

## **Analisis *Ground Vibration* Akibat Kegiatan Peledakan Terhadap Struktur Bangunan di PT Dahana (Persero) Job Site PT Harita Panca Utama (HPU) – Tanito, Kelurahan Loa Ipuh, Kecamatan Tenggarong, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur**

<sup>1</sup>Siti Deanti Amatilah, <sup>2</sup>Yuliadi dan <sup>3</sup>Dwihandoyo Marmer  
<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116  
e-mail: sdeanti@yahoo.com

**Abstract.** PT Dahana (Persero) is a state-owned company engaged in blasting services in all sectors such as mining and military, became a contractor at PT Harita Panca Utama (HPU) - Tanito in Loa Ipuh Village, District Tenggarong, Kutai Regency, East Kalimantan Province. Vibration due to blasting can cause damage to the building structure residential areas surrounding the mining area. For that there must be surveillance and prevention of blasting vibration effect is by measuring the vibration of blasting in accordance with thresholds KEPMEN LH No. 49 In 1996, Standart Vibration Levels based on ISO 7571: 2010. Measurements of ground vibration by using the tool Blastmate III and processed using software Blastware to determine the value of Peak Particle Velocity (PPV) maximum acceptable infrastructure in the research area, then determine stuffing optimum for various distance measurements in order to produce a PPV which is below the threshold value according to ISO 7571: 2010. The measurement results obtained lowest PPV of 0.6 mm / s and the highest PPV is 8.3 mm / s. Results of ground vibration predictions based curve PPV comparison with the scaled distance (SD) obtained the formula  $PPV = 2.951 (SD)^{-1.4914}$ , the best formula for PPV's prediction who close to the actual is USBM.

**Key Words :** Blastware, Peak Particle Velocity (PPV), USBM, Weight of Explosive.

**Abstrak:** PT Dahana (Persero) merupakan perusahaan BUMN yang bergerak dalam jasa peledakan disegala bidang seperti pertambangan maupun militer, menjadi kontraktor di PT Harita Panca Utama (HPU)– Tanito di Desa Loa Ipuh, Kecamatan Tenggarong, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Getaran akibat peledakan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan pemukiman warga sekitar area penambangan. Untuk itu harus ada pengamatan dan pencegahan efek getaran peledakan yaitu dengan mengukur nilai getaran peledakan sesuai dengan ambang batas Keputusan Menteri Lingkungan No. 49 Tahun 1996, tentang Baku Tingkat Getaran dan berdasarkan SNI 7571:2010. Pengukuran ground vibration dengan menggunakan alat Blastmate III dan diolah menggunakan software Blastware untuk mengetahui nilai Peak Particle Velocity (PPV) maksimal yang dapat diterima infrastruktur di daerah penelitian, kemudian menentukan isian optimum untuk berbagai jarak pengukuran agar menghasilkan PPV yang berada dibawah nilai ambang batas menurut SNI 7571:2010. Hasil pengukuran didapat PPV terendah 0,6 mm/s dan PPV tertinggi yaitu 8,3 mm/s. Hasil prediksi ground vibration berdasarkan kurva perbandingan PPV dengan scaled distance (SD) didapat rumus  $PPV = 2,951 (SD)^{-1,4914}$ , untuk perhitungan prediksi PPV formula yang mendekati aktual yaitu USBM.

**Kata Kunci :** Blastware, Peak Particle Velocity (PPV), USBM, Bahan Peledak.

### **A. Pendahuluan**

#### **Latar Belakang**

Kegiatan penambangan diartikan sebagai suatu kegiatan yang dimulai dari kegiatan pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan material. Pada tahap pembongkaran ini lazimnya material diambil dengan peralatan mekanis, akan tetapi apabila suatu material tambang tersebut sulit digali dengan menggunakan alat mekanis, proses pembongkaran menggunakan metoda peledakan.

