

Optimalisasi Penggunaan Bahan Peledak dan Penggunaan Delay berdasarkan Baku Tingkat Getaran Tanah di PT Chunur Jabal Nur (CJN), Desa Batujajar Timur, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat

Andes Nugraha *, Yuliadi, Iswandaru

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

*andesnugraha30@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, iswandaru@unisba.ac.id

Abstract. Mining activities in the case of rock formation that are hard enough or exceed the compressive strength value of 1 MPa, the method of dismantling the rock is more effective by using the chemical excavation method, namely the blasting method. The research was conducted at PT Chunur Jabal Nur, Batujajar Regency, West Java. Generally, rock blasting always has a negative impact on the company's environment. One of the negative impacts is ground vibration. This ground vibration can usually damage the structure of buildings around the blasting site if it passes the specified threshold value. Given that the location of the blasting with residential areas is close enough so that the resulting ground vibrations can affect surrounding buildings as well as affect company buildings. The basic reference for the analysis in this study is based on SNI 7571 Year 2010 with a maximum vibration level of 3 mm / s for the environment around the company and 2 mm / s for other structures used by connecting the ground vibration parameters, namely Peak Vector Summary (PVS) with Scaled Distance (SD) which will produce the blasting constant values in the form of values of K and e. From the results of this study, it can be seen that the overall level of vibration that can be generated does not exceed the community threshold and also the company threshold based on the Indonesian National Standard (SNI) 7571/2010. Modeling with Peak Particle Velocity (PPV) with power regression produces a higher value. tends to be closer to the actual PPV. The factors that influence it are the distance and charge of the explosives, so the closer the distance from the center of the explosion to the measuring point will increase the value of the resulting vibration level. Explosive charge recommendations can be made maximally from the PPV value prediction results based on power regression.

Keywords: Ground Vibration, Peak Particle Velocity (PPV), Peak Particle Sum (PVS), Explosive Load Per Time Delay, Measurement Distance.

Abstrak. Kegiatan penambangan dalam hal memberaikan batuan yang cukup keras atau melebihi nilai kuat tekan 1 MPa maka metode pembongkaran batuan lebih efektif dilakukan dengan metode pennggalian secara kimiawi yaitu dengan metode peledakan. Penelitian dilakukan di PT Chunur Jabal Nur, Kabupaten Batujajar, Jawa Barat. Umumnya peledakan batuan selalu menghasilkan dampak negatif terhadap lingkungan perusahaan. Salah satu dampak negatif tersebut adalah getaran tanah (ground vibration). Getaran tanah ini biasanya dapat merusak struktur bangunan di sekitar lokasi peledakan jika melewati nilai ambang batas yang ditentukan. Mengingat lokasi peledakan dengan pemukiman warga cukup dekat sehingga getaran tanah yang dihasilkan dapat mempengaruhi bangunan sekitar serta mempengaruhi bangunan perusahaan. Acuan dasar untuk analisis dalam penelitian ini berdasarkan SNI 7571 Tahun 2010 dengan tingkat getaran maksimum adalah 3 mm/s untuk lingkungan di sekitar perusahaan dan 2 mm/s untuk struktur lain yang digunakan adalah dengan menghubungkan parameter

getaran tanah yaitu Peak Vector Summary (PVS) dengan Scaled Distance (SD) yang akan menghasilkan nilai konstanta peledakan berupa nilai K dan e. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui tingkat getaran yang dapat dihasilkan secara keseluruhan tidak melebihi ambang batas masyarakat dan juga ambang batas perusahaan yang berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7571 Tahun 2010. Pemodelan dengan Peak Particle Velocity (PPV) dengan regresi power menghasilkan nilai yang lebih cenderung mendekati dari PPV aktualnya. Faktor yang mempengaruhinya adalah jarak dan muatan bahan peledak, sehingga semakin dekat jarak dari pusat ledakan ke titik pengukuran akan memperbesar nilai tingkat getaran yang dihasilkan. Rekomendasi muatan bahan peledak dapat dilakukan dengan maksimal dari hasil prediksi nilai PPV berdasarkan regresi power.

Kata Kunci: Getaran Tanah, Peak Particle Velocity (PPV), Peak Particle Sum (PVS), Muatan Bahan Peledak Per Waktu Tunda, Jarak Pengukuran.

1. Pendahuluan

Pada umumnya pada metode penggalian secara kimiawi dengan menggunakan bahan peledakan akan sangat rentan terhadap terjadinya dampak negatif terhadap lingkungan disekitarnya. Dampak negatif ini antara lain adaah getaran tanah (ground vibration). Pada penggunaan bahan peledak dapat disimpulkan bahwa semakin banyak bahan peledak yang digunakan, maka tingkat tekanan dan energi yang dihasilkan untuk memecah batuan akan semakin besar. Oleh karena itu, bahan peledak menjadi faktor penentu tingkat getaran tanah dari hasil peledakan (Liu, 2018).

