

ANALISIS PENENTUAN OPTIMUM INTERSHOT DELAY TIMING DENGAN SIGNATURE HOLE ANALYSIS METHOD UNTUK MENGONTROL GETARAN TANAH HASIL PELEDAKAN DI PIT CENTRAL PADA PT ADARO INDONESIA TABALONG KALIMANTAN SELATAN

Togi Saut Sinta Siagian, Anaizer Halawa dan Bungaran Tambun

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Sains Dan Teknologi TD Pardede
Jl. DR. TD. Pardede No. 8 Medan 20153

Email : togishinta@gmail.com¹, halawaftm@gmail.com², bungarant@gmail.com³

ABSTRAK

Peledakan merupakan salah satu kegiatan penambangan untuk membongkar batuan penutup (*over burden*). Kegiatan peledakan dapat menimbulkan dampak lingkungan berupa getaran tanah (*ground vibration*). Pada tingkat tertentu apabila telah melampaui ambang batas yang ditentukan, getaran tanah dapat mengakibatkan kerusakan bangunan/infrastruktur yang berada pada daerah sekitar lokasi peledakan khususnya area kritikal Tangki Pertamina. Tujuan penelitian yaitu menentukan optimum *intershot delay timing* dan isian bahan peledak per *delay* berdasarkan simulasi *signature hole analysis* untuk memperoleh nilai konstanta K dan m *eksponen insitu* untuk perhitungan PPV dan *Scaled Distance* (SD). Ingin membandingkan standar getaran tanah yang ditetapkan di *site* Adaro dengan standar getaran tanah SNI 7571 tahun 2010 untuk penentuan kelas bangunan serta mengetahui Peak Vektor Sum (PVS) akibat kegiatan peledakan pada lokasi Pit Central. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode survey dan komparatif. Berdasarkan hasil *Simulasi Signature Hole Analysis* maka didapatkan *delay konfigurasi* yang optimum untuk kegiatan peledakan lubang produksi lokasi Pit Central adalah pada *Inter Hole delay* 95 ms dan *Inter Row delay* 60 ms dan dilakukan analisis *regresi power* dengan menggunakan perangkat lunak *Blastware* untuk mendapatkan konstanta K dan m di dapat dengan nilai koefisien $k = 3698$ dan $m = -1,81$ sehingga rekomendasi isian pada *Peak Particle Velocity* (PPV) senilai 2 mm/s diperoleh isian maksimum untuk jarak 1000 m yaitu 249 kg. Data getaran lubang produksi Pit Central yang diambil pada area kritikal Tangki PT Pertamina dari jarak 388 - 968 m. Hasil koreksi perhitungan menunjukkan nilai PPV Prediksi dan PPV Aktual memiliki perbedaan tingkat getaran dengan rata rata perbedaanya sebesar 8 % lebih pada getaran prediksi. Hasil koreksi tersebut menunjukkan bahwa nilai rekomendasi isian bahan peledak maksimum per *delay* sesuai dengan kebijakan PT Adaro Indonesia, dimana nilai kecepatan maksimum sebesar 2 mm/s. Penentuan dari ketetapan nilai kecepatan maksimum disite adaro masuk kedalam kelas 1 sebesar 2 mm/s tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7571 Tahun 2010 yang menetapkan nilai ambang batas untuk Tangki Pertamina kedalam bangunan kelas 4 yaitu 7-20 mm/s. Hasil pengukuran *peak vector sum* dan perhitungan dengan teori *Scaled distance* (SD) menunjukkan bahwa tidak ada nilai *Peak Vector Sum* (PVS) yang melebihi ambang batas 2 mm/s untuk lokasi Tangki Pertamina.

Kata Kunci: Getaran tanah, *Peak Particle Velocity* (PPV), *Signature Hole Analysis* (SHA), Tangki Pertamina

ABSTRACT

Blasting is one of the mining activities to dismantle overburden. Blasting activities can cause environmental impacts in the form of ground vibration. At a certain level, if it has exceeded the specified threshold, ground vibrations can cause damage to buildings/infrastructure located in the area around the blasting location, especially the critical area of the Pertamina tank. The purpose of this research is to determine the optimum intershot delay timing and explosive charge per delay based on the simulation of signature hole analysis to obtain the constant value of K and m exponent in situ for PPV and Scaled Distance (SD) calculations. Want to compare the ground vibration standard set at the Adaro site with the ground vibration standard SNI 7571 of 2010 for building class determination and to find out the Peak Vector Sum (PVS) due to blasting activities at the Central Pit location. The research method used is survey and comparative method. Based on the results of the Signature Hole Analysis simulation, the optimum configuration delay for blasting production pits at the Pit Central location is Inter Hole delay of 95 ms and Inter Row delay of 60 ms and power regression analysis is performed using Blastware software