Dengan menggunakan metoda peledakan ada efek getaran yang dihasilkan. Untuk menentukan potensi kerusakan yang diakibatkan oleh getaran dapat

diukur berdasarkan unit kecepatan yaitu kecepatan partikel velocity. Dalam perkembangannya, Indonesia kini telah memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk baku tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang terbuka terhadap bangunan yaitu SNI 7571:2010 yang dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Dengan standar ini perusahaan tambang terbuka di Indonesia telah memiliki acuan untuk mengontrol efek dari kegiatan peledakan. Salah satu perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak dalam jasa peledakan antara lain PT Dahana (Persero). PT Dahana (Persero) yang merupakan kontraktor yang menyediakan jasa pelayanan dalam pengukuran getaran tanah akibat peledakan yang dilakukan oleh PT Harita Panca Utama (HPU) – Tanito.

### **Tujuan Penelitian**

1. Mengukur getaran tanah (*Ground Vibration*) yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan oleh PT Dahana (Persero) Job Site PT HPU – Tanito.
2. Menganalisis hasil pengukuran getaran tanah *peak particle velocity* (PPV)
3. menggunakan konsep *Scaled Distance* (SD)
4. Menentukan nilai *Charge per Delay* (CPD) optimum pada berbagai jarak yang dapat diterima oleh infrastruktur dari perumahan warga sekitar PT HPU – Tanito.

### **B. Landasan Teori**

#### **Pengertian Peledakan**

Peledakan yaitu memecah atau membongkar batuan padat atau material berharga yang bersifat kompak dari batuan induknya menjadi material yang sesuai untuk proses produksi. Tujuan peledakan pada batuan yaitu untuk menghasilkan batuan lepas, yang dinyatakan dalam derajat fragmentasi sesuai dengan tujuan yang akan capai. Hasil peledakan ini sangat mempengaruhi produktivitas dan biaya operasi berikutnya. Dalam suatu operasi peledakan pada pertambangan dilakukan pemboran terlebih dahulu untuk membuat lubang ledak. Lubang ledak sendiri akan diisi oleh bahan peledak.

#### **Fragmentasi Batuan**

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau bongkah diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) ditepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah.

#### **Ground Vibration**

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. Getaran tanah (*ground vibration*) terjadi pada daerah elastis (*elastic zone*). Kegiatan peledakan selalu menghasilkan gelombang seismic (Dwi Handoyo, 2012)



**Gambar 1.** Energi Hasil Peledakan

**Hukum Scaled Distance (SD) dan Peak Particle Velocity (PPV)**

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. Rumus diatas dapat dituliskan sebagai berikut:

- USBM (U.S Bureau of Mines Tahun 1971)  
 $SD = R/(Q^{0.5})$  ..... (Persamaan 1)
- Langefors & Kiehlstrom (1973)  
 $SD = (Q^{0.5})/(R^{0.75})$  ..... (Persamaan 2)
- Indian Standart  
 $SD = Q/(R^{0.67})$  ..... (Persamaan 3)
- Ambraseys Hedron (1968)  
 $SD = R/(Q^{0.33})$  ..... (Persamaan 4)

Keterangan :

- R = Jarak titik pengukuran ke titik peledakan (m)
- Q = Muatan bahan peledak yang dianggap meledak bersamaan (kg)
- SD = Scale Distance (kg/m)

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*).

- USBM  
 $PPV = k \times SD^{-m}$  ..... (Persamaan 5)  
 Dengan k = 769,5 dan m = -1,56
- Langefors & Kiehlstrom  
 $PPV = k \times SD^{-m}$  ..... (Persamaan 6)  
 Dengan k = 514,5 dan m = 2
- Indian Standart  
 $PPV = k \times SD^{-m}$  ..... (Persamaan 7)  
 Dengan k = 68,4 dan m = 1,6
- Ambraseys Hedron  
 $PPV = k \times SD^{-m}$  ..... (Persamaan 8)  
 Dengan k = 1099 dan m = -1,6

Dimana :

- PPV = Peak Particle Velocity, (mm/s).
- D = Jarak muatan maksimum terhadap lokasi pengamatan,(m).
- W = Muatan bahan peledak maksimum per periode tunda, (kg).

k,m = Konstanta yang harganya tergantung dari kondisi lokal dan kondisi peledakan

### C. Hasil Penelitian

Kondisi lapangan, dimana dalam penelitian ini pengukuran hanya dilakukan pada area pemukiman warga disekitar arah Barat Daya Site PT HPU – Tanito yang terdapat keluhan mengenai adanya retakan bangunan rumah warga yang diindikasikan akibat adanya kegiatan peledakan. Pemukiman berada pada jarak terdekat yaitu 1200 m. Struktur geologi, hasil pengukuran getaran tanah dipengaruhi oleh adanya struktur geologi di lokasi penelitian, yaitu adanya indikasi sinklin dan sesar. Dengan adanya sinklin dan sesar dapat mempengaruhi cepat rambat gelombang, dimana keterdapatn sinklin dapat meneruskan gelombang, sedangkan sesar justru akan menahan rambatan gelombang. Diketahui arah sumbu sinklin yaitu ke Timur Laut-Barat Daya, maka searah dengan lokasi pengukuran dan daerah pemukiman warga.

### Geometri Peledakan

Data geometri peledakan didapat dari hasil kegiatan peledakan yang dilakukan oleh PT Dahana (Persero) sebagai kontraktor dengan nilai geometri yang telah direncanakan oleh PT HPU – Tanito. Dimana dalam pembuatan lubang ledak dilokasi penelitian menggunakan Drilltech Sandvick D245S dengan diameter lubang yaitu 200 mm, untuk bahan peledak yang digunakan yaitu *Ammonium Nitrat Fuel Oil* (ANFO). Berikut data geometri peledakannya dapat dilihat pada (Tabel 1).

**Tabel 1. Geometri Peledakan**

Keterangan	Tanggal Pelaksanaan												
	1 februari	13/10/2012	14-10-	41009.00	41039.00	31-01-	19-09-	20-09-	06 Agustus	06 Agustus	07 Agustus	11 Agustus	12 Agustus
Jam	12:22:00	12:20:33	12:05:17	12:34:53	12:03:55	14:14:16	12:56:46	12:27:18	12:24:17	12:24:43	11:59:17	12:12:24	12:14:50
Jumlah Lubang	35	60	60	26	27	39	29	33	40	43	45	44	63
Jarak (m)	2132	500	800	1465	1231	800	1000	1000	1000	1000	1300	600	800
Burden (m)	10	8	8	10	10	7	10	10	7	7	7	7	7
Spasi (m)	11	9	9	11	11	8	11	11	8	8	8	8	8
Kedalaman (m)	12	7	6	9	10	8	6	6	4	6	9	9	9
Subdrilling (m)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Jenjang (m)	12.60	7.60	6.35	9.20	10.60	8.60	6.60	6.60	4.10	6.10	9.60	9.60	9.60
Stemming (m)	6.34	3.73	3.04	2.25	4.14	4.12	0.75	1.71	2.64	2.86	4.30	4.22	4.59
PC (m)	5.66	3.27	2.71	6.35	5.86	3.88	5.25	4.29	0.86	2.64	4.70	4.78	4.41
Diameter (inch)	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88
Isian/lubang (kg)	151	87.25	72.25	169.4	156.4	103.6	140.2	114.4	23.0	70.5	125.5	127.47	117.58
Isian/delay (kg)	302.00	174.50	144.50	169.40	156.40	103.60	140.20	114.40	46.00	141.00	251.00	127.47	117.58
Loading Density	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69	26.69

### Desain Tie Up

Untuk penggunaan detonator, PT Dahana (Persero) Job Site PT HPU – Tanito menggunakan in hole delay dan surface delay non-electric detonator, dengan delay yang digunakan untuk in hole delay yaitu 500 ms, dan untuk surface delay bervariasi antara 25 ms, 42 ms, 67 ms, dan 109 ms. Sedangkan untuk desain peledakan umumnya menggunakan echelon dengan jumlah lubang rata-rata yaitu 41 lubang dan bahan peledak rata-rata yaitu 116 kg. Untuk contoh simulasi desain tie up dengan menggunakan software Shotplus.

**Gambar 2.** Desain Tie Up dengan Time Windows 8 ms**Perhitungan Prediksi *Ground Vibration***

Perhitungan prediksi getaran peledakan dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus perhitungan diantaranya yaitu berdasarkan USBM, Langefors-Kiehlstrom, Ambraseys-Hedron, dan Indian Standart. Dengan hasil perhitungan perbandingan dapat dilihat pada tabel (Tabel 2).

**Tabel 2.** Data Hasil Perbandingan PPV Aktual dan Prediksi

No	Tanggal	PPV Aktual (mm/s)	PPV Prediksi (mm/s)			
			USBM	Langefors-Kiehlstrom	Ambraseys-Hedron	Indian Standart
1	1-Feb-12	2.25	0.42	1.58	0.11	171.64
2	13 okt 2012	8.30	2.66	8.03	0.81	337.78
3	14 okt 2012	2.15	1.10	3.29	0.34	150.91
4	4 OKT 2012	0.95	0.49	1.55	0.14	101.75
5	5 okt 2012	1.11	0.60	1.86	0.18	107.91
6	31-Jan-14	0.92	0.85	2.36	0.29	88.62
7	19-Sep-14	0.69	0.76	2.28	0.24	113.20
8	20-Sep-14	0.88	0.65	1.86	0.21	81.76
9	6 agt 2015	0.60	0.32	0.75	0.13	19.03
10	6 agt 2015 (2)	0.87	0.76	2.29	0.24	114.24
11	7 agt 2015	1.08	0.79	2.76	0.21	216.96
12	11 agt 2015	2.60	1.56	4.46	0.51	168.09
13	12 agt 2015	1.70	0.94	2.67	0.31	108.51

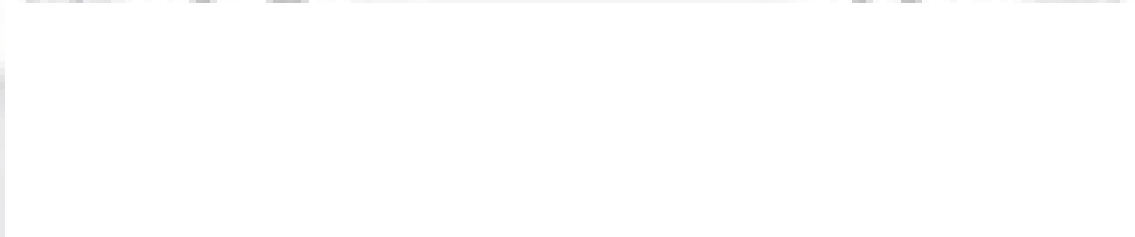
**Kurva *Scaled Distance***

Dari data pengukuran getaran peledakan yang didapat maka dari data tersebut dapat dibuat kurva hubungan antara PPV dengan SD, dimana kurva tersebut menggambarkan karakteristik peluruhan getaran di massa batuan dari lokasi peledakan terhadap lokasi penelitian. Kurva peluruhan getaran ini dibuat dengan tingkat kepercayaan 50% dan 90%.

### **Gambar 3.** Kurva Scaled Distance Berdasarkan Blastware

Sebagai perbandingan kurva peluruhan getaran dari Blastware, kurva ini dapat dibuat berdasarkan persamaan USBM dengan tingkat kepercayaan 50% dan 90%, dimana dalam grafik prediksi yang dibuat data asli dari hasil pengukuran diartikan sebagai tingkat kepercayaan 50%.

### **Tabel 3.** Hasil Perhitungan USBM Untuk Kurva Peluruhan



### **Gambar 4.** Kurva Scaled Distance Berdasarkan USBM

#### **Perhitungan Prediksi Isian Bahan Peledak pada Berbagai Jarak**

Perhitungan isian bahan peledak ( $Q$ ) optimum pada berbagai jarak berdasarkan grafik yang dibuat dengan menggunakan tingkat kepercayaan 90% dan 50% dengan acuan PPV yang digunakan yaitu 2 mm/s. Cara perhitungannya yaitu dengan cara menarik garis mendatar dari PPV maksimal yang sesuai dengan acuan yaitu 2 mm/s, kemudian dari titik pertemuan kurva ditarik garis vertikal ke *Scaled Distance* (SD) sehingga didapat nilai SD yang dapat digunakan untuk menghitung  $Q$  optimum dengan jarak yang berbeda-beda.



**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Prediksi Isian Bahan Peledak Optimum Menurut USBM

Untuk perhitungan prediksi isian bahan peledak optimum pada berbagai jarak menurut Blastware dapat diketahui dengan cara membuka scale distance tabel pada grafik scale distance, scale distance tabel dapat menentukan isian bahan peledak dengan PPV yang diinginkan untuk jarak yang berbeda-beda.

**Gambar 5.** Penentuan Isian Bahan Peledak Optimum Berdasarkan Blastware**Perhitungan Fragmentasi dan Produksi**

Perhitungan fragmentasi aktual didapat dari geometri peledakan, dimana data yang dibutuhkan untuk perhitungan fragmentasi yaitu volume batuan, dan isian bahan peledak per lubang. Sedangkan untuk perhitungan fragmentasi prediksi, isian bahan peledak yang dipakai yaitu isian bahan peledak hasil prediksi.

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Fragmentasi Prediksi

Fragmentasi Prediksi Blastware (cm)									
No	Tanggal	Lubang yg Meledak Bersamaan	Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Fragmentasi Aktual	PPV 2 mm/s			
						Q - 50%	X <sub>m</sub>	Q-90%	X <sub>m</sub>
1	1-Feb-12	1	2132	1320	43.42	806.00	34.62	451.60	49.96
2	13 okt 2012	2	500	504	28.45	22.85	153.08	12.8	220.93
3	14 okt 2012	2	800	414	27.39	58.50	72.10	32.77	104.07
4	4 OKT 2012	1	1465	946	30.92	358.20	44.32	200.70	63.97
5	5 okt 2012	1	1231	1100	36.70	263.20	60.79	147.50	87.72
6	31-Jan-14	1	800	448	23.22	117.00	49.51	65.54	71.47
7	19-Sep-14	1	1000	660	26.14	182.80	50.89	102.40	73.45
8	20-Sep-14	1	1000	660	29.73	182.80	50.89	102.40	73.45
9	6 agt 2015	2	1000	196	31.09	91.40	29.88	51.2	43.13
10	06 agt 2015 (2)	2	1000	308	21.96	91.40	42.90	51.2	61.92
11	7 agt 2015	2	1300	504	22.60	154.45	45.63	86.55	65.85
12	11 agt 2015	1	600	504	22.37	65.80	78.33	38.87	109.33
13	12 agt 2015	1	800	504	23.50	117.00	54.40	65.54	78.53

Pada perhitungan produksi, data yang harus diketahui yaitu dari data geometri peledakan diantaranya yaitu data burden, spasi, kedalaman lubang ledak, dan jumlah lubang peledakan.

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Produksi Prediksi

No	Tanggal	Burdan (m)	Spasi (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Isian Bahan	Total bahan	Isian bahan	Jumlah Lubang	Penambahan	Produksi	Produksi
					Lubang	Peledak/lubang (kg)	peledak Aktual (kg)	peledak optimum (kg)	ledak Optimum	lubang ledak	Aktual (m <sup>3</sup> )	Optimal (m <sup>3</sup> )
1	1-Feb-12	10	11	12	35	151	5285	806.00	6.56	28	46200	8655.33
2	13 okt 2012	8	9	7	60	87.25	5235	22.85	229.15	-169	30240	115493.11
3	14 okt 2012	8	9	5.75	60	72.25	4335	58.50	74.10	-14	24840	30678.46
4	4 OKT 2012	10	11	8.6	26	69.4	1804.4	358.20	5.04	21	24596	4765.39
5	5 okt 2012	10	11	10	27	156.4	4222.8	263.20	16.04	11	29700	17648.48
6	31-Jan-14	7	8	8	39	103.6	4040.4	117.00	34.53	4	17472	15470.93
7	19-Sep-14	10	11	6	29	140.2	4065.8	182.80	22.24	7	19140	14679.58
8	20-Sep-14	10	11	6	33	114.4	3775.2	182.80	20.65	12	21780	13630.37
9	6 agt	7	8	3.5	40	23	920	91.40	10.07	30	7840	1972.87



	2015											
10	6 agt 2015 (2)	7	8	5.5	43	70.5	3031.5	91.40	33.17	10	13244	10215.56
11	7 agt 2015	7	8	9	45	125.5	5647.5	154.45	36.57	8	22680	18428.88
12	11 agt 2015	7	8	9	44	127.47	5608.6 8	65.80	85.24	-41	22176	42960.10
13	12 agt 2015	7	8	9	63	117.58	7407.5 4	117.00	63.31	0	31752	31909.40

#### D. Kesimpulan

1. Setelah dilakukan pengukuran getaran tanah yang diakibatkan oleh peledakan diketahui bahwa *Peak Particle Velocity* (PPV) terendah yaitu 0,6 mm/s dan *Peak Particle Velocity* (PPV) tertinggi yaitu 8,3 mm/s. Dengan *Peak Vector Sum* (PVS) yaitu 1,8 mm/s.
2. Persamaan rumus hubungan antara *Peak Particle Velocity* (PPV) dan *Scaled Distance* (SD) yang didapatkan dari analisis data pengukuran *ground vibration* selama penelitian adalah  $PPV = 2,951 (SD) - 1,4914$ . Nilai  $R^2 = 0,5559$  menjadi  $R = -0,7456$  yang didapat dari akar  $R^2$ . Nilai  $R^2$  yaitu  $R$  dinyatakan dalam bentuk negatif, karena bentuk trendline mengarah dari kiri atas ke kanan bawah, dengan kata lain nilai SD berbanding terbalik dengan nilai PPV. Nilai  $R^2$  menunjukkan bahwa keakuratan data yang digunakan yaitu 56%.
3. Nilai Charge per Delay (CPD) optimum prediksi pada berbagai jarak didapat dari hasil Blastware dengan menggunakan nilai ambang batas sesuai SNI 7571:2010 yaitu PPV 2 mm/s.

#### Daftar Pustaka

- Anonim, 2015, "Mata Pencapaian Penduduk Kutai Kartanegara", Badan Pusat Statistik, Kutai Kartanegara.
- Anonim, 2014, "Data Intensitas Curah Hujan Bulanan Tahun 2010-2014", UPT Dinas Pertanian Kecamatan Tenggarong, Kutai Kartanegara.
- Cunningham, C.V.B, 1983, "The Kuz-Ram Model For Prediction of Fragmentation From Blasting", Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Sweden.
- Deanti, Siti, 2014, "Aktifitas Peledakan untuk Pengupasan Overburden di PT Dahana (Persero) Job Site PT Ricobana Abadi (RBA) – Tanito dengan Menggunakan Emulsion, Kelurahan Loa Ipuh, Kecamatan Tenggarong, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur", Fakultas Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- Dodwing, Charles, 1985, "Blast Vibration Monitoring and Control", Prentice Hall International – Englewood Cliffs, London.
- Giraudi, Alessandro, 2009, "An Assessment of Blasting Vibration – A Case Study", Department of Land, Environment and Gheotechnologies Polytechnic of turin, Italy.
- Hossaini, S.M.F and Sen. G.C. 2006," A Study of The Influence Of Different Blasting Modes and Explosive Type on Ground Vibrations", Faculty of Mining Engineering, University of Tehran and Faculty of Engineering University of Wollongong, Wollongong, Australia.

- Kandiawan, 2014, "Geometri Peledakan", Blogspot
- Keputusan Menteri Lingkungan No. 49 Tahunm 1996, "Tentang Baku Tingkat Getaran", Kementrian Negara RI.
- K.H, Joo, 1997, "Evaluation of Blast – Induced Vibration Effects on Structures", Korea Institute of Geology Mining and Material, Korea.
- Marmar, Dwihandoyo, 2015, "Dampak Getaran dan Suara peledakan". Bandung
- Nafli, Resty, 2012, "Analisis Pengaruh Getaran Tanah Terhadap Keamanan Tangki Bahan Bakar Akibat Operasi Peledakan di PIT North Tutupan PT Adaro Indonesia Tabalong Kalimantan Selatan", Fakultas Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.
- Supriatna, S, 1995, "Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan", Puslitbang Geologi, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia No 7571 Tahun 2010, "Tentang Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegaitan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan", Badan Standarisari Nasional.
- Standar Nasional Indonesia No 01-2847 Tahun 1992, "Tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung", Badan Standarisari Nasional.
- Tripathy, G.R, 2002, "Prediction of Ground Vibration due to Construction Blasts in Different Types of Rock", Rock Mechanics and Rock Engineering, Austria.
- Yuliadi, 2011, "Kajian Prediksi Peak Particle Velocity Akibat Peledakan di Kuari D Tambang Batu gamping PT Indocemet Tunggal Prakarsa Citeureup Bogor", Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan ITB, Bandung.