



Analisis Hubungan Kerapatan Kekar dengan Tingkat Getaran Tanah Hasil Peledakan

Muhamad Sundayana, Yuliadi, Indra Karna Wijaksana*

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 18/8/2022

Revised : 7/12/2022

Published : 21/12/2022



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 2

No. : 2

Halaman : 133-140

Terbitan : **Desember 2022**

ABSTRAK

Dengan karakteristik batuan yang keras, metode pembongkaran dengan peledakan akan menjadi yang paling efektif untuk dilakukan. Apabila getaran melampaui ambang batas yang ditentukan, maka dapat mengakibatkan kerusakan pada infrastruktur yang berada di daerah sekitar peledakan, mengingat lokasi peledakan yang dekat dengan pemukiman warga. Hal tersebut menunjukkan pentingnya suatu pengawasan terhadap getaran tanah dari hasil kegiatan peledakan yang dilakukan agar tetap aman dan tidak merusak lingkungan. Data primer yang diambil untuk penelitian yaitu jarak pengamatan ke titik peledakan, muatan bahan peledak, jumlah lubang ledak, tingkat getaran peledakan, identifikasi struktur kekar menggunakan metode scanline. Parameter yang berpengaruh terhadap tingkat getaran tanah hasil peledakan dapat diketahui dengan analisis regresi linier dan regresi power. Menghitung prediksi getaran tanah menggunakan persamaan Langefors & Kielstorm [1], menghitung estimasi muatan bahan peledak maksimum menggunakan persamaan USBM, dan untuk hubungan kerapatan kekar dengan tingkat getaran tanah menggunakan hubungan frekuensi kekar dan PVS. Data prediksi yang dihasilkan didapatkan bahwa model PVS hasil prediksi regresi power memiliki nilai yang sangat mendekati dengan nilai PVS aktual dengan keyakinan 94%. Untuk rekomendasi muatan bahan peledak maksimum yang masih dapat digunakan dengan jarak 250m adalah sebesar 47,47 kg. Dari analisis hubungan getaran dengan kerapatan kekar pada lereng mempunyai tingkat hubungan yang sangat kuat.

Kata Kunci : Peledakan; Tingkat Getaran Peledakan; Kerapatan Kekar.

ABSTRACT

With the characteristics of hard rock, demolition method by blasting will be the most effective way to do it. If the vibration exceeds the specified threshold, it can cause damage to the infrastructure in the area around the blasting, given the location of the blasting is close to residential areas. This shows the importance of monitoring the ground vibrations resulting from blasting activities so that they remain safe and do not damage the environment. The primary data taken for the research were the observation distance to the detonation point, the explosive charge, the number of blast holes, the level of blasting vibrations, identification of joint structures using the scanline method. Parameters that affect the level of ground vibration resulting from blasting can be known by linear regression analysis and power regression. Calculating predicted ground vibrations using the Langefors & Kielstorm [1] equation, calculating the estimated maximum explosive charge using the USBM equation, and for the relationship between joint density and ground vibration level using the joint frequency and PVS relationships. The resulting predictive data shows that the PVS model resulting from the power regression prediction has a value that is very close to the actual PVS value with 94% confidence. For recommendations for the maximum explosive charge that can still be used at a distance of 250m is 47.47 kg. From the analysis of the relationship between vibration and joint density on the slopes, the relationship level is very strong.

Keywords : Blasting; Ground Vibration; Joint Density

@ 2022 Jurnal Riset Teknik Pertambangan Unisba Press. All rights reserved.

