

Analisis Korelasi *Scaled Distance* Terhadap Getaran Tanah (*Ground Vibration*) Pada Operasi Peledakan Batubara

¹Sri Rezeki Julianti, ²Djayus, ²Piter Lepong

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika Unmul, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

*Email : djayus.fmipa1@gmail.com

ABSTRACT

The optimum vibrations generated from the delay, distance, and explosive settings on the destruction of the ground cover or OB can accumulate the effect of the damage. Research was purposed to view the process of coal blasting and the impact of distance and explosives the detonation process. The data used in the research is a secondary force of distance, explosives, drilling pattern (7 m burden and 8 m distance) and blasting pattern (staggered pattern/zig-zag). Data are prepared using Microsoft Excel by inserting distance and explosives materials and for PPV value. PPV value is compared with the distance value (scaled distance). The result of research shows the process of blasting using a zig-zag system with distance between 7 m and spacing 8m, depth of 3 m - 14m. Explosived material content (ANFO) with averaged 101.74. The impact of the distance and the explosives materials from PPV calculations is not very significantly indicated by the PPV value of 3,62 mm/s

Keywords: Blasting, Scaled Distance, Regression Analysis, Vibration, Composition

ABSTRAK

Getaran optimal yang dihasilkan dari pengaturan *delay*, jarak, dan isian bahan peledak pada proses penghancuran tanah penutup atau OB dapat menimbulkan efek kerusakan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui proses peledakan batubara dan pengaruh jarak dan bahan peledak pada proses peledakan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa jarak, isian bahan peledak, pola pemboran (*burden* 7m dan *spacing* 8m) dan pola peledakan (*Staggered Pattern/Zig-zag*). Data diolah menggunakan *Microsoft Excel* dengan memasukkan jarak dan isian bahan peledak sehingga didapatkan nilai PPV. Nilai PPV dibandingkan dengan nilai jarak (*Scaled Distance*). Hasil penelitian menunjukkan proses peledakan menggunakan sistem *zig-zag* dengan jarak antara *burden* 7m dan *spacing* 8m, kedalaman 3m – 14 m. Isian bahan peledak (ANFO) dengan rata-rata 101.74. Pengaruh jarak dan bahan peledak dari perhitungan PPV tidak terlalu signifikan ditunjukkan dengan hasil nilai PPV yaitu 3.62 mm/s.

Kata kunci : Peledakan, *Scaled Distance*, Analisis Regresi, Getaran , Komposisi

1. PENDAHULUAN

Kegiatan eksplorasi pertambangan dilakukan untuk memperoleh sumber daya alam yang ada. Aktivitas pertambangan memiliki dua sistem yaitu: tambang terbuka dan tertutup. Tahapan kegiatan

penambangan terbuka dimulai dari *land clearing*, pengupasan lapisan tanah tertutup, dan pengambilan batubara. Pengambilan dalam lapisan penutup lebih mudah dilakukan dengan cara peledakan. Peledakan merupakan proses pembersihan

batuan dalam volume yang besar dengan menggunakan bahan peledak agar massa batuan mudah digali dan diangkut.

Getaran tanah (*ground vibration*) merupakan suatu gelombang yang merambat/bergerak di dalam tanah yang disebabkan karena peledakan. Getaran tanah terjadi pada daerah elastis akibat tegangan yang diterima material lebih kecil daripada kekuatan material tersebut sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material, maka bentuk dan volumenya akan kembali ke keadaan semula setelah tidak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang getaran. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi peledakan. Karena itu adanya bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan.

Cara sederhana untuk getaran tanah yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan adalah dengan menggunakan *scaled distance*. Sehingga memungkinkan kegiatan di lapangan menentukan jumlah bahan peledak yang diperlukan atau jarak aman untuk muatan bahan peledak yang telah digunakan. Sengan menggunakan aturan *scaled distance* ini, dapat menunjukkan kondisi-kondisi dimana pekerja tambang peledakan hal yang tidak boleh dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses kegiatan peledakan yang aman untuk lingkungan dan mengetahui pengaruh jarak dan berat muatan bahan ANFO peledakan dalam sebuah lubang ledak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peledakan (*Blasting*)

Menurut Octava (2016) peledakan merupakan salah satu kegiatan dalam penambangan yang bertujuan untuk memberaikan batuan atau material, dimana bahannya terdiri dari bahan kimia yang mampu menciptakan ledakan.

2.2 Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Menurut Permana (2019), 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 aktifitas peledakan. Getaran tanah terjadi pada daerah elastis (*elastic zone*). Di daerah ini tegangan yang diterima material lebih kecil dari kuat material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali pada keadaan semula setelah tidak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan daerah elastis akan menimbulkan gelombang elastis. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi terjadinya operasi peledakan.

2.3 Pola Pemboran

Menurut Frianto (2014), kegiatan pemboran lubang ledak dilakukan dengan menempatkan lubang-lubang ledak secara sistematis, sehingga membentuk suatu pola. Berdasarkan letak lubang bor maka pola pemboran dibagi menjadi dua pola dasar, yaitu pola pemboran sejajar (*Paraller pattern*) dan pola pemboran selang seling (*staggered pattern*)

2.4 Pola Peledakan

Menurut Frianto (2014), pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang-lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor yang satu dengan lubang bor yang lainnya.

2.5 Peak Particle Velocity (PPV)

Menurut Cahyadi (2017), berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam usaha menentukan besarnya kecepatan partikel puncak (PPV) yang dihasilkan dalam sebuah peledakan maka dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$PPV = K \left[\frac{D}{W^{1/2}} \right]^{-b} \quad (1)$$

Dimana:

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

D = Jarak muatan maksimum terhadap lokasi pengamatan (m)

W = Muatan bahan peledak maksimum Per periode (kg)

K,b = Tetapan yang bergantung pada kualitas batuan

2.6 Scaled Distance (SD)

Menurut Rifandy (2014), *Scaled distance (SD)* merupakan perbandingan antara jarak dari lokasi pengukuran ke titik peledakan dengan jumlah bahan peledak (*charge weight*) yang digunakan pangkat satu per dua. Dimana hubungan antara *scaled distance* dengan *ground vibration* adalah berbanding terbalik yakni semakin besar *scaled distance* maka *ground vibration* akan semakin kecil.

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}} \quad (2)$$

Dimana :

D = Jarak dari muatan peledakan ke pengukuran (m)

W = Muatan maksimum bahan peledak per waktu tunda dengan toleransi 8 ms/delay dianggap meledak bersamaan (kg)

SD = *Scaled Distance* (m/kg)

2.7 Analisis Regresi

Menurut Permana (2019), tidak selamanya hal-hal yang di prediksi itu bisa tergambar secara linier, terkadang ada suatu penelitian yang tersebar datanya (tidak membentuk garis menurun atau naik). Maka dari itu digunakan regresi untuk meramalkannya. Salah satu regresi adalah regresi non linier geometri (*Power*). dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log PPV} = \text{Log K} + m \text{Log (SD)} \quad (3)$$

Nilai a dan b merupakan konstanta yang dihasilkan dari peramalan menggunakan proses analisis regresi *power*. Kemudian hasil dari nilai a di *antilog* kan sehingga menghasilkan nilai konstanta yang dibutuhkan:

Dari pengamatan analisis regresi tersebut, untuk mempresiksi besarnya getaran tanah terhadap bangunan di sekitaran

$$PPV = K (SD)^b \quad (4)$$

3. METODOLOGI

Penelitian tentang “Analisis Korelasi *Scaled Distance* Terhadap Getaran Tanah (*Ground Vibration*) Pada Operasi Peledakan Batubara” dilaksanakan pada bulan Desember sampai dengan bulan Juni , tempat penelitian PT. Kaltim Prima Coal Kota Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder berupa jarak dan isian bahan peledak.

Langkah-langkah penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

1. Tahap Studi Literatur

Tahap ini merupakan studi pustaka dengan mengumpulkan atau mengutip dari berbagai literatur baik berupa buku dan jurnal-jurnal yang mendukung kegiatan penelitian.

2. Tahap Pengumpulan Data

Data yang diperlukan meliputi jarak, pola peledakan dan pemboran, dan bahan muatan isian bahan peledak. Untuk bahan muatan isian bahan peledak ANFO digunakan sekitar 55 kg isian bawah dan 44 kg isian atas dengan dalam lubang 8,5 meter pada setiap titik lubang ledaknya

3. Tahap Pengolah data

Mencari nilai *Scaled Distance (SD)* menggunakan rumus :

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}} \quad (5)$$

Mencari nilai *Peak Particle Velocity (PPV)* menggunakan rumus :

$$PPV = K \left[\frac{D}{\sqrt{W}} \right]^{-b} \quad (6)$$

Kemudian dilakukan analisis data dengan menggunakan rumus

$$Y = a + bX \quad (7)$$

Perhitungan data menggunakan korelasi dengan rumus :

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (8)$$

*

Menampilkan grafik hasil dari korelasi PPV dan SD yang menggunakan analisis regresi.

4. Interpretasi

Interpretasi data dilakukan dengan menggunakan analisis grafik hasil dari perhitungan PPV dan SD apakah menunjukkan adanya hubungan antara PPV dan SD, jika semakin besar nilai *scaled distance* maka getaran yang dihasilkan akan semakin kecil dan sebaliknya. Nilai yang dihasilkan tersebut selanjutnya menjadi pertimbangan dalam mengontrol getaran, jarak dan jumlah bahan isian bahan peledak yang digunakan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pemboran dan Peledakan

Pada kegiatan pemboran dilakukan oleh unit *drilling* dengan seri D55SP dengan diameter lubang atau diameter bor 200 mm atau 6 *inchi*. Pemboran yang dilakukan dengan kedalaman antara 3 m sampai dengan 14 m tergantung dari lokasi pemboran yang dilakukan peledakan.

Pola peledakan yang digunakan adalah pola pemboran *Staggered Pattern* atau *Zig-zag* dengan arah pemboran yang telah diterapkan adalah pemboran tegak, sehingga perbandingan jarak *burden* yang digunakan adalah 7 m dan *spacing* yang digunakan adalah 8 m.

Bahan peledakan yang digunakan adalah ANFO yang merupakan campuran dari Ammonium Nitrat (NA) sebagai zat pengoksidasi dan *fuel oil* (FO) sebagai bahan bakar. Untuk pencampuran bahan peledak tersebut, menggunakan *Mobile Mixing Unit* (MMU).

4.2 Data Scaled Distance (SD)

Berdasarkan data jarak dan jumlah muatan yang meledak, maka nilai *scaled distance* (SD) dapat diketahui pada peledakan didapatkan jarak lokasi pengambilan data dengan lokasi peledakan sejauh 1000 meter dan memiliki jumlah muatan bahan peledak yaitu 22 Kg, sehingga perhitungan untuk *scaled distance* adalah :

$$SD = \frac{1000}{\sqrt{22}}$$

$$SD = 213,20 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dengan menggunakan cara yang sama tetapi muatan bahan peledak yang berbeda sesuai dengan isian setiap lubang ledaknya ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1 *Scaled Distance*

No	Jarak (m)	Isian Bahan (kg)	Scale Distance (m/kg)
1	1000	22	213.20
2	1000	41	156.17
3	1000	45	149.07
4	1000	52	138.68
5	1000	58	131.31
6	1000	65	124.03
7	1000	72	117.85
8	1000	79	112.51
9	1000	86	107.83
10	1000	94	103.14
11	1000	96	102.06
12	1000	99	100.50
13	1000	107	96.67
14	1000	114	93.66
15	1000	121	90.91
16	1000	129	88.05
17	1000	133	86.71
18	1000	137	85.44
19	1000	144	83.33
20	1000	152	81.11
21	1000	159	79.31
22	1000	166	77.62
23	1000	164	78.09

4.3 Data Ground Vibration

Peak Particle Velocity (PPV) adalah perhitungan konstanta dengan *scaled distance* dan ekponen yang didapatkan dengan bersamaan rumus sebagai berikut :

$$PPV = K \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^e$$

Berdasarkan tabel 1 menggunakan persamaan (1), didapatkan nilai *peak particle velocity* (PPV) adalah :

$$PPV = (8736)(213.20)^{-1.79}$$

$$PPV = 0.59 \text{ mm/s}$$

Selanjutnya, hasil perhitungan PPV diteruskan pada tabel 2

Tabel 2 Data *Ground Vibration*

No	Jarak (m)	Muatan (Kg)	SD (m/kg)	K	B	PPV (mm/s)
1	1000	22	213.20	8736	1.79	0.59
2	1000	41	156.17	8736	1.79	1.03
3	1000	45	149.07	8736	1.79	1.12
4	1000	52	138.68	8736	1.79	1.28
5	1000	58	131.31	8736	1.79	1.41
6	1000	65	124.03	8736	1.79	1.56
7	1000	72	117.85	8736	1.79	1.71
8	1000	79	112.51	8736	1.79	1.86
9	1000	86	107.83	8736	1.79	2.01
10	1000	94	103.14	8736	1.79	2.17
11	1000	96	102.06	8736	1.79	2.22
12	1000	99	100.50	8736	1.79	2.28
13	1000	107	96.67	8736	1.79	2.44
14	1000	114	93.66	8736	1.79	2.58
15	1000	121	90.91	8736	1.79	2.73
16	1000	129	88.05	8736	1.79	2.89
17	1000	133	86.71	8736	1.79	2.97
18	1000	137	85.44	8736	1.79	3.05
19	1000	144	83.33	8736	1.79	3.18
20	1000	152	81.11	8736	1.79	3.34
21	1000	159	79.31	8736	1.79	3.48
22	1000	166	77.62	8736	1.79	3.62
23	1000	164	78.09	8736	1.79	3.58

Hasil nilai dari *ground vibration* yang didapatkan pada tabel 4.2, menunjukkan bahwa pada nilai terkecil pada PPV adalah 0.59 mm/kg dan nilai terbesar PPV adalah 3.62 mm/kg.

4.4 Analisis Regresi

Analisis ini dilakukan untuk menentukan konstanta (K) dan eksponen (e) yang didapatkan, selanjutnya akan dilakukan rekomendasi isian dari perusahaan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan yaitu : 3 mm/s.

Tabel 3 Perhitungan antara K dan e (b)

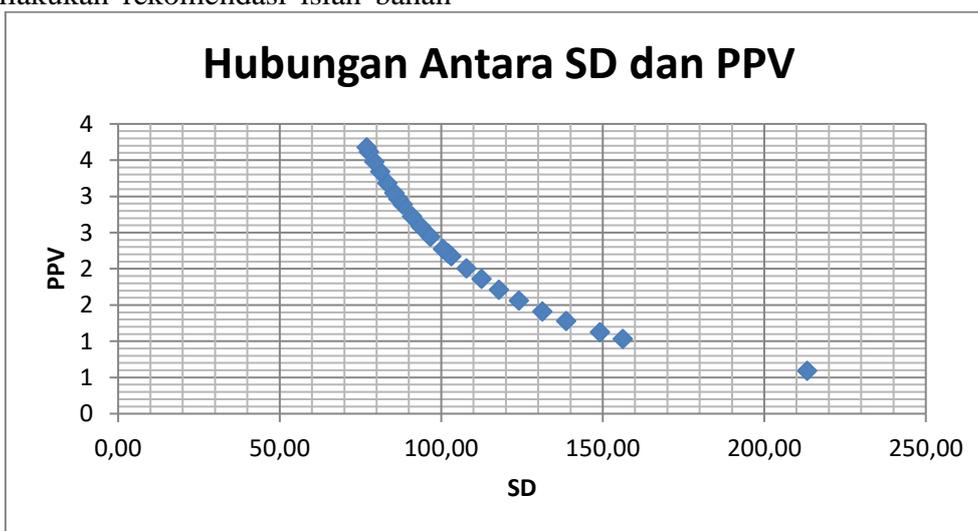
Jarak (m)	Muatan (Kg)	SD (m/kg)	PPV (mm/s)	K	E	X= log SD	Y =log PPV	xi.yi	xi2
1000	22	213.20	0.59	8736	1.79	2.33	-0.23	-0.53	5.42
1000	41	156.17	1.03	8736	1.79	2.19	0.01	0.03	4.81
1000	45	149.07	1.12	8736	1.79	2.17	0.05	0.11	4.72
1000	52	138.68	1.28	8736	1.79	2.14	0.11	0.23	4.59
1000	58	131.31	1.41	8736	1.79	2.12	0.15	0.32	4.49
1000	65	124.03	1.56	8736	1.79	2.09	0.19	0.41	4.38
1000	72	117.85	1.71	8736	1.79	2.07	0.23	0.48	4.29
1000	79	112.51	1.86	8736	1.79	2.05	0.27	0.55	4.21
1000	86	107.83	2.01	8736	1.79	2.03	0.30	0.62	4.13
1000	94	103.14	2.17	8736	1.79	2.01	0.34	0.68	4.05
1000	96	102.06	2.22	8736	1.79	2.01	0.35	0.69	4.04
1000	99	100.50	2.28	8736	1.79	2.00	0.36	0.72	4.01
1000	107	96.67	2.44	8736	1.79	1.99	0.39	0.77	3.94
1000	114	93.66	2.58	8736	1.79	1.97	0.41	0.81	3.89
1000	121	90.91	2.73	8736	1.79	1.96	0.44	0.85	3.84

1000	129	88.05	2.89	8736	1.79	1.94	0.46	0.90	3.78
1000	133	86.71	2.97	8736	1.79	1.94	0.47	0.92	3.76
1000	137	85.44	3.05	8736	1.79	1.93	0.48	0.93	3.73
1000	144	83.33	3.18	8736	1.79	1.92	0.50	0.97	3.69
1000	152	81.11	3.34	8736	1.79	1.91	0.52	1.00	3.64
1000	159	79.31	3.48	8736	1.79	1.90	0.54	1.03	3.61
1000	166	77.62	3.62	8736	1.79	1.89	0.56	1.06	3.57
1000	169	76.92	3.68	8736	1.79	1.89	0.57	1.07	3.56
JUMLAH		2496.08	53.20			46.46	7.48	14.60	94.15

4.5 Hubungan SD dan PPV

Penentuan nilai konstanta (k) dan eksponen (e) ini dilakukan untuk mendapatkan persamaan dan selanjutnya akan dilakukan rekomendasi isian bahan

peledak yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan yaitu 3 mm/s dari nilai k dan e yang didapatkan dari analisis tersebut.



Gambar 1 Hubungan SD dan PPV

Dari hasil analisis regresi pada gambar 4.1, didapatkan hubungan antara nilai SD dan PPV yaitu $Y = 8736 X^{-1.79}$ atau $PPV = 7836 SD^{-1.79}$, dengan koefisien untuk yaitu $R^2 = 0.8406$ dan $R = 0.9168$ yang merupakan akar dari R^2 . Nilai akar R^2 yaitu R dinyatakan dalam bentuk negatif karena bentuk *trendline* mengarah dari kiri atas ke kanan bawah. Korelasi negatif menyatakan bahwa setiap kenaikan nilai x atau SD maka akan diikuti dengan penurunan nilai y atau PPV. Dengan kata lain nilai SD berbanding terbalik dengan nilai PPV. Korelasi kuat menyatakan pengaruh yang kuat dari perubahan nilai x atau SD terhadap nilai y atau PPV. Nilai koefisien determinasi yaitu $R^2 = 0.8406$ (84%)

Tabel 4 Interpretasi Koefisien Korelasi R

Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,25	Tidak ada Hubungan/ Hubungan Lemah
0,26 – 0,50	Hubungan Sedang
0,51 – 0,75	Hubungan Kuat
0,76 – 1	Hubungan Sangat Kuat/ Sempurna

Pada grafik hubungan PPV dan SD menjelaskan bahwa jarak dari lokasi peledakan dengan pengukuran memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap getaran. Pertambahan jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran akan mengurangi nilai getaran yang dihasilkan dari kegiatan peledakan,

Dari kegiatan tersebut terjadi dua jenis penjalaran gelombang yaitu

gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*). Pada saat terjadinya ledakan PPV (*peak particle velocity*) mengalami pergerakan gelombang transversal, vertikal, dan longitudinal. Kecepatan penjalaran gelombang sangat dipengaruhi oleh karakteristik material di lokasi. Pada gelombang longitudinal (P) mempunyai cepat rambat yang paling besar dibandingkan dengan gelombang lainnya yaitu transvesal dan permukaan. Sedangkan pada cepat rambat gelombang permukaan, terdiri dari gelombang *rayleigh* yang merambat pada permukaan bebas dan gelombang *love* akan merambat pada lapisan permukaan.

4.6 Rekomendasi Isian bahan peledak

Dari perhitungan diatas dapat diketahui nilai SD yang akan dipakai ketika proses peledakan dengan nilai getaran tanah (*ground vibration*) yang aman. Selanjutnya untuk besaran isian maksimum bahan peledak yang digunakan berdasarkan jarak lokasi peledakan ditunjukkan pada tabel 4.7 untuk PPV sebesar 3 mm/s dan pada tabel 4.8 untuk PPV sebesar 5 mm/s.

Tabel 5 Rekomendasi muatan bahan peledak dengan 3 mm/s

No	PPV (mm/s)	Jarak (m)	SD	Isian Bahan Peledak Maks. (Kg)
1	3	400	86.16	21.55
2	3	500	86.16	33.68
3	3	600	86.16	48.50
4	3	700	86.16	66.01
5	3	800	86.16	86.21
6	3	900	86.16	109.11
7	3	1000	86.16	134.71

Tabel 6 Rekomendasi muatan bahan peledak dengan 5 mm.

No	PPV (mm/s)	Jarak (m)	SD	Isian Bahan Peledak Maks. (Kg)
1	5	400	64.77	38.14
2	5	500	64.77	59.60
3	5	600	64.77	85.82
4	5	700	64.77	116.81
5	5	800	64.77	152.56
6	5	900	64.77	193.09
7	5	1000	64.77	238.38

5. KESIMPULAN

1. Dari proses kegiatan peledakan dengan menggunakan pola peledakan *Staggered Pattern/ Zig-zag* dan pola pemboran dengan perbandingan burden dan spasi adalah 7m dan 8m dengan menggunakan bahan peledakan ANFO (*Ammonium Nitrat Fuel Oil*), sehingga akan menghasilkan jarak aman sesuai dengan jarak dan jumlah isian bahan peledakan yang digunakan.
2. Dari kegiatan peledakan tersebut di ketahui bahwa pengaruh antara jarak dan bahan peledak per lubang ledak sangat kuat. Hasil dari pengukuran menunjukkan bahwa 84% dari *peak particle velocity* dipengaruhi oleh *scaled distance*, sehingga dapat dikatakan bahwa keduanya memiliki hubungan yang sangat kuat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, Roby & Toha, Taufik & Komar, Syamsul. 2017. *Analisis Korelasi Scaled Distance Terhadap Getaran Tanah Pada Operasi Peledakan Batu Kaput PT. Semen Baturaja (Persero)*. Vol. 08, No. 02. Jurnal Teknik Patra Akademik.
- Frianto, Rudi, dkk. 2014. *Kajian Teknik Geometri Peledakan Pada Keberhasilan Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Hasil Ledakan*. Vol. 11, No. 1, (56 – 67). Jurnal Fisika FLUX.

- Konya, J. C., & Walter J. E., 1991, *Rock Blasting and Overbreak Control*, NHI Course No. 13211
- Octava, Adree. 2016. *Geologi Pertambangan*. Medan : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan,
- Permana, Ahmad Ridha & Heriyadi, Bambang. 2019. *Kajian Pengurangan Getaran Tanah (Gound Vibration) Pada Peledakan Overburden Tambang Batubara Di PT. Artamulia TataPramata*. Vol. 4, No. 1. Jurnal Bina Tambang.
- Rifandy, Akhmad & Domilli, Mohammad Harris. 2014. *Analisis Getaran Tanah Peledakan Untuk Mencapai Kondisi Aman pada Kawasan Pemukiman Pada PT. Cipta Kridatama Site MHU*. Vol. 2, Jurnal Geologi Pertambangan.
- Riyanto, Agus. 2013. *Statistik Inferensial Untuk Analisis Data Kesehatan*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Rusmawati, dkk. 2017. *Evaluasi Isian Bahan Peledak Berdasarkan Groundvibration Hasil Peledakan Overburden Pada PT Bina Sarana Sukses Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan*. Vol: 14 No: 1, Jurnal Fisika FLUX.
- Sahdian, Nur Hikmah Eko, dkk. 2015. *Analisis Ground Vibration Menggunakan Pendekatan Peak Particle Velocity Pada Kegiatan Peledakan Serta Dampak Terhadap Bangunan PT. Kedeco Jaya Agung Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Penelitian Teknik Pertambangan Makassar.
- SNI 7571:2010 Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan.
- Susanti, Meilia Nur Indah. 2010. *Statistika Deskriptif & Induktif*. Yogyakarta; Graha Ilmu.