Jurnal Teknologi Informasi dan Industri | 159

Togi Saut Sinta Siagian, Anaizer Halawa dan Bungaran Tambun
ANALISIS PENENTUAN OPTIMUM INTERSHOT DELAY TIMING DENGAN SIGNATURE HOLE ANALYSIS
METHOD UNTUK MENGONTROL GETARAN TANAH HASIL PELEDAKAN DI PIT CENTRAL PADA PT
ADARO INDONESIA TABALONG KALIMANTAN SELATAN

to obtain constants K and m at it can be with the coefficient value of $k = 3698$ and $m = -1.81$ so that the recommended filling for Peak Particle Velocity (PPV) of 2 mm/s obtained the maximum filling for a distance of 1000 m, which is 249 kg. Pit Central production pit vibration data taken in a critical area of the PT Pertamina Tank from a distance of 388 - 968 m. The calculation correction results show that the Predicted PPV and Actual PPV have different vibration levels with an average difference of more than 8% in the predicted vibration. The correction results indicate that the recommended maximum explosive charge per delay is in accordance with PT Adaro Indonesia's policy, where the maximum speed value is 2 mm/s. Determination of the determination of the maximum speed value at Adaro's site entering class 1 of 2 mm/s is not in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) 7571 Year 2010 which stipulates the threshold value for Pertamina Tanks into class 4 buildings, which is 7-20 mm/s. The results of peak vector sum measurements and calculations using Scaled distance (SD) theory show that there is no Peak Vector Sum (PVS) value that exceeds the 2 mm/s threshold for the Pertamina Tank location.

Keywords: Vibration, Peak Particle Velocity (PPV), Signature Hole Analysis (SHA), Pertamina Tank

1. Pendahuluan

Peledakan merupakan salah satu kegiatan penambangan untuk membongkar batuan penutup (*overburden*). Dari kegiatan peledakan tersebut dapat menimbulkan dampak lingkungan berupa getaran tanah (*ground vibration*). Pada tingkat tertentu apabila telah melampaui ambang batas yang ditentukan, getaran tanah tersebut dapat mengakibatkan kerusakan bangunan/infrastruktur yang berada pada daerah sekitar lokasi peledakan. Untuk menentukan potensi kerusakan dapat diukur berdasarkan kecepatan partikel.

Penelitian ini dilaksanakan di Site Central yang lokasinya *relative* berdekatan dengan area kritikal PT Pertamina (Persero) yaitu Tangki Minyak. Dikhawatirkan kegiatan peledakan pada Site Central dapat mengakibatkan adanya isu terkait getaran tanah (*ground vibration level*) yang tidak sesuai dengan SNI 7571 Tahun 2010 yang berdampak terhadap kerusakan pada infrastruktur milik PT Pertamina (Persero). Nilai kecepatan maksimum dalam suatu kegiatan peledakan di site Adaro adalah 2 mm/s.

Menanggapi persoalan di atas, getaran yang dihasilkan dari peledakan harus dikontrol dengan menggunakan metode *Signature Hole Analysis* (SHA). SHA adalah cara untuk menentukan nilai konstanta K dan m *eksponen insitu* pada perhitungan *Peak Particle Velocity* (PPV) yang selama ini ditentukan berdasarkan asumsi.

Maksud

Adapun maksud dari penelitian ini adalah melakukan *signature hole analysis* pengontrol getaran tanah akibat kegiatan peledakan

Tujuan

Dari pendahuluan dan maksud penelitian, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan optimum *intershot delay timing* dan isian bahan peledak per *delay* berdasarkan simulasi *signature hole analysis* untuk memperoleh nilai konstanta K dan m *eksponen insitu* untuk perhitungan PPV dan *Scaled Distance* (SD).
2. Membandingkan standar getaran tanah yang ditetapkan di *site* Adaro dengan standar getaran tanah SNI 7571 tahun 2010 untuk penentuan kelas bangunan.
3. Mengetahui Peak Vektor Sum (PVS) akibat kegiatan peledakan pada lokasi Pit Central.

2. Metode Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan pekerjaan penelitian adalah studi literatur, observasi, tahapan pengambilan data di lapangan, pengolahan data, pembahasan, kesimpulan.