A. Pendahuluan

Kegiatan penambangan merupakan suatu kegiatan yang diawali dengan kegiatan pembeaian, pemuatan dan pengangkutan suatu material. Pada tahapan pembeaian pada umumnya diambil dengan alat mekanis, akan tetapi jika suatu material tambang memiliki tingkat kekerasan yang sulit dibongkar dengan alat mekanis. Maka memungkinkan pembeaian akan dilakukan dengan kegiatan peledakan. Kegiatan peledakan merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan untuk membongkar batuan yang keras dari batuan induknya sehingga menjadi fragmen-fragmen yang berukuran lebih kecil sehingga memudahkan dalam proses penggalian [2]. Ledakan menghasilkan getaran tanah yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur sekitarnya. Dalam beberapa dekade terakhir, getaran tanah akibat ledakan dan penyebarannya dalam massa batuan telah menarik lebih banyak perhatian. Efek ledakan meliputi perubahan perilaku batuan yang berimplikasi pada stabilitas dan integritas struktur [3]. Dengan metode peledakan terdapat efek getaran yang dihasilkan. Semakin banyak bahan peledak yang digunakan, maka tekanan dan energi yang dihasilkan untuk membongkar batuan akan semakin memiliki daya bongkar yang sangat besar. Dengan demikian getaran peledakan adalah getaran yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan yang berpengaruh terhadap lingkungan. Besarnya tingkat getaran dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya jarak pengukuran, jumlah dan jenis bahan peledak yang digunakan per waktu tunda, struktur batuan dan desain peledakan [4].

Kekar adalah suatu retakan (*fracture*) pada batuan yang relatif tidak mengalami pergeseran pada bidang rekahnya, yang disebabkan oleh gejala tektonik maupun non tektonik [5]. Selain itu kekar (*joint*) merupakan salah satu faktor yang dapat menguntungkan dalam kegiatan peledakan yaitu dapat mempermudah hasil fragmentasi, dan dapat juga meredam energi peledakan. Menurut Monjezi [6] pada permukaan setiap rekahan terdapat refleksi gelombang ledak yang dihasilkan berdasarkan proses peledakan, karena dapat berfungsi sebagai freeface yang dapat meredam gelombang getar.

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu: (1) Mengetahui tingkat getaran tanah hasil peledakan; (2) Mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap tingkat getaran tanah akibat kegiatan peledakan; (3) Mengetahui muatan bahan peledak maksimum yang masih dapat digunakan; (4) Mengetahui hubungan kerapatan kekar terhadap tingkat getaran tanah.

B. Metode Penelitian

Teknik pengambilan data yang dilakukan secara primer dan sekunder, dimana data primer meliputi, observasi lapangan secara aktual, pengamatan struktur bangunan dipemukiman warga, pengukuran getaran tanah, muatan maksimum bahan peledak per-waktu tunda, identifikasi struktur kekar, pola peledakan serta dimensi jarak pola peledakan. Data sekunder meliputi jurnal terdahulu mengenai kegiatan peledakan, peta-peta dasar (Topografi, Morfologi, Geologi).

Dengan memadukan data primer dan data sekunder yang telah dikumpulkan sebelumnya, lalu dianalisis. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Minimate* yang kemudian diolah menggunakan *software Blastware, Microsoft Excel*. Input data yang diolah adalah berupa jarak pengukuran, muatan bahan peledak per waktu tunda, arah umum kekar, dan kerapatan kekar, adapun pengolahan data dilakukan untuk mendapat nilai *scaled distance*, koefisien peluruhan, *site exponent* dan koefisien korelasi.

C. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Tingkat Getaran Peledakan

Pengukuran getaran peledakan yang dilakukan di PT. XYZ akan didapatkan beberapa variabel data, diantaranya *Peak Particle Velocity (PPV)* dengan arah gelombang transversal, vertikal serta longitudinal. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Blastmate*, yaitu *Instatel Minimate Plus Series III*. Pengukuran getaran peledakan dilakukan didalam tambang itu sendiri dan juga pada area pemukiman warga yang paling dekat dengan lokasi peledakan karena adanya keluhan warga mengenai getaran yang dihasilkan PT. XYZ.

