

KAJIAN *GROUND VIBRATION* DARI KEGIATAN *BLASTING* DEKAT KAWASAN PEMUKIMAN UNTUK MENCAPAI KONDISI AMAN DI PENAMBANGAN BATUBARA

Oleh :
Sundoyo¹

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di PT. Cipta Kridatama *site* PT. Mahakam Sumber Jaya di *Pit* CO, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Salah satu tahapan penambangan batubara di PT. CK adalah pengupasan lapisan tanah penutup. Kegiatan ini didahului dengan proses pemberaian menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Salah satu efek terhadap lingkungan dari kegiatan peledakan yaitu adanya *ground vibration*. Pengukuran *ground vibration* dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *peak particle velocity* (PPV). Dari data pengukuran *ground vibration* selama bulan Juni 2014 hingga Juli 2014 dilakukan analisis menggunakan metode statistika *regresi power*. Hasil analisis adalah persamaan rumus hubungan antara PPV dan *scale distance* (SD) yaitu $PPV = 1897 (SD)^{-1,6}$. Dengan lokasi penambangan yang berdekatan dengan kawasan pemukiman jarak yang paling dekat untuk lokasi peledakan selanjutnya adalah 500 meter.

Persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD, kemudian digunakan untuk menentukan isian bahan peledak maksimal/*delay* dan jarak yang aman untuk kegiatan peledakan yang didasarkan dari standar *ground vibration* PT. CK maksimal 3 mm/s. Dari batasan isian bahan peledak maksimal/*delay* dan jarak yang aman untuk kegiatan peledakan yang telah ditentukan, didapatkan batasan jarak pengukuran dan isian bahan peledak maksimal/*delay*, dengan jarak 500 meter didapatkan isian handak 78,84 kg/lubang, dan pada jarak 650 meter dengan isian handak 133,25 kg/lubang.

Hasil analisis yang dilakukan antara batasan jarak dan isian bahan peledak maksimal/*delay*, serta geometri peledakan (*RL. Ash*). Dilakukan peledakan pada tanggal 25 Juli 2014 terhadap lokasi pengukuran di rumah penduduk yang paling dekat dengan lokasi penambangan dengan jarak 500 meter, dengan isian handak 78,49 kg/lubang didapatkan nilai PPV sebesar 2,54 mm/s. Pada tanggal 31 juli 2014 dilakukan peledakan terhadap lokasi pengukuran di rumah penduduk yang paling dekat dengan lokasi penambangan dengan jarak 650 meter dengan isian handak 119,211 kg/lubang didapatkan PPV sebesar 2,33 mm/s. Dari hasil kegiatan peledakan yang dilakukan tersebut masih memiliki nilai PPV aktual dibawah standar *ground vibration* batas maksimal PT. Cipta Kridatama. Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7571:2010 dan memiliki ambang batas yang lebih baik dari Standar Nasional Indonesia yang mempunyai batasan 3 mm/s pada bangunan kelas 2 dengan frekuensi 0-5 Hz.

Kata kunci : Peledakan, *blasting*, *Ground Vibration*, *Peak Particle Velocity*, *scale Distance*.

¹ Dosen Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Cipta Kridatama melakukan kegiatan pengeboran dan peledakan di *site* PT. Mahakam Sumber Jaya pada Pit C0. Peledakan ini dilakukan untuk pembongkaran material tanah penutup (*over burden*) dalam kegiatan produksi batubara. Sasaran target produksi menyebabkan kegiatan pemboran dan peledakan dilakukan. Akibat kegiatan peledakan yang dilakukan timbul permasalahan, sesuai dengan kemajuan tambang semakin dekat dengan kawasan pemukiman. Jarak Pit C0 dengan kawasan pemukiman yang dilakukan peledakan yang terdekat adalah 500 meter, sehingga menjadi pertimbangan untuk *ground vibration* yang diharapkan tidak melebihi 3 mm/s sesuai dengan criteria SNI 7571 Tahun 2010.

Kegiatan peledakan akan selalu menghasilkan getaran atau gelombang seismik. Getaran tanah pada tingkat tertentu berpotensi merusak masa batuan sekitar peledakan. Oleh karena itu getaran sebagai efek dari peledakan tidak bisa diabaikan, karena dapat mengganggu serta berpengaruh terhadap kawasan pemukiman sekitar penambangan.

Pada prinsipnya rencana peledakan yang kurang tepat akan menghasilkan getaran tanah yang melebihi ambang batas aman yang telah ditentukan, oleh sebab itu getaran tanah hasil peledakan dapat dikontrol dengan rancangan peledakan yang baik. Berdasarkan rancangan peledakan yang diterapkan akan dapat diperkirakan besarnya getaran tanah dan akibatnya.

Getaran tanah hasil peledakan dilakukan untuk mendapatkan jumlah isian maksimal setiap lubang ledak yang berhubungan dengan jarak pengukuran dekat kawasan pemukiman, yang berjarak antara 350 meter sampai dengan 1000 meter dengan evaluasi geometri peledakan, pola rangkaian peledakan untuk mencapai getaran yang diinginkan dibawah batas maksimal yang ditentukan oleh perusahaan 3 mm/s pada lokasi penelitian.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah :

1. Melakukan analisis terhadap hasil pengukuran *ground vibration* dari kegiatan peledakan.
2. Menganalisis *ground vibration* untuk perhitungan *scale distance* dalam setiap kegiatan peledakan untuk mendapatkan hubungan antara PPV dan SD, W (isian bahan peledak) dan D (jarak peledakan terhadap tempat pengukuran *ground vibration* dengan *regresi power*.
3. Analisis geometri peledakan menurut RL. Ash dan membandingkan hasil peledakan *ground vibration* yang ditetapkan oleh perusahaan dengan standar *ground vibration* SNI 7571:2010.
4. Membuat rekomendasi yang didasarkan dari hasil evaluasi yang telah dilakukan, untuk dapat diterapkan pada kegiatan peledakan yang aman pada PT. Cipta Kridatama *site* PT. Mahakam Sumber Jaya yang berada dekat dengan kawasan pemukiman. dan analisa geometri peledakan yang digunakan dengan menggunakan acuan rumus *RL. Ash*.

2. Hasil Penelitian

kegiatan pemboran di Pit C0 menggunakan alat bor tipe unit SKF MD 6290 CAT dengan menggunakan prinsip *Hidraulic rotary* dengan diameter mata bor (*bit*) 77/8 (200 mm) yang dapat berproduksi 80 meter/jam.

Pemboran di *Pit C0* ini dilakukan dengan kontrol kedalaman lubang bor. yang mempunyai jarak berdekatan dengan pemukiman. Hal ini dilakukan untuk kontrol getaran akibat kegiatan peledakan. Secara teori, semakin sedikit bahan peledak yang digunakan maka getaran yang dihasilkan pun akan semakin kecil.

2.1. Pola dan Arah Pemboran

Pola pemboran yang digunakan di *Pit C0* adalah *stagerred* / zig-zag/selang-seling. Pola ini dipakai untuk mendapatkan distribusi energi ledakan yang optimal pada saat peledakan. Arah pemboran yang diterapkan adalah pola pemboran tegak, dengan perbandingan jarak *burden* sebesar 8 - 10 meter dan *spasi* sebesar 9 - 11 meter.

2.2. Perlengkapan dan Peralatan Peledakan

2.2.1. Perlengkapan Peledakan

Perlengkapan peledakan yang digunakan di PT. Cipta Kridatama *Pit C0* diantaranya adalah :

1. *Emulsion* yaitu sebesar 70 % dan *Amonium Nitrate Dry* sebesar 30 %.
2. *Booster* yang digunakan dengan berat 400 gr (0.4 kg)
3. *Surface delay* dengan spesifikasi waktu 25ms, 42ms, 67ms, dan 109ms
4. *Inhole delay* 500 ms dengan panjang 6 meter, 9 meter dan 12 meter.
5. Detonator listrik dengan panjang *lead wire* /LIL 2300 - 1200 m untuk *initiation point*.