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dibagi atas 2 data yaitu :

- a. Data primer yaitu data yang dikumpulkan secara langsung di lapangan, seperti
 1. Hasil pengujian *Signature Hole Analysis* (SHA).
 2. Geometri dan rangkaian peledakan.
 3. Data jarak area peledakan kelokasi pengukuran.
 4. Isian bahan peledak per *delay*.
 5. Hasil pengukuran getaran tanah akibat peledakan.
- b. Data Sekunder adalah data yang diperoleh melalui pihak lain, tidak langsung diperoleh oleh peneliti dari Objek penelitiannya. Dilakukan melalui wawancara, Studi Literatur yang sudah ada mencari dan mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan antara lain:

1. Peta kondisi dan kesampaian daerah departemen geologi.
2. Peta lokasi penambangan dari departemen *mine development*.
3. Spesifikasi peralatan, perlengkapan peledakan dan bahan peledak.
4. Data *loading sheet* harian *actual* dari departemen *blasting*.

2. Pengolahan Data

Setelah data pengujian SHA diperoleh dilakukanlah pengolahan dan analisis terhadap data-data tersebut. Pengolahan data tersebut dilakukan dengan bantuan beberapa *software* yaitu *Software Blastware* (untuk memperoleh konstanta K dan m, rekomendasi isian dan nilai *inter hole* dan *inter row*) dan *Microsoft Excel*.

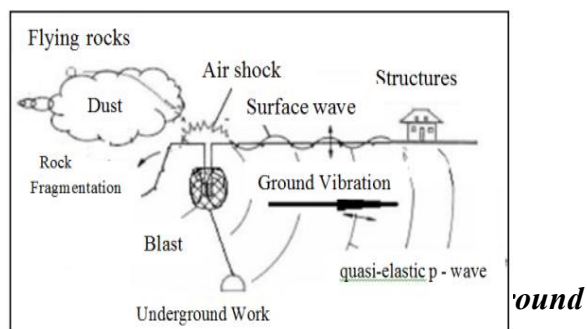
3. Tinjauan Pustaka

Pengertian Peledakan

Peledakan merupakan suatu kegiatan pemecahan material kompak (batuan) dengan menggunakan bahan peledak yang umumnya berasal dari bahan – bahan kimia tertentu. Kegiatan Peledakan dilakukan karena alat gali (*excavator*) tidak mampu untuk membongkar batuan. Kegiatan peledakan dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan seperti Gambar 1, maka perencanaan dan rancangan secara terukur perlu dilakukan.

Untuk kegiatan peledakan ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar kegiatan peledakan berhasil sesuai dengan rencana (*Engineering Rock Blasting Operation*, Sushil Bhandari, 1997):

1. Karakteristik bahan peledak yang digunakan.
2. Kekerasan massa batuan.
3. Memperhatikan geometri peledakan.
4. Menjalankan prosedur operasional standar yang sudah ditetapkan.



Getaran tanah (*Ground Vibration*) 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 (SNI 7571:2010).

Pada dasarnya faktor-faktor yang tidak dapat dikontrol yaitu yang berhubungan dengan kondisi alam, geologi, dan geomekanik. Sedangkan faktor-faktor yang dapat dikontrol diantaranya yaitu jumlah isian bahan peledak per waktu tunda, jarak dari lokasi peledakan, waktu tunda, geometri peledakan, jenis bahan peledak dan arah peledakan.

Hukum Scaled Distance (SD)

Scaled Distance (SD) adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scaled Distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran dan energi ledakan di udara. *Scale distance* memungkinkan pelaksana lapangan menentukan jumlah bahan peledak yang diperlukan atau jarak aman untuk muatan bahan peledak yang jumlahnya telah ditentukan. Persamaan tersebut dinyatakan sebagai berikut (Hustrulid, 1999):

$$SD = \frac{D}{W^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

D = jarak dari alat perekam terhadap lokasi peledakan (m)

W = total berat bahan peledak yang meledak per waktu tunda (kg)

Persamaan Peak Particle Velocity (PPV)

Parameter *peak particle velocity* (PPV) biasanya digunakan untuk menjadi kriteria kerusakan struktur. Analisis dilakukan terhadap hubungan antara *log peak particle velocity* dengan *log square root scaling* (*Scaled Distance*) yaitu dengan penggambaran grafik regresi power dalam skala log, hal ini dilakukan untuk mengetahui penyebaran data dan kecenderungan arah data.

$$PPV = K \left(\frac{D}{W^{\frac{1}{2}}} \right)^m \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

D = Jarak dari lokasi peledakan ke titik monitoring

W = Berat bahan peledak per waktu tunda

K = Konstanta terkait dengan kondisi lokasi

M = Eksponen yang terkait dengan kondisi lokasi

Analisis signature Hole Untuk Mengontrol Getaran

Signature Hole Analysis (SHA) adalah suatu analisis yang dilakukan untuk mengontrol getaran tanah yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan. Metode ini memanfaatkan penggunaan sinyal gelombang berdasarkan sifat seismik dan karakteristik geologi lokasi peledakan. Simulasi yang dianalisis berupa data-data yang mengilustrasikan *interval delay* antara

lubang-lubang *signature* sehingga dapat meminimalkan energi getaran yang menuju daerah kritikal.