Dalam hal manajemen pada kegiatan peledakan adalah menentukan waktu tunda (delay time). Waktu tunda pada peledakan adalah urutan waktu peledakan antara lubang-lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya. Sistem waktu tunda ini dapat ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah lemparan material atau runtuh material yang diharapkan (Agrawal, 2018). Parameter sistem waktu tunda ini akan sangat mempengaruhi hasil peledakan, baik fragmentasi hasil peledakan, displacement batuan, overbreak, dan intensitas getaran. Dengan adanya sistem waktu tunda (delay), akan memberikan keuntungan dapat mengurangi getaran tanah, overbreak, dan flying rock, serta dapat mengatur arah lemparan peledakan yang diinginkan (Kumar, 2016).

Oleh karena itu, PT CJN yang merupakan perusahaan tambang dengan bahan galian berupa batu andesit tentunya dalam pemberaiannya membutuhkan peledakan. Pemanfaatannya bagi perusahaan untuk mengetahui tingkat getaran di sekitar daerah penelitan dan wilayah tambang itu sendiri.

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang di atas, terdapat beberapa tujuan dari penelitian ini diantaranya yaitu :

1. Mengetahui tingkat getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan.
2. Mengetahui parameter yang mempengaruhi tingkat getaran tanah hasil kegiatan peledakan.
3. Mengetahui pengaruh dari adanya sistem waktu tunda terhadap getaran hasil peledakan.

2. Metodologi

Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Dampak negatif dari aktivitas peledakan terdiri dari, *flying rock*, *ground vibration*, *airblast*, dan fumes. *Ground vibration* atau yang dikenal sebagai getaran tanah akibat hasil peledakan merupakan gelombang yang bergerak dalam tanah akibat adanya sumber energi yang dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau aktivitas manusia, seperti kegiatan peledakan pada proses pembongkaran di area penambangan bahan galian (Liu, 2020).

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat getaran tanah akibat peledakan antara lain : (Liu, 2019).

1. Jumlah muatan bahan peledak maksimum yang meledak secara bersamaan dalam sistem

periode rangkaian inisiasi peledakan.

2. Jarak dari lokasi peledakan, pengaruh jarak terhadap tingkat getaran apabila jarak pengukuran lokasi peledakan semakin jauh maka getaran yang dihasilkan akan semakin kecil.

Variabel yang mempengaruhi terhadap hasil getaran tanah akibat peledakan terbagi menjadi dua (Kumar, 2016) :

1. Variabel dapat dikontrol

Adalah variabel yang dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan. Beberapa variabel yang dapat dikontrol, seperti : kemiringan lubang bor, pola pemboran, diameter lubang ledak, pola peledakan, dan lain-lain.

2. Variabel tidak dapat dikontrol

Merupakan faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara ilmiah. Beberapa contoh variabel yang tidak dapat dikontrol, seperti : Karakteristik massa batuan, struktur geologi, pengaruh air.

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

Memprediksi nilai getaran dapat menggunakan metode *Scaled Distance* dan *Peak Particle Velocity*. *Scaled distance* merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengontrol getaran tanah yang dapat menentukan jumlah bahan peledak yang diperlukan atau jarak aman untuk muatan bahan peledak yang jumlahnya telah ditentukan (Downing, 1984). Menurut Langefors dan Kiehlstrom, *scaled distance* dapat dihitung dengan:

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}}$$

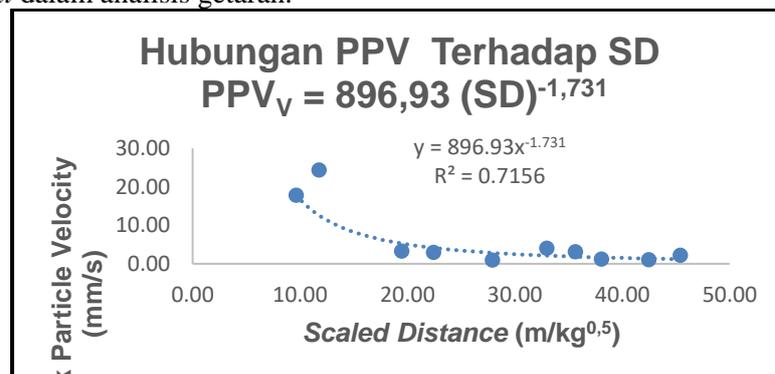
Keterangan :

D= Jarak pengukuran (m)

W= Muatan maksimum per waktu tunda (kg)

Prediksi Getaran dengan Koefisien Peluruhan Regresi Power

Analisis dengan regresi power dapat memunculkan nilai dari koefisien faktor peluruhan dan *site exponent* dalam analisis getaran.