Tabel 1. Pengukuran Tingkat Getaran Peledakan

Lokasi	Jarak (m)		Weight (kg)		PVS (mm/s)	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Lereng Atas	230	252,2	1,57	1,66	0,223	1,26
Lereng Tengah	50	57,2	1,66	1,92	1,26	17,8
Lereng Bawah	50	147,2	1,632	1,728	1,33	22,9

Pengamatan Struktur Kekar

Pengukuran struktur kekar dilakukan guna membantu menganalisis getaran tanah hasil dari kegiatan peledakan [7]. Prosedur pengukuran struktur kekar, yaitu menggunakan metode *scanline* untuk mengukur jarak kekar semu serta arah dan kemiringan bidang-bidang diskontinuitas berupa kekar dengan bentangan 10 meter sampai 15 meter. Pengukuran stuktur kekar dilakukan pada 3 lereng yaitu lereng atas, lereng tengah, dan lereng bawah. Dilakukan nya pengukuran struktur kekar pada lereng-lereng tersebut karena merupakan lokasi area peledakan. Pengukuran jarak spasi kekar dilakukan pada lokasi penelitian yaitu secara langsung dengan cara melakukan pengukuran jarak dua bidang kekar tegak lurus yang terdekat. Hasil pengukuran jarak spasi kekar pada lokasi penelitian yang didapatkan bervariasi dengan kisaran antara 0,28 – 0,37 meter atau sekitar 2,8 – 3,5 cm lihat Tabel 2.

Tabel 2. Data Kerapatan Kekar

Lokasi	Jarak Scanline (m)	Frekuensi Kekar	\bar{x} Spasi (m)
Lereng Atas	15	40	0,35
Lereng Tengah	10	40	0,28
Lereng Bawah	10	30	0,37

Uji Normalitas

Sebelum melakukan uji statistik berupa regresi alangkah baiknya melakukan uji normalitas terlebih dahulu [8]. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui nilai sebaran data pada variabel jarak dan nilai getaran peledakan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui normal atau tidak normal distribusi dari persebaran data, pengolahan data untuk uji normalitas menggunakan software SPSS dengan metode Kolmogorov-Smirnov dengan nilai signifikasi >0,05 maka nilai residual berdistribusi normal atau nilai signifikasi < 0,05 maka residual berdistribusi tidak normal, lihat Tabel 3.

Tabel 3. Uji Normalitas

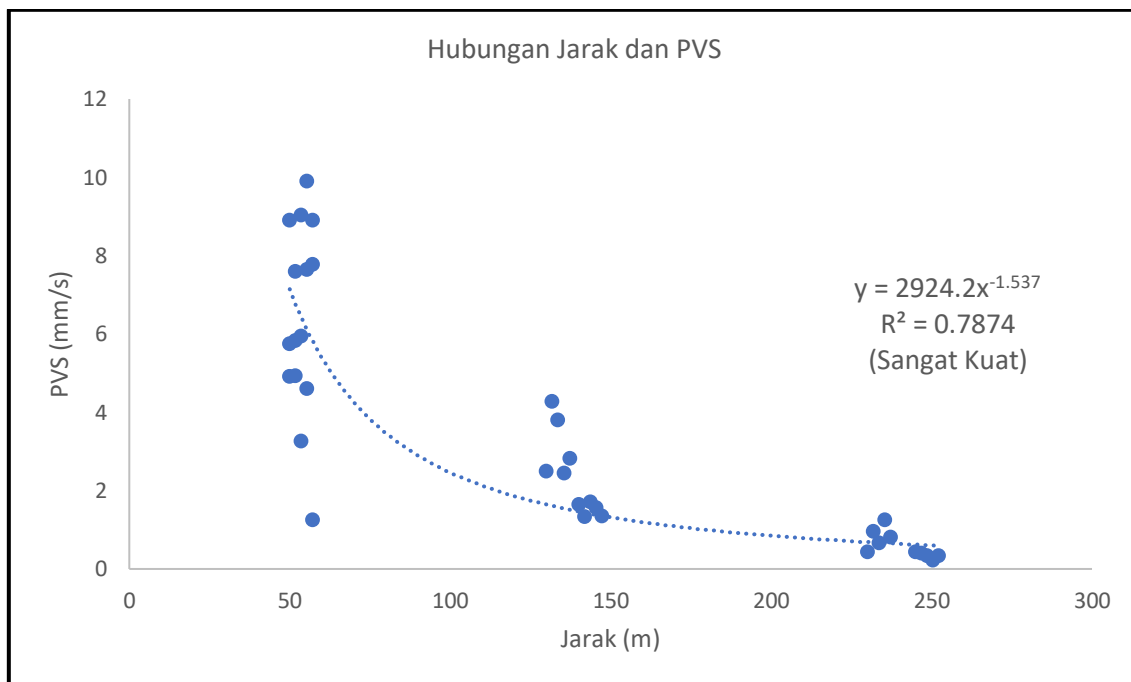
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Jarak	35	50.00	257.20	134.3143	83.10765
PVS	35	.223	9.900	3.58774	3.057260
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
		Unstandardized Residual			
	N	35			
Normal Parameters^{a,b}	Mean	.0000000			
	Std. Deviation	1.77467155			
Most Extreme Differences	Absolute	.107			
	Positive	.107			