Perhitungan *signature hole analysis* mengikuti prinsip superposisi linier dimana terdapat perhitungan Resultan dari 3 gelombang (Tranversal, Vertikal, dan Longitudinal) untuk mendapatkan nilai PPV seperti persamaan berikut.

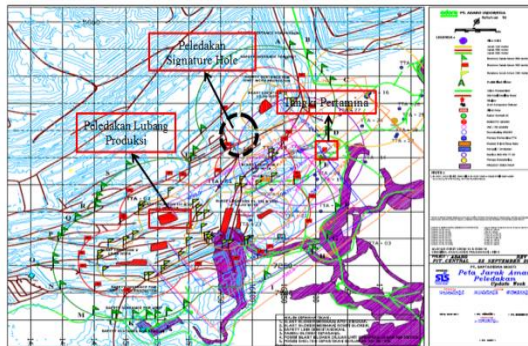
$$PPV = \sqrt{T^2 + V^2 + L^2} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- T = Gelombang Tranversal
V = Gelombang Vertikal
L = Gelombang Longitudinal

4. Hasil dan Pembahasan Peledakan Signature Hole

Lokasi Penelitian terdapat pada IUP Operasi Batubara PT Adaro Indonesia yang dikerjakan oleh Sub-kontraktor PT DAHANA (Persero). Lokasi penelitian di Pit Central, Kecamatan Haruai, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Dimana Pit Central tersebut berdekatan dengan area kritikal, dalam penelitian kali ini lokasi kritikal berada di area Tangki Pertamina. Dalam pengambilan tingkat getaran tanah, digunakan alat *Blastmate III* untuk mengukur getaran tanah yang dihasilkan dari peledakan. Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.

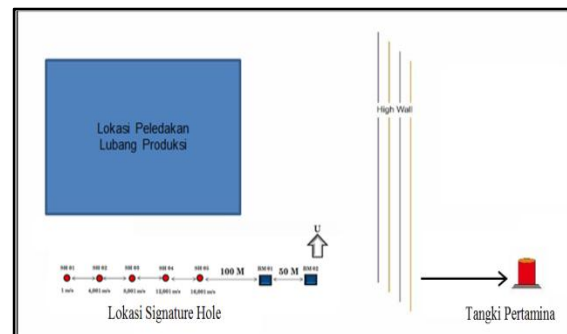


Geometri peledakan *signature hole* yang dilakukan di Pit Central di dapatkan dari *blasting engineer* kontraktor sebagai pelaksana kegiatan. Burden dan spasi yang digunakan adalah 9 m x 10 m dengan kedalaman lubang bor 5 m dan isian per lubang 40 kg. Penyalaan peledakan menggunakan *Electronic Delay Detonator* (EDD) dengan maksimum *delay* yang dapat digunakan dalam setiap peledakan sebesar 20.000 mm/ss. **Tabel 1.** menunjukkan data parameter peledakan *signature hole*.

Tabel 1. Parameter Peledakan *Signature Hole*

No	Parameter Geometri Peledakan Signature Hole	Keterangan
1	Burden	9 m
2	Spasi	10 m
3	Kedalaman Lubang	5 m
4	Diameter Lubang	200 mm (7 7/8 in)
5	Isian Bahan Peledak per Delay	40 kg
6	Bentuk Lubang	Vertikal
7	Detonator Peledakan	Electronic Delay Detonator (EDD)
8	Tipe Inisiasi	Echelon
9	Pola Peledakan	Rectangular Staggered
10	Sistem Delay	3000 ms (Inter-hole)

Peledakan *signature hole* dilakukan secara berkala setiap 6 bulan sekali yang bertujuan menentukan *delay optimal* untuk peledakan lubang produksi, sehingga hasil getaran yang dihasilkan dapat berkurang. Kegiatan peledakan *signature hole* dilakukan sesuai dengan lokasi peledakan lubang produksi, dimana peledakan *signature hole* diledakkan terlebih dahulu yang disusul dengan peledakan lubang produksi.



Berikut **tabel 2.** data Hasil Pengukuran Signature Hole

ID	Koordinat			Depth (m)	Isian (kg)	Delay (mm/s)	Jarak (m)			PVS (mm/s)		
	x	y	z				BM 1	BM 2	Pertamina	BM 1	BM 2	Pertamina
SH 1	6381.6	16001	75.48	5	40	1	140	190	582	21.00	15.60	1.10
SH 2	6376.7	16010	75.73	5	40	3001	130	180	572			
SH 3	6371.8	16019	75.98	5	40	6001	120	170	562			
SH 4	6366.9	16027	76.23	5	40	9001	110	160	552			
SH 5	6362	16036	76.54	5	40	12001	100	150	542			

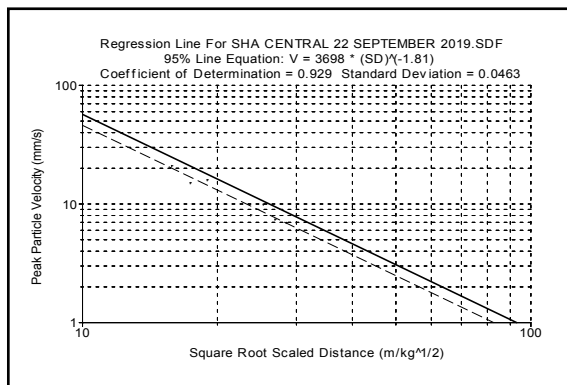
Nilai K dan m Berdasarkan *Signature Hole*

Data getaran tanah lubang *signature* yang telah di *import* dari *blastmate*, kemudian di input kedalam *blastware even manager* untuk dilakukan analisis. Data getaran yang dihasilkan dari *blastmate* merupakan data gabungan antara 5 lubang *signature* dalam 1 *even report*, kemudian akan dilakukan pemisahan gelombang sehingga didapatkan nilai PPV masing masing lubang *signature*.

Tabel 3. Hasil *Peak Particle Velocity* (PPV) *Signature Hole*

ID	Depth (m)	Isian (Kg)	Jarak (m)		PPV (mm/s)		Scaled Distance (mm)	
			BM 1	BM 2	BM 1	BM 2	BM 1	BM 2
SH 1	5	40	140	190	11.18	9.75	22.14	30.04
SH 2	5	40	130	180	12.99	10.21	20.55	28.46
SH 3	5	40	120	170	22.34	11.26	18.97	26.88
SH 4	5	40	110	160	21.33	13.55	17.39	25.3
SH 5	5	40	100	150	27.64	11.24	15.81	23.72

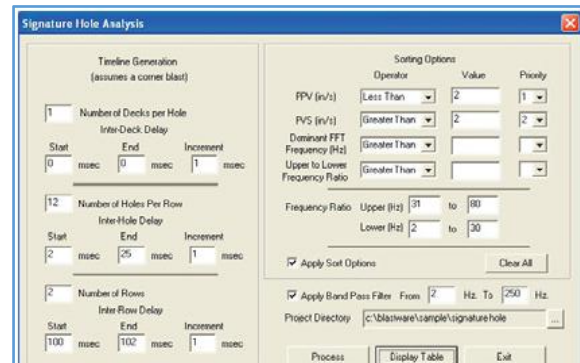
Square Root Scale Distance yang ada pada perangkat lunak *Blastware* (**Gambar 4**). Dari analisa tersebut diperoleh nilai koefisien $K = 3698$ dan $m = -1,81$.



Gambar 4. Grafik *Square Root Scale Distance* dari SH

Simulasi Penentuan *Intershot Delay Timing Signature Hole*

Nilai PPV tiap lubang *signature* dan kemudian dilakukan analisis menggunakan *software blastware* dengan memilih salah satu data getaran tanah lubang *signature* yang memiliki nilai PPV tertinggi, karena tidak menutup kemungkinan getaran tersebut akan terjadi pada saat peledakan lubang produksi. Untuk lokasi central menggunakan data getaran tanah SH 5 pada pembacaan alat pengukuran *blastmate* 1 dengan nilai PVS 27,64 mm/s.



Gambar 5. Pengaturan *Intershot Delay Signature Hole Analysis*

Pengaturan nilai *intershot delay* dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan baik itu *inter hole delay* maupun *inter row delay*. Adapun penentuan *intershot delay* diperoleh dari *Timing Window Analysis* perusahaan. Pada penelitian ini *inter hole delay* dimulai dari 2 ms sampai 25 ms dengan kenaikan 1 ms, sedangkan untuk *inter row delay* dimulai dari 100 ms sampai 102 ms dengan kenaikan dibuat sama dengan *inter hole delay* yaitu 1 ms. Setelah penentuan *intershot delay* dilakukan kemudian data dapat diproses sehingga mendapatkan hasil akhir berupa data prediksi PPV yang akan dihasilkan oleh setiap pasangan *delay inter hole* dan *inter row* sebagai berikut.