2.2.2. Peralatan Peledakan

Adapun peralatan peledakan yang digunakan di PT. Cipta Kridatama *Pit C0* adalah :

1. *Blasting machine*
2. *Blasting ohm meter*
3. Cangkul
4. *Cutter*
5. *Stick* (digunakan untuk stemming)
6. *Plascon*

2.3 Geometri peledakan

Tabel 1. Geometri peledakan Juni 2014

No	Date	ID-Location	Burden	Spacing	Sub Drill	No of Holes	Depth Holes	Average Depth Holes	DTH	
			meter	meter	cm	Hole	meter	meter	Explosive consumption	Coloum Stemming
									Kg	m
1	3-Jun-14	C0-1E+000-0306	9.0	10.0	32.5	108	1,168.90	10.8231	26,011.0	4.92
2	4-Jun-14	C0-1E+000-0406	9.0	10.0	32.9	96	1,053.60	10.9750	24,486.0	4.72
3	5-Jun-14	C0-1E+046-0506	9.0	10.0	33.3	78	866.70	11.1115	18,272.0	5.37
4	6-Jun-14	C0-1E+000-0606	8.5	9.5	33.6	76	852.10	11.2118	18,694.0	5.18
5	7-Jun-14	C0-1E+035-0706	9.0	10.0	15.2	111	561.40	5.0577	8,137.0	3.26
6	10-Jun-14	C0-1E+001-1006	8.5	9.5	32.2	81	869.30	10.7321	18,725.0	5.07
7	11-Jun-14	C0-1E+001-1106	9.0	10.0	32.3	105	1,131.50	10.7762	24,372.0	5.09
8	12-Jun-14	C0-1E+003-1206	9.0	10.0	24.1	101	810.60	8.0257	16,026.0	4.14
9	13-Jun-14	C0-1E+035-1306	8.0	9.00	20.1	143	960.20	6.7147	17,623.0	3.69
10	14-Jun-14	C0-1E+035-1406	8.0	9.0	17.9	157	935.80	5.9605	15,273.0	3.58
11	16-Jun-14	C0-1E+050-1606	9.0	10.0	37.8	84	1,057.30	12.58690	24,798.0	5.35
12	17-Jun-14	C0-1E+031-1706	9.0	10.0	38.1	84	1,067.80	12.71190	25,184.0	5.36
13	18-Jun-14	C0-1E+046-1806	9.0	10.0	38.4	78	998.00	12.79487	25,588.0	4.75
14	19-Jun-14	C0-1E+006-1906	9.0	10.0	21.7	156	1,129.00	7.2372	23,496.0	3.55
15	20-Jun-14	C0-1E+010-2006	9.0	10.0	20.0	157	1,045.60	6.65987	18,769.0	3.73
16	21-Jun-14	C0-1E+030-2106	9.0	10.0	30.0	67	670.00	10.00000	14,063.0	4.86
17	22-Jun-14	C0-1E+030-2206	9.0	10.0	27.0	103	927.10	9.00097	19,964.0	4.25
18	23-Jun-14	C0-1E+010-2306	9.0	10.0	25.2	106	889.20	8.38868	18,495.0	4.11
19	24-Jun-14	C0-1E+060-2406	9.0	10.0	9.0	119	981.10	8.24454	20,086.0	4.11
20	25-Jun-14	C0-1E+030-2506	9.0	10.0	24.8	139	1,147.40	8.25468	21,527.0	4.46
21	26-Jun-14	C0-1E+032-2606	9.0	10.0	41.7	54	750.90	13.90556	20,203.0	4.74
22	27-Jun-14	C0-1E+034-2706	9.0	10.0	41.4	62	854.90	13.78871	24,080.0	4.27
23	28-Jun-14	C0-1E+033-2806	9.0	10.0	39.8	81	1,075.20	13.27407	29,674.0	4.30
24	29-Jun-14	C0-1E+030-2906	9.5	10.5	33.0	114	1,254.21	11.00184	24,690.0	5.69
25	30-Jun-14	C0-1E+033-3006	9.0	10.0	36.2	100	1,206.60	12.06600	30,008.0	4.71