	Negative	-.078
Test Statistic		.107
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Pada Tabel 3 hasil dari uji normalitas menghasilkan standar deviasi atau simpangan baku dari data jarak dan PVS adalah sebesar 1,774 dan juga nilai signifikasi sebesar 0,200 > 0.05 itu berarti data dari jarak dan PVS berdistribusi normal.

Hubungan PPV dengan Jarak

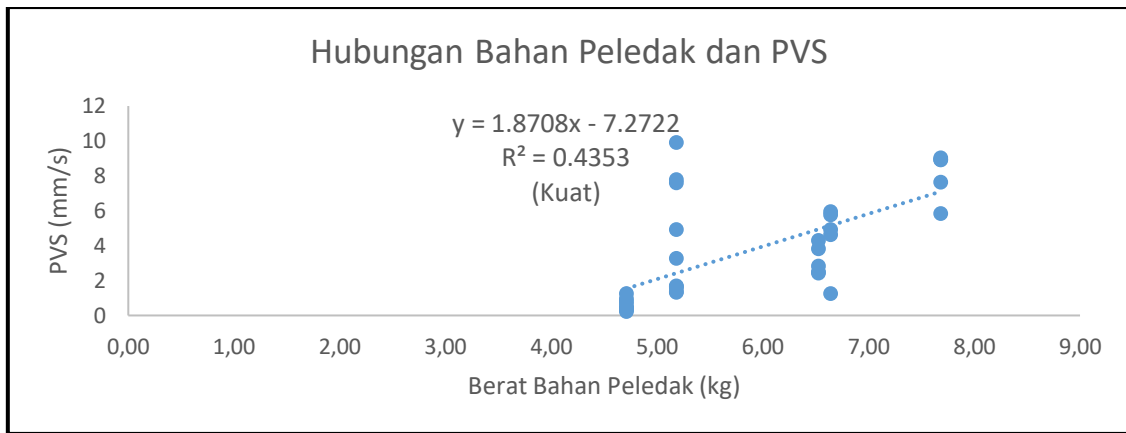
Jarak pengukuran dari titik peledakan akan mempengaruhi nilai PVS dimana semakin dekat jarak peledakan dengan stasiun pengamatan maka akan semakin besar juga tingkat getaran yang diterima atau nilai *particle velocity summary* (PVS) yang didapat, begitupun sebaliknya [9]. Hubungan jarak terhadap nilai getaran dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1. yang ditampilkan berdasarkan analisis regresi power didapat bentuk dari trendline yang mengarah dari kiri atas menuju kanan bawah, dinyatakan setiap penurunan pada nilai PVS bersamaan terjadi peningkatan terhadap jarak. Koefisien determinasi atau R² yang didapat dari hubungan tersebut adalah dengan nilai 0,7874 yang jika dihitung akan mendapat nilai koefisien korelasi R = 0,8875 atau sekitar 88%. Hal tersebut menandakan tingkat hubungan data yang sangat kuat.