Signature Hole Analysis Table																				
File																				
Filename (Double Click to view)	Deck Delay (msec)	Blast Hole Delay (msec)	Row	Peak Particle Velocity								PVS Peak Vector	Dominant FFT Frequency				Upper/Lower Frequency Ratio			
				Trans (mm/s)	Vert (mm/s)	Long (mm/s)	Peak (mm/s)	Trans (Hz)	Vert (Hz)	Long (Hz)	Peak (Hz)		Trans	Vert	Long	Peak				
R8D1H95R60.BWP	1	95	60	20.60	21.10	28.10	28.10	33.80	10.7	9.7	7.1	10.7	0.778	0.709	0.726	0.778				
R8D1H96R60.BWP	1	96	60	20.60	20.50	28.20	28.20	33.80	5.4	9.7	7.0	9.7	0.023	0.324	0.085	0.324				
R8D1H97R60.BWP	1	97	60	20.50	21.70	27.30	27.30	34.00	5.4	9.6	6.9	9.6	0.106	0.252	0.114	0.252				
R8D1H95R59.BWP	1	95	59	20.40	19.90	29.20	29.20	34.40	10.3	9.8	7.6	10.3	0.480	0.408	0.458	0.480				
R8D1H94R59.BWP	1	94	59	20.30	20.50	28.80	28.80	34.50	5.1	9.8	7.2	9.8	0.414	0.207	0.161	0.414				
R8D1H92R58.BWP	1	92	58	20.50	18.80	29.70	29.70	34.70	5.2	9.5	7.4	9.5	0.502	0.405	0.472	0.502				
R8D1H94R60.BWP	1	94	60	22.50	22.10	28.60	28.60	34.70	10.8	9.8	21.4	21.4	0.299	0.525	0.220	0.525				
R8D1H97R61.BWP	1	97	61	21.20	20.80	28.50	28.50	34.70	10.5	9.6	6.9	10.5	0.127	0.143	0.082	0.143				
R8D1H96R59.BWP	1	96	59	19.60	19.70	28.70	28.70	34.80	10.3	9.7	20.8	20.8	0.266	0.061	0.100	0.266				
R8D1H100R63.BWP	1	100	63	21.10	20.20	28.80	28.80	34.90	5.2	9.7	6.8	9.7	1.480	3.320	1.000	3.320				
R8D1H90R59.BWP	1	90	59	21.00	19.90	29.20	29.20	34.90	12.3	12.2	7.2	12.3	0.390	0.312	0.321	0.390				
R8D1H101R64.BWP	1	101	64	20.30	18.90	28.50	28.50	35.00	8.7	10.0	6.7	10.0	0.001	0.020	0.006	0.020				
R8D1H94R58.BWP	1	94	58	20.20	19.30	30.10	30.10	35.10	10.4	9.8	21.1	21.1	0.401	0.875	0.550	0.875				

Gambar 6. Hasil Kombinasi *Delay Time Signature Hole Analysis*

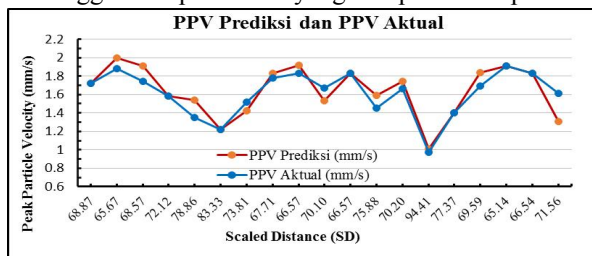
Dimana pada peledakan lubang produksi di Pit Central Rekomendasi *intershot delay* yang dipakai untuk *inter hole delay* 95 ms dan *inter Row delay* 60 ms.