Tabel 2. Geometri peledakan Juli 2014

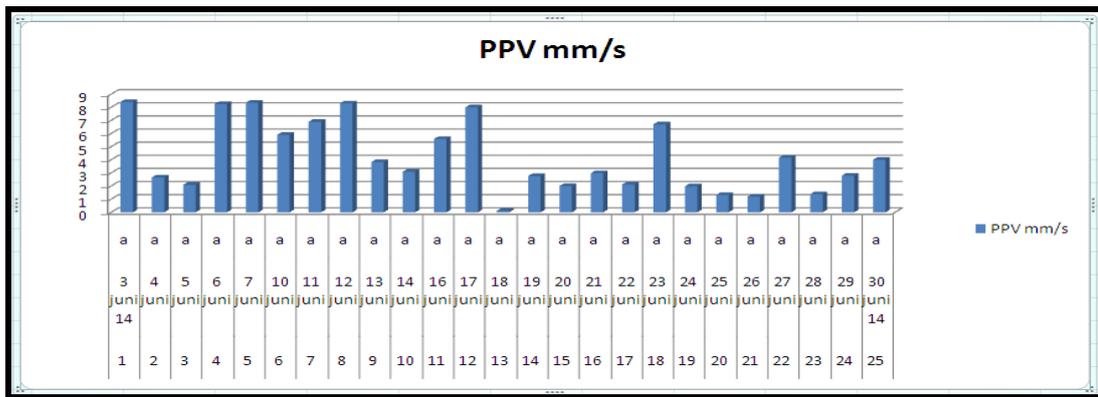
No	Date	ID-Location	Burden	Spacing	Sub Drill	Sum	Depth Holes	Average Depth Hole	DTH	Stemming
			meter	meter	cm	Hole	meter	meter	Kg	m
1	1-Jul-14	C0-1E+000-0107	9.0	10.0	40.5	61	822.80	13.4885	19,569.0	5.63
2	2-Jul-14	C0-1E+020-0207	9.0	10.0	31.1	110	1,140.70	10.3700	24,650.0	4.88
3	3-Jul-14	C0-1E+030-0307	9.0	10.0	25.0	40	332.90	8.3225	6,890.0	4.10
		C0-1E+020-0307	9.0	10.0	32.8	79	863.30	10.9278	18,327.0	4.10
4	4-Jul-14	C0-1E+020-0407	9.0	10.0	30.4	62	629.00	10.1452	12,981.0	5.01
5	5-Jul-14	C0-1E+050-0507	9.0	10.0	31.1	75	777.20	10.3627	15,814.0	5.19
6	13-Jul-14	C0-1E+050-1307	9.0	10.00	28.3	115	1,084.50	9.4304	20,656.0	4.00
		C0-1E+010-1307	9.0	10.00	33.7	69	775.80	11.2435	18,612.0	5.10
7	14-Jul-14	C0-1E+020-1407	9.0	10.0	31.1	139	1,439.20	10.3540	31,957.0	4.30
8	15-Jul-14	C0-1E+020-1507	9.0	10.0	34.3	92	1,052.60	11.4413	26,226.0	4.20
9	16-Jul-14	C0-1E+039-1607	9.0	10.0	38.3	29	370.10	12.76207	8,726.0	4.30
		C0-1E+020-1607	9.0	10.0	31.3	81	845.90	10.44321	18,626.0	4.00
10	17-Jul-14	C0-1E+010-1707	9.0	10.0	32.3	71	763.30	10.75070	16,683.0	4.10
		C0-1E+040-1707	9.0	10.0	23.3	32	248.70	7.77188	5,032.0	5.01
11	18-Jul-14	C0-1E+000-1807	9.0	10.0	31.0	61	629.60	10.32131	13,285.0	5.19
		C0-1E+025-1807	9.0	10.0	34.7	69	797.80	11.56232	18,546.0	4.00
12	19-Jul-14	C0-1E+018-1907	10.0	11.0	50.6	56	944.20	16.8607	24,905.0	5.10
13	20-Jul-14	C0-1E+012-2007	10.0	11.0	37.5	64	799.80	12.49688	19,829.0	4.30
14	22-Jul-14	C0-1E+058-2207	9.0	10.0	34.1	96	1,092.70	11.38229	24,469.0	4.20

2.4. Pola Rangkaian

Zig-zag (*staggered*), *row by row* adalah pola rangkaian yang digunakan di *Pit C0*. Berdasarkan system inisiasi arah runtunan dari kegiatan peledakan yang dilakukan adalah *Box Cut*.

2.5. Pengukuran Ground Vibration

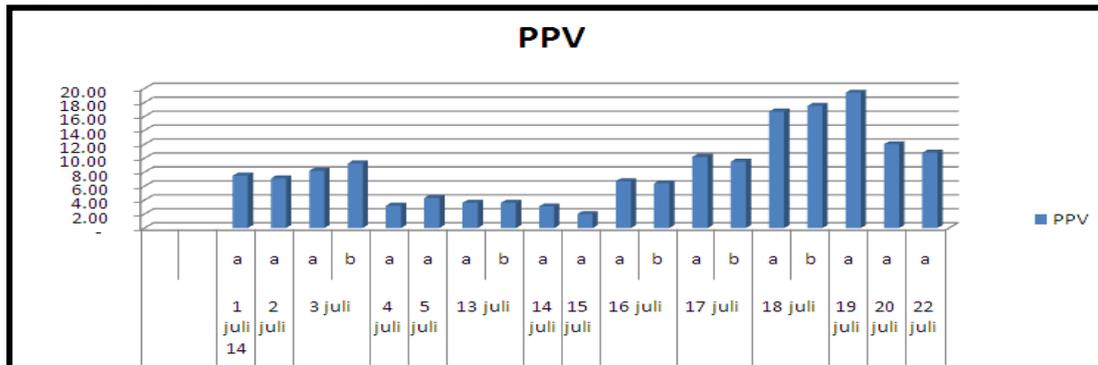
Dari kegiatan peledakan yang dilakukan selama 44 kali dan diukur dengan menggunakan alat *Blastmate III*, didapat bahwa *ground vibration* akibat kegiatan peledakan sebagian besar hasil getarannya tidak berada pada batas aman terhadap kawasan pemukiman / bangunan berdasarkan SNI maupun *USBM*. Hal ini berarti geometri peledakan yang diterapkan selama kegiatan peledakan di *Pit C0* tidak cukup bagus.



Keterangan : PPV (*Peak Particle Velocity*) mm/s.

Gambar 1. Hasil Pengukuran Vibrasi Bulan Juni 2014

Pada bulan Juni 2014, *ground vibration* paling besar mencapai 8.41 mm/s yaitu pada peledakan tanggal 03 Juni 2014 dengan jarak 500 m dan *charge weight* sebesar 240,8 *kg/delay* dan yang paling kecil mencapai 1,2 mm/s yaitu pada peledakan tanggal 26 Juni 2014 dengan jarak 800 m dan *charge weight* sebesar 374,1 *kg/delay* Bahkan bisa dikatakan hanya 28 % getaran hasil peledakan masih berada di bawah 3,00 mm/s. ini masih dibawah standart SNI maupun *USBM* yang dapat mengakibatkan kerusakan yaitu > 3mm /s.



Keterangan : PPV (*Peak Particle Velocity*) mm/s.

Gambar 2. Hasil Pengukuran Vibrasi Bulan Juli 2014

Pada bulan Juli, 2014 *ground vibration* yang didapat juga sebagian besar berada diatas pada batas aman yang diijinkan berdasarkan SNI ataupun *USBM*. Pada

grafik di atas getaran yang didapat paling besar adalah pada tanggal 19 Juli sebesar 19,4 mm/s dengan kedalaman rata – rata lubang ledak 16,8 meter, pada jarak pengukuran 350 meter dan *charge weight* sebesar 444.7 kg/delay.

Dari kedua grafik di atas dapat dikatakan bahwa geometri yang digunakan dalam peledakan di *Pit Co* tidak cukup bagus. Getaran peledakannya tidak berada pada batas aman berdasarkan SNI dan *USBM*. Bahkan bisa dikatakan hanya 0.6 % getaran hasil peledakan masih berada di bawah 3.00 mm/s pada bulan juli 2014.

2.6. Analisis Hasil Pengukuran *Ground Vibration*.

$$PPV = K \cdot \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6} = (SD)^{-1.6} \cdot K$$

Keterangan :

- PPV : *Peak Particle Velocity*
 SD : *Scale distance (m/kg^{1/2})*
 K : *Konstanta*
 D : *Distance (jarak pengukuran)*.

(sumber : *USBM Oriard' formula*)

Berdasarkan rumus yang sama, dilakukan perhitungan nilai (K) pada data yang didapatkan selama tanggal 04 Juni 2014 sampai dengan 22 Juli 2014. diperoleh nilai (K) rata – rata adalah 1897.