Gambar 1. Hubungan Jarak dengan PVS

Muatan bahan peledak Terhadap PVS

Berat bahan peledak sendiri merupakan faktor utama yang mempengaruhi besarnya PVS. Semakin banyak bahan peledak yang digunakan maka akan semakin besar juga tingkat getaran yang dihasilkan. Besaran pengaruh PVS yang dihasilkan akibat dari penggunaan berat bahan peledak dapat dilihat pada Gambar 2 yang ditampilkan berdasarkan analisis regresi linier didapat bentuk dari *trendline* yang mengarah dari kiri bawah menuju kanan atas, dinyatakan setiap peningkatan pada nilai PVS bersamaan terjadi peningkatan terhadap berat bahan peledak. Koefisien determinasi atau R² yang didapat dari hubungan tersebut adalah dengan nilai 0,4353 yang jika dihitung akan mendapat nilai koefisien korelasi R = 0,6597 atau sekitar 65%. Hal tersebut menandakan tingkat hubungan data yang kuat. Dalam penggunaan bahan peledak, banyaknya bahan peledak yang meledak secara bersamaan harus diperhatikan, karena jika terlalu banyak akan menyebabkan getaran yang besar dan bisa melewati ambang maksimum dan menyebabkan kerusakan pada bangunan.



Gambar 2. Hubungan Muatan Bahan Peledak dengan PVS

Jenis Gelombang Getar

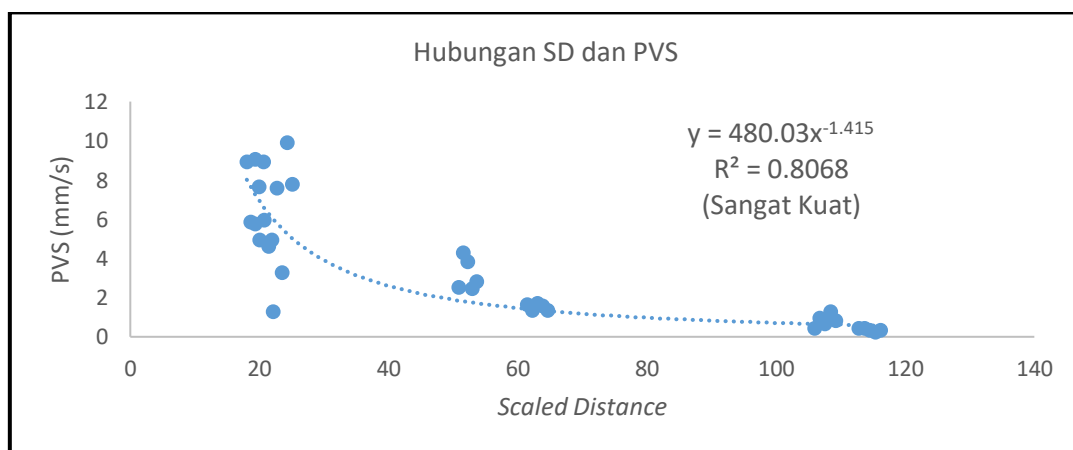
Berdasarkan pada data jenis gelombang getar yang dihasilkan dari 3 arah gelombang yaitu transversal, vertikal dan longitudinal. Dari ketiga jenis gelombang getar nilai gelombang getar vertikal yang lebih dominan dan memiliki nilai konstanta k (faktor peluruhan) yang lebih besar yaitu 590,6 dan e (site exponent) yang bernilai -1,587. Dibandingkan dengan kedua gelombang lainnya dapat dilihat pada Tabel 3. Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa gelombang vertikal memberikan pengaruh yang besar terhadap nilai *Peak Vector Summary*.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai k dan e dengan Analisis Regresi

No	Peak Particle Velocity	Regresi	R ²	R
1	Transversal	$PPV_T = 83,668 X^{-1,069}$	0,591	0,7687
2	Vertikal	$PPV_V = 657,41 X^{-1,621}$	0,8105	0,9002
3	Longitudinal	$PPV_L = 341,2 X^{-1,494}$	0,6407	0,8004
4	Summary	$PPV_S = 480,08 X^{-1,415}$	0,8068	0,8982

Konstanta Peluruhan dan Site Exponent

Konstanta peluruhan sangat dipengaruhi oleh tingkat peredaman batuan, semakin besarnya tingkat peredaman maka nilai konstanta peluruhannya akan semakin kecil. Semakin besar nilai K maka nilai e akan semakin besar juga, hal ini disebabkan karena keduanya yang saling berhubungan. Dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 5.6, bahwa konstanta peluruhan dan site exponent sangat mempengaruhi getaran peledakan dimana kedua konstanta tersebut saling berikatan nilai dari koefisien determinasi (R²) adalah 0,8068 atau dengan nilai korelasi sebesar 0,8982/89% yang artinya tingkat hubungan antar variabel sangat kuat.



Gambar 3. Grafik Konstanta Peluruhan dan Site Exponent

Getaran Tanah Terhadap Bangunan

Bangunan yang berada di lingkungan pemukiman warga termasuk pada bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja. Termasuk bangunan dengan pondasi kayu dan lantai yang hanya diberi adukan semen. Berdasarkan survei lapangan dan informasi yang didapat dapat disimpulkan bahwa bangunan di lingkungan pemukiman tergolong pada kelas 2 berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 7571:2010) mengenai klasifikasi jenis bangunan berdasarkan baku tingkat getaran permukaan. Hasil pengukuran tingkat getaran disekitaran pemukiman warga dengan jarak >250 meter menghasilkan nilai getaran minimum sebesar 0,223 mm/s dan nilai getar maksimum 1,26 mm/s, dengan demikian mempertimbangkan nilai PVS dan frekuensi yang didapat berdasarkan kondisi lapangan, serta memerhatikan kondisi sosial di wilayah penelitian batas maksimum getaran yang dapat diterima juga yaitu 3 mm/s. maka dari itu nilai getaran tanah hasil peledakan pada daerah penelitian masih aman dan dibawah nilai ambang batas getaran tanah berdasar hukum berdasarkan SNI 7571 tahun 2010.

Tabel 5. Kelas dan Jenis Bangunan SNI 7571:2010

Kelas	Jenis Bangunan	PVS (mm/s)	Frekuensi (Hz)
1	Bangunan kuno yang dilindungi Undang-undang benda cagar budaya	2	0 – 5
			5 – 20 20 -100
2	Bangunan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dengan lantai semen	3	0 – 5
			5 – 20 20 – 100
3	Bangunan pondasi bata dan adukan semen dengan slope beton	5	0 – 5
			5 – 20 20 – 100
4	Bangunan pondasi bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balok.	7 - 20	0 -5
			5 – 20 20 – 100
5	Bangunan pondasi bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja	12 - 40	0 -5
			5 – 20 20 - 100

Sumber: SNI 7571, 2010.

Estimasi Muatan Bahan Peledak Maksimum

Muatan bahan peledak merupakan faktor yang dapat menentukan tingkat getaran dari kegiatan peledakan. Maka dari itu dapat diprediksi muatan bahan peledak maksimal yang masih dapat digunakan untuk meningkatkan produksi tambang dengan memperhatikan tingkat getaran maksimum sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 7571:2010) mengenai klasifikasi jenis bangunan berdasarkan baku tingkat getaran permukaan yaitu dengan nilai PVS sebesar 3 mm/s. Jika diambil kondisi PVS maksimum yaitu 3 mm/detik dengan jarak 250 m dari pusat peledakan menuju pemukiman warga dengan menggunakan persamaan yang digunakan untuk optimalisasi bahan peledak dari USBM [10]. Diperoleh estimasi muatan bahan peledak maksimum yang masih dapat dipergunakan pada jarak 250 m dari pusat lokasi peledakan yaitu 47,5 kg/waktu tunda. Serta estimasi muatan bahan peledak maksimum dan nilai getaran yang akan dihasilkan didalam tambang itu sendiri dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Estimasi Muatan Bahan Peledak dengan *PVS* 3mm/s

No	<i>PVS</i> (mm/s)	K	e	Jarak (m)	Estimasi Muatan Bahan Peledak (kg)
1				50	1.91
2				100	7.63
3	3	480.03	-1.415	150	17.13
4				200	30.41
5				250	47.47

Hubungan Kerapatan Kekar dengan *PVS*

Dengan menggunakan analisis regresi linier menunjukkan Hubungan kerapatan kekar berupa frekuensi kekar dengan nilai tingkat getaran berupa *PVS*. Hasil yang ditampilkan berdasarkan analisis regresi linier didapat bentuk dari trendline yang mengarah dari kiri atas menuju kanan bawah, dinyatakan setiap kenaikan pada frekuensi kekar bersamaan terjadi penurunan terhadap nilai *PVS*. Sehingga menurut Monjezi [6] Keterdapatn struktur geologi dapat mempengaruhi rambatan gelombang sehingga nilai getaran akibat dari aktivitas peledakan akan terpengaruh. Dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hubungan Kerapatan Kekar dengan *PVS*

Lereng	R ²	R	Tingkat Hubungan
Lereng Atas	0,9011	0,9492	Sangat Kuat
Lereng Tengah	0,8872	0,9419	Sangat Kuat
Lereng Bawah	0,6995	0,8363	Sangat Kuat

D. Kesimpulan

Pengukuran dilakukan pada jarak yang bervariasi dengan tujuan untuk dapat mewakili dan memudahkan dalam penentuan prediksi tingkat getaran pada setiap jarak. Jarak pengukuran baku tingkat getaran tanah dilakukan dengan jarak 50 meter hingga 250 meter dengan tingkat getaran yang berkisar 0, mm/s hingga 15,70 mm/s.

Parameter yang mempengaruhi tingkat getaran tanah pada penelitian ini yakni: jarak, dengan tingkat hubungan sangat kuat, berat bahan peledak memiliki tingkat hubungan kuat, jenis gelombang getar yang sangat berperan rata-rata adalah gelombang vertikal dan konstanta peluruhan serta site exponent dengan tingkat hubungan sangat kuat.

Berdasarkan *PVS* maksimal yaitu 3 mm/s dengan jarak 250 meter dari pusat peledakan, muatan bahan peledak yang digunakan masih dapat ditingkatkan untuk mendapatkan hasil peledakan yang lebih optimal dan masih dibawah batas tingkat getaran yaitu sebesar 47,47 kg (Tabel 3).

Pengaruh kerapatan kekar pada lereng atas, lereng tengah, dan lereng bawah terhadap tingkat getaran tanah menunjukkan tingkat hubungan yang sangat kuat. Dinyatakan dengan setiap kenaikan pada frekuensi kekar bersamaan terjadi penurunan terhadap nilai *PVS*.

Daftar Pustaka

[1] U. Langefors dan B. Kihlstrom, *The Modern Technique of Rock Blasting*, 2 ed. Wiley or Almqvist & Wiksell, 1967.

[2] M. I. Ibrahim, Yuliadi, dan I. K. Wijaksana, “Analisis Kestabilan Terowongan Akibat Getaran Peledakan pada Konstruksi Development Terowongan #4 Kereta Cepat Indonesia China (KCIC) di Desa Sukajaya dan Desa Malangnengah, Kecamatan Sukatani, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa

- Barat,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, vol. 1, no. 1, hlm. 71–81, Okt 2021, doi: 10.29313/jrtp.v1i1.230.
- [3] R. Kumar, “Determination of Blast-Induced Ground Vibration Equations for Rocks Using Mechanical and Geological Properties,” 2015.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, “Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan,” 7571, 2010
- [5] P. Supendi *dkk.*, “Pengaruh Kerapatan Kekar Terhadap Fragmentasi Peledakan Andesit PT. Jo Sinohydro-Cic,” Sumedang, 2014.
- [6] M. Monjezi, M. Rezaei, dan A. Yazdian, “Prediction of backbreak in open-pit blasting using fuzzy set theory,” *Expert Syst Appl*, vol. 37, no. 3, hlm. 2637–2643, Mar 2010, doi: 10.1016/J.ESWA.2009.08.014.
- [7] M. A. Faisal dan D. Yulhendra, “Analisis Orientasi Kekar terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan di PT. Semen Padang,” *Jurnal Bina Tambang*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [8] J. Harlan, “Analisis Regresi Linear,” *J Chem Inf Model*, vol. 53, no. 9, hlm. 1–119, 2018.
- [9] Yuliana, Nurhakim, Riswan, Ferdinandus, dan Kartini, “Evaluasi Getaran Peledakan Overburden Berdasarkan Powder Factor pada PT Bina Sarana Sukses,” *GEOSAPTA*, vol. 3, no. 1, hlm. 49–53, 2017.
- [10] USBM, “Explosive and Blasting Procedures Manual.” Washington DC, 1950.