Perbandingan Nilai PPV Prediksi dan Aktual

Tabel 5. Perbandingan Nilai PPV Prediksi dan Aktual

Tanggal	Lokasi	Jarak (m)	W Prediksi (kg)	W Aktual (kg)	PVS (mm/s)	SD Prediksi (mm/s)	SD Aktual (mm/s)	PPV Prediksi (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)	Akurasi PPV (%)
8 Januari 2020	Central Mega TI Lama	487	50	50	1.66	68.87	68.87	1.72	1.72	100
21 Januari 2020	Central Roof T220	487	60	55	1.3	62.87	65.67	2	1.88	88
23 Januari 2020	Central Jl Magelang	460	50	45	1.54	65.05	68.57	1.91	1.74	83
25 Januari 2020	Central Jl Magelang	408	32	32	0.96	72.12	72.12	1.58	1.58	100
26 Januari 2020	Central Jl Magelang	529	52	45	-	73.36	78.86	1.54	1.35	81
27 Januari 2020	Central Roof T220	618	55	55	1.19	83.33	83.33	1.22	1.22	100
2 Februari 2020	Central Jl Magelang	968	160	172	1.03	76.53	73.81	1.42	1.52	90
4 Februari 2020	Central Jl Semarang	772	134	130	1.62	66.69	67.71	1.83	1.78	95
16 Februari 2020	Central Magelang	421	42	40	1.73	64.96	66.57	1.92	1.83	91
	Central Roof T220	930	160	176	-	73.52	70.10	1.53	1.67	86
17 Februari 2020	Central Jl Magelang	421	40	40	1.55	66.57	66.57	1.83	1.83	100
20 Februari 2020	Central Jl Magelang	509	50	45	1.49	71.98	75.88	1.59	1.45	86
24 Februari 2020	Central Roof T220	444	42	40	1.85	68.51	70.20	1.74	1.66	92
28 Februari 2020	Central Roof Seam C	925	100	96	1.48	92.50	94.41	1.01	0.972	96
	Central Roof T220	579	56	56	1.68	77.37	77.37	1.4	1.4	100
4 Maret 2020	Central Roof T220	451	46	42	1.69	66.50	69.59	1.84	1.69	85
5 Maret 2020	Central Jl Jakarta	412	40	40	1.75	65.14	65.14	1.91	1.91	100
6 Maret 2020	Central Jl Jakarta	388	34	34	1.93	66.54	66.54	1.83	1.83	100
7 Maret 2020	Central Roof T220	506	40	50	1.19	80.01	71.56	1.31	1.61	70

Dari **tabel 5.** dapat di lihat bahwa hasil akurasi *Peak Particle Velocity* (PPV) prediksi dan aktual menunjukkan nilai PPV rata-rata sebesar 92%, sehingga didapat perbandingan PPV prediksi dan aktual rata – rata 8%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rekomendasi isian bahan peledak maksimum per delay sesuai dengan kebijakan PT Adaro Indonesia, dimana nilai kecepatan maksimum sebesar 2 mm/s. Adapun nilai PPV prediksi < 2 mm/s artinya nilai rekomendasi isian bahan peledak maksimum per delay masih dapat ditingkatkan, sehingga hasil peledakan yang didapat lebih optimal.

**Gambar 7.** Grafik Perbandingan PPV Prediksi dan PPV Aktual

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat nilai PPV Prediksi terhadap nilai PPV aktual naik turun, arti dari kenaikan tersebut dimana isian bahan peledak maksimum per delay yang direkomendasi pada saat kegiatan peledakan dilakukan penambahan isian bahan peledak dilokasi peledakan sesuai kondisi lapangan (kondisi dimana material batulempung mendominasi dalam kondisi kering). Sebaliknya penurunan nilai PPV Prediksi terhadap nilai PPV aktual adalah isian bahan peledak maksimum per delay yang direkomendasi pada saat kegiatan peledakan dilakukan pengurangan isian bahan peledak di lokasi peledakan sesuai kondisi lapangan (kondisi dimana material batulempung dengan sedikit batupasir dalam kondisi kering maupun basa).

Hubungan Jarak dan Isian Bahan Peledak Maksimum Per Delay

Tabel 6. Jumlah isian Bahan Peledak Maksimum

PPV (mm/s)	SD (m/kg ^{1/2})	D (m)	W (m/kg ^{1/2})
2	63.58	63.58	1
2	63.4	400	39.8
2	63.45	450	50.3
2	63.45	500	62.1
2	63.42	550	75.2
2	63.42	600	89.5
2	63.43	650	105
2	63.38	700	122
2	63.39	750	140
2	63.44	800	159
2	63.36	850	180
2	63.48	900	201
2	63.47	950	224
2	63.37	1000	249
2	63.43	1050	274
2	63.4	1100	301
2	63.4	1150	329
2	63.42	1200	358
2	63.46	1250	388
2	63.43	1300	420
2	63.43	1350	453
2	63.44	1400	487
2	63.4	1450	523
2	63.44	1500	559

rekomenasi isian maksimum bahan peledak dilokasi Pit Central pada batas PPV sebesar 2 mm/s. Dimana batasan PPV 2 mm/s terhadap jarak 63.58 m dengan isian bahan peledak maksimum 1 kg, sedangkan untuk jarak 400 dan 1000 m diperoleh isian bahan peledak maksimum sebesar 39.8 kg dan 249 kg.