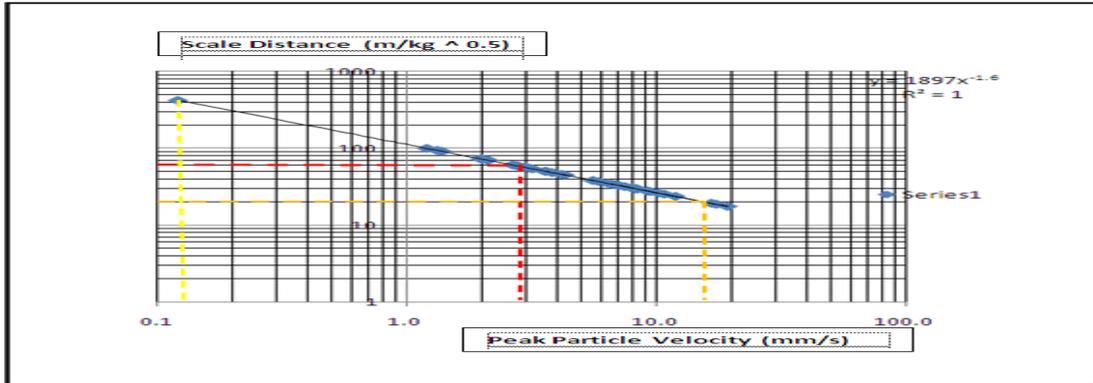
Berdasarkan perhitungan nilai (K) tersebut, kemudian digunakan untuk mencari nilai prediksi isian maksimal bahan peledakan terhadap nilai *ground vibration* yang aman dan sudah ditentukan oleh perusahaan yaitu 3 mm/s. Selanjutnya hasil perhitungan untuk besaran *charge weight*.

$$W = \left[\frac{D}{\left(\frac{PPV}{K} \right)^{-1.6}} \right]^2$$

Tabel 3. Prediksi isian bahan peledak maksimal terhadap jarak ukur

Konstanta (K)	Distance	PPV max	W kg/lubang
1897	500	3	78.84
1897	550	3	95.40
1897	600	3	113.53
1897	650	3	133.24
1897	700	3	154.53
1897	750	3	177.39
1897	800	3	201.84
1897	850	3	227.85
1897	900	3	255.45
1897	950	3	284.62
1897	1000	3	315.37

2.7 Scaled Distance



Gambar 3. hubungan PPV dan SD

Dari pembacaan grafik *log* hasil kegiatan peledakan bulan Juni – Juli 2014 diatas, dapat diketahui bahwa hubungan semakin besar nilai *scale distance* maka akan berpengaruh besar terhadap nilai dari *ground vibration* yang akan semakin kecil, dan sebaliknya semakin kecil nilai dari *scale distance* maka akan berpengaruh besar terhadap nilai *ground vibration* yang akan semakin besar.

Nilai *scale distance* dipengaruhi oleh isian bahan peledak (*charge weight*). Jika pada jarak yang sama, semakin besar *charge weight* maka *scale distance* akan semakin kecil dan *ground vibration* akan semakin besar. Hal yang serupa juga dengan jarak, dimana semakin jauh jarak pengukuran dengan lokasi peledakan, maka *ground vibration* yang dihasilkan pun akan semakin kecil. Untuk mengetahui hubungan antara jarak dan jumlah isian bahan peledakmaksimal/*delay*, maka harus diketahui dulu nilai SD yang dapat diketahui dari persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD. Dengan memasukkan batasan nilai PPV maksimal yang telah ditentukan perusahaan. Dengan batasan nilai *peak particle velocity* (PPV) 3 mm/s, maka nilai SD yang diperoleh adalah :

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}} \text{ , dan, } PPV = K (SD)^{-1.6}$$

$$PPV_{max} = K . (SD)^{-1.6}$$

$$3 \text{ mm/s} = 1897 . (SD)^{-1.6}$$

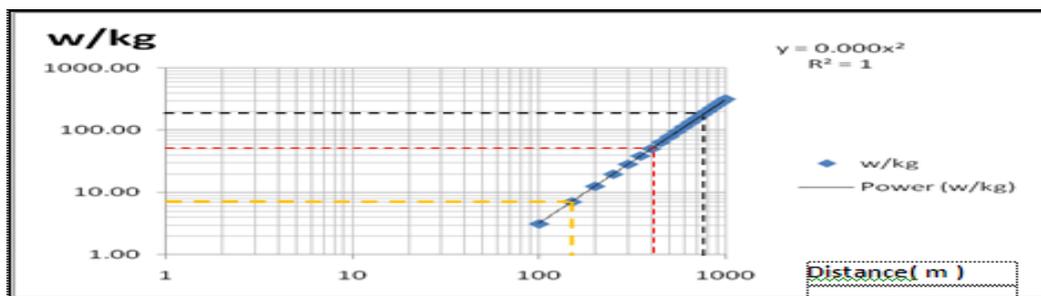
$$SD = 56,31$$

Berdasarkan $SD = 56,31$ dapat diketahui berapa muatan maksimal bahan peledak per *delay* dengan *ground vibration* yang masih berada dibawah 3 mm/s.

Tabel 4. Hubungan antara jarak dan jumlah isian maksimal bahan peledak

PPVmax	SD	Distance	w/kg
3	56.31	500	78.84
3	56.31	550	95.40
3	56.31	600	113.54

PPVmax	SD	Distance	w/kg
3	56.31	650	133.25
3	56.31	700	154.53
3	56.31	750	177.40
3	56.31	800	201.84
3	56.31	850	227.86
3	56.31	900	255.45
3	56.31	950	284.63
3	56.31	1000	315.38



Gambar 4. Hubungan W/kg dan Distance

Untuk mendapatkan maksimal *peak particle velocity* (PPV) 3 mm/s di Pit C0. Setelah dilakukan perhitungan ulang, maka didapatkan ukuran *Burden* 9,5 m, *Spasi* 11 m, *Kedalaman lubang ledak* 14,2 m, *Subdrill* 1,9 m. *Steaming* 6,65 m, *PC* 7,6 m.

Dilakukan peledakan pada Tanggal 25 dan 31 juli dengan menggunakan acuan batasan geometri peledakan menurut RL. Ash, maupun *scale distance*. hubungan antara jarak pengukuran dan isian maksimal bahan peledak pada setiap lubang ledak sesuai dengan perhitungan di atas dapat dilihat (Tabel 5).

Tabel 5. Tabel kegiatan peledakan tanggal 25 dan 31 Juli 2014

No	Date	ID-Location	Burden meter	Spacing meter	Sub Drill m	Sum Hole	Average Depth Holes meter	Explosive Consumption Kg	Steming m	Distance	PPV Aktual	
										jarak ukur meter		W kg/lubang
1	25-Jul-14	CO-1E+000-2507	9.5	11.0	1.9	132	10.47424	10360.28	6.65	500.00	78.49	2.54
2	31-Jul-14	CO-1E+058-3107	9.5	11.0	1.9	74	11.32176	8821.37	6.50	650.00	119.21	2.33

Berdasarkan kegiatan peledakan yang dilakukan pada tanggal 25 Juli 2014 dengan jarak pengukuran 500 m, jumlah lubang bor 132 lubang, jumlah isian bahan peledak per lubang 78,49 kg, dihasilkan *peak particle velocity* (PPV) sebesar 2,54 mm/s. Sedangkan pada tanggal 31 Juli 2014 dengan jarak pengukuran 650 m, dengan jumlah lubang bor 74 lubang, jumlah isian bahan peledak per lubang 119,21 kg, maka didapatkan *peak particle velocity* (PPV) sebesar 2,33 mm/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Ash, RL. (1990). *Design of Blasting Round, Surface Mining*. B.A Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc
- Dowding Charles H, 1984, *Blast Vibration Monitoring and Control*, Northwestern University, USA
- Koesnaryo S., 2001. *Rancangan Peledakan Batuan*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Kusuma Atmaja Sarwono., 1996. *Baku Tingkat Getaran*, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: Kep- 49/MENLH/11/1996, Jakarta.
- Marmar, Dwiandoyo., 2008. *Dampak Peledakan*, Diklat Kursus Juru Ledak Kelas I, Bandung.
- Suwandi, A, 2009, “*Diktat Kursus Juru Ledak XIV pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*”, Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung,
- Supriyatna., Rustandi E.,1991. *Peta Geologi Lembar Samarinda*. Direktorat Geologi, Bandung Sekala 1 : 250.000
- Tim Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara., 2004. *Modul Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian*, Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
-,2003. *Blastmate III Operator Manual*, InstanTel Inc, Canada, Printed in Canada.
-,2010. *Standar Nasional Indonesia 7571:2010*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
-,2011. *Pengukuran Vibrasi Peledakan PT. Cipta Kridatama*, Tenggara.
- http://agassimblog.files.wordpress.com/2010/02/perencanaan_peledakan.pdf
- <http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/178082331.pdf>.