Gambar 1. Grafik Hubungan PPV Terhadap SD

Rock Mass Rating (RMR)

Rock Mass Rating adalah salah satu metode klasifikasi massa batuan yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu massa batuan (Bienwaski, 1984). Umumnya RMR ini dipakai untuk mengevaluasi ketahanan massa batuan sebagai salah satu cara untuk menentukan kemiringan lereng maksimum yang bisa diaplikasikan untuk hal pembuatan terowongan.

3. Pembahasan dan Diskusi

Pengolahan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil atau analisis getarannya yaitu berupa

Penentuan *Scaled Distance*

Menurut USBM (1984) penentuan nilai *Scale Distance* diklasifikasikan menjadi tiga yaitu $> 50 \text{ m/kg}^{0.5}$ kategori aman dengan dampak kerusakan kecil, $< 50 \text{ m/kg}^{0.5}$ dikategorikan berbahaya dengan dampak kerusakan besar, dan $= 50 \text{ m/kg}^{0.5}$ dikategorikan paling aman. *Scale Distance* (SD) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $SD = \frac{D}{\sqrt{W}}$ dimana D adalah jarak dari lokasi peledakan ke titik pengukuran (m) sedangkan W adalah muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda (kg), salah satu contohnya jarak 93 meter dan muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda 4,22 kg maka diperoleh nilai SD seperti pada contoh perhitungan dibawah ini. *Scaled Distance* pada hasil pengolahan data pengukuran getaran tanah dapat dilihat pada **Tabel 1**.

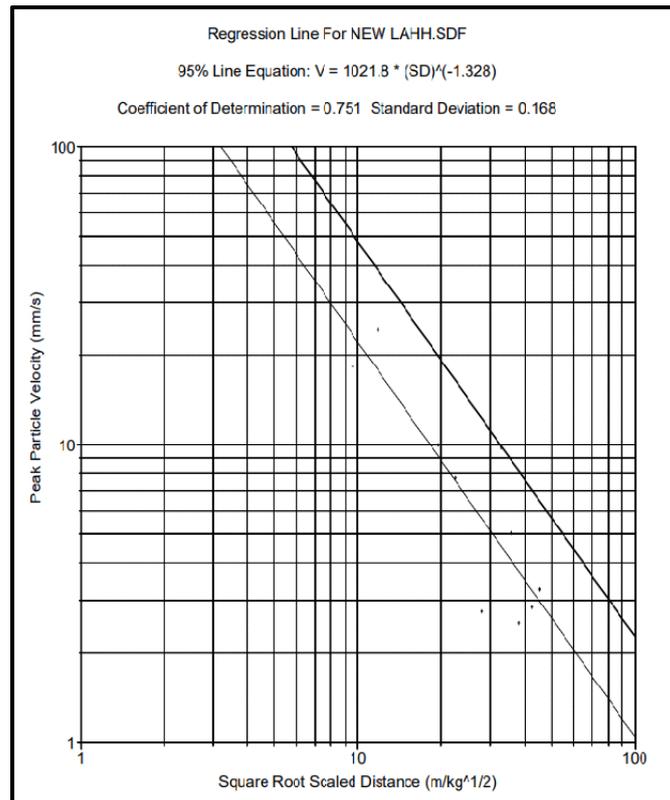
Tabel 1. Scaled Distance

Date	Blok	Jumlah Lubang	Isian perlubang	Jumlah Lubang Ledak bersamaan	Weight (kg)	Jarak (m)	Scaled Distance
19/12/20	1	34	1.4	3	4.2	93	45.38
	2	34	1.4	3	4.2	87	42.45
	3	34	1.4	3	4.2	78	38.06
	4	34	1.4	4	5.6	66	27.89
	5	31	1.4	10	14.0	44	11.76
	6	31	1.4	10	14.0	36	9.62
5/1/2021	7	30	1.4	9	12.6	69	19.44
	8	30	1.4	3	4.2	73	35.62
	9	31	1.4	8	11.2	75	22.41
	10	31	1.4	4	5.6	78	32.96

Menentukan Nilai Konstanta

Dalam penentuan nilai konstanta peledakan dilakukan menggunakan perangkat lunak berupa *Software Blastware*, data yang di input kedalamnya antara lain jarak titik pengukuran dengan lokasi peledakan, total muatan bahan peledak per *delay* dan nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) yang didapatkan dari hasil pengukuran getaran tanah (*ground vibration*) dalam satuan mm/s. Kemudian, data tersebut di input pada *tools Scaled Distance*, selanjutnya dilakukan penentuan grafik SD sesuai yang diinginkan sehingga akan dihasilkan grafik regresi linier berganda yang menunjukkan nilai konstanta (e dan K).