Standar Getaran PT Adaro Indonesia

Berdasarkan acuan dari baku mutu tingkat getaran SNI 7571 tahun 2010, struktur bangunan fondasi tangki pertamina tergolong bangunan kelas 4 dengan nilai PVS maksimum antara 7-20 mm/s yaitu bangunan dengan fondasi, pasangan bata dan adukan semen yang diikat dengan *slope* beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balk. Akan tetapi pihak perusahaan menetapkan PVS 2 mm/s atas permintaan pihak pertamina.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisa *regresi linear signature hole* di Pit Central dengan menggunakan fitur analisa grafik *Square root scale distance* diperoleh

nilai koefisien $K = 3698$ dan $m = 1,81$. Sehingga di peroleh dari hasil analisa *scale distance* rekomendasi isian sebesar 249 kg untuk jarak 1.000 m dari area kritikal dengan nilai PPV sebesar 2 mm/s dan hasil simulasi analisa *signature hole*, diperoleh kombinasi *delay time* untuk *inter hole delay* 95 ms dan *inter Row delay* 60 ms.

2. Hasil koreksi perhitungan menunjukkan nilai PPV Prediksi dan PPV Aktual memiliki perbedaan tingkat getaran dengan rata - rata perbedaanya sebear 8 % lebih pada getaran prediksi. Hasil koreksi tersebut menunjukkan bahwa nilai rekomendasi isian bahan peledak maksimum per delay sesuai dengan kebijakan PT Adaro Indonesia, dimana nilai kecepatan maksimum sebesar 2 mm/s.
3. Penentuan dari ketetapan nilai kecepatan maksimum disite adaro masuk kedalam kelas 1 sebesar 2 mPm/s tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7571 Tahun 2010 yang menetapkan nilai ambang batas untuk Tangki Pertamina kedalam bangunan kelas 4 yaitu 7-20 mm/s. Hasil pengukuran *peak vector sum* dan perhitungan dengan teori *Scaled distance* (SD) menunjukkan bahwa tidak ada nilai *Peak Vector Sum* (PVS) yang melebihi ambang batas 2 mm/s untuk lokasi Tangki Pertamina.

Daftar Pustaka

- Anderson, D.A dan Brinckerhoff, P. 2008. Signature Hole Blast Vibration Control- Twenty Years Hence and Beyond. *The Journal of Explosives Engineering*.
- Ash,RL. 1963. *Design Of Blasting Round. Surface Mining. B.A Kennedy. Editor. Society For Mining Metalurgy and Exploration. Inc.*
- Bhandari, S. 1997. "Engineering Rock Blasting Operation". Taylor & Francis.
- Birol. Elevi and Ercan, Arvaz, 2010. "Evaluation of Parameters Affeded on the Blast Induced Ground Vibration (BIGV) by using Relation Diagram Method (RDM)", Ondokuz Mayıs University, Industrial Engineering DPT, Samsun, Turkey
- Dowding, C.H. 1985 *Blast Vibration Monitoring and Control. Prentice Hall, Englewood Cliffs.*
- Hustrulid.W 1999. *Blasting Principle For Open Pit Mining Brookfield. A.A Balkema. Rotterdam.*
- Jaka, S.R. 2017. Kelola Getaran Tanah Hasil Peledakan Terhadap Pemukiman Penduduk Sekitar Pit Paringin PT. Adaro Indonesia, Kalimantan Selatan, Indonesia. *Prosiding*

SPC TPT XXVI PERHAPI 2017.

- Jimeno, C.L. dan Carcedo, F.J.A. 1995. *Drilling and Blasting of Rocks*. A.A Balkema. Rotterdam.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 1996. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor. Kep. 1 Men/H/II/1996 tentang Baku Tingkat Getaran, Jakarta.
- Maharjono, A. 2015. Aplikasi Detonator Elektronik Dalam Upaya Mengontrol Getaran Hasil Peledakan di PT. Adaro Indonesia. *Prosiding Workshop & Seminar Nasional Geomekanika III 2015*.
- Marmer, Dwihandoyo 2013. Dampak Peledakan. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- Pratiwi Indah, 2010. Analisa Getaran Peledakan Berdasarkan perbandingan Powder Factor di PT. Adaro Indonesia, Unisba, Bandung.
- Rosenthal M.F, dan Marlock G.L, (1987). "Blasting Guidance Manual" Washington Dc, USA: OSMRE.
- Sharma, P.D. 2010. Innovative "Signature-Hole Blast Analysis" Technique to Predict and Control Ground Vibration In Mines. *Asian Mining-Resurgence of Mining in Asia : Prospect and Challenges*,
- SNI 7571:2010 *Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan*. Badan Standarisasi Nasional
- Sukmara, Teja. 2017. Komperasi Metoda Analisis Nilai K Faktor dan Eksponen In Situ Dalam Penentuan Prediksi Getaran Akibat Peledakan Untuk Mencari Deviasi Minimum. *Prosiding SPC TPT XXVI PERHAPI*