastware* didapatkan nilai konstanta peluruhan dengan tingkat kepercayaan 50% yaitu koefisien peluruhan sebesar -1,941 dan faktor batuan 2.200,4, sedangkan untuk tingkat kepercayaan 90% yaitu koefisien peluruhan sebesar -1,941 dan faktor batuan 5.018, 4.
5. Evaluasi rancangan *tie-up* dengan pengendalian tingkat getaran sudah optimal. Karena *tie-up* tersebut menghasilkan sedikit lubang ledak yang meledak bersamaan.
6. Optimalisasi bahan peledak menurut nilai ambang batas yang telah ditentukan yaitu 3 mm/s. Dengan jarak 300 m untuk handak / delay yang digunakan sebesar 100 Kg, sedangkan pada jarak 200 m sebesar 44,44 Kg.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1950. "USBM Alternatif Blasting Level Criteria (Adapted From RI 8507, 1950)". International Society Of Explosives Engineers (ISEE) Blasters Handbook™ 17th Edition, Fig : 36.6.
- Anonim. 2003. "Blastmate III Operator Manual & Blastware Operator Manual". Canada : Instantel inc.
- Ash, R.L. 1990. "Design of Blasting Round, Surface Mining", B.A Kennedy Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploition, Inc.
- Dowding, CH. 1985. "Blast Vibration Monitoring and Control", Northwestern University, Canada.
- Engin, I.C. 2008. "Practical Method Of Bench Blasting Design For Disired Fragmentation Base On Digital Emage Processing Technique And Kuz-ram Model". Afyon Kocatepe University : Turkey.
- Keputusan Menteri Lingkungan No. 49 Tahunm 1996, "Tentang Baku Tingkat Getaran", Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Konya, CJ. And Walter EJ. 1990, "Surface Blast Design", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Koesnaryo. S. 2001. "Teori Peledakan", Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara", Bandung.
- Marmer, Dwihandoyo, Ganda MS, Awang S. 2010. "Peran SNI 7571 : 2010 dan SNI 7570 : 2010 Dalam Kegiatan Peledakan Di Tambang Terbuka Di Indonesia". Jakarta : Prosiding PPI Standardisasi 2010.
- Standar Nasional Indonesia. 2010. "Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan". Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Yuliadi. 2010. “Kajian Prediksi Peak Particle Velocity Akibat Peledakan di Kuari D Tambang Batu Gamping PT Indocement Tunggul Prakasa Citeurep Bogor”. Bandung : Institut Teknologi Bandung.