Konstanta yang didapatkan dari hubungan PPV terhadap *Scaled Distance* **Gambar 2** yaitu nilai yang dihasilkan oleh *Confidence* 95%. Nilai tersebut dapat digunakan untuk memprediksi nilai PPV dan menentukan rancangan muatan bahan peledak maksimum per *delay* sesuai dengan keadaan asli dilapangan atau sesuai dengan kondisi aktualnya berdasarkan pada jarak dan nilai ambang batas getaran hasil peledakan.



Gambar 2. Hubungan PPV Terhadap *Scaled Distance*

Dari kurva diatas didapatkan hubungan dari *Scaled Distance* dan PPV berupa nilai konstanta K sebesar 1021,8 dengan nilai e sebesar 1,33, sehingga dari kurva tersebut didapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dengan SD yaitu $V = 1021,8 (SD)^{-1,33}$. Konstanta diatas dapat memprediksi nilai *Peak Particle Velocity*. Sedangkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan dari pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak *Blastware* adalah 0,751. Hal ini menunjukkan bahwa nilai PPV ditentukan 75,1% oleh nilai *Scaled Distance* dan untuk sisa 24,9% merupakan faktor-faktor yang tidak diketahui tingkat hubungan dari kedua variabel tersebut. **Tabel 2** akan menunjukkan hasil pengolahan data untuk nilai-nilai *Peak Particle Velocity* (PPV), *Scaled Distance*, jumlah lubang, jarak pengukuran, dan muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda hingga nilai konstanta K dan e yang sudah diolah.

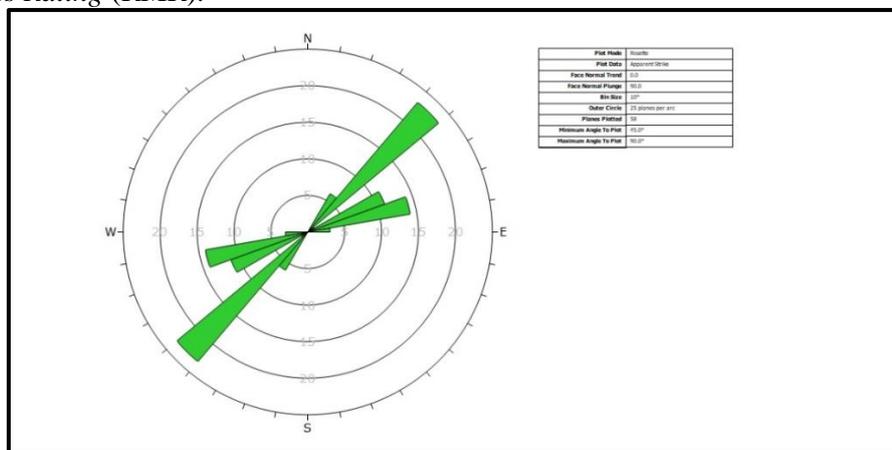
Tabel 2. Hasil Pengolahan Data

Diameter (inch)	K	e	Jumlah Lubang	Jarak (m)	Handak Kg/lubang	Weight	SD m/kg ^{0,5}	PVS mm/s
1,57			3	93	1,4	4,2	45,38	4,58
1,57			3	87	1,4	4,2	42,45	3,74
1,57			3	78	1,4	4,2	38,06	3,69
1,57	1021,8	-1,33	4	66	1,4	5,6	27,89	3,68
1,57			10	44	1,4	14	11,76	34,12
1,57			10	36	1,4	14	9,62	28,71
1,57			9	69	1,4	12,6	19,44	10,05

1,57	3	73	1,4	4,2	35,62	7,19
1,57	8	75	1,4	11,2	22,41	9,10
1,57	4	78	1,4	5,6	32,96	11,43

Pengaruh Struktur Terhadap Getaran dari Aktivitas Peledakan

Menurut *Monjezi et.al, 2010*, struktur geologi dapat mempengaruhi nilai suatu getaran akibat aktivitas peledakan. Struktur pada lokasi penelitian memiliki kekar yang sedikit, bahan galian berupa batuan andesit leleran (Breksi Andesit). **Gambar 3** akan menunjukkan arah umum dari data kekar di daerah lokasi penelitian peledakan. Data tersebut diolah untuk mendapatkan arah umum kekar, guna mengetahui arah getaran akan didistribusikan keluar atau diredam oleh adanya kekar. Data kekar itu juga dapat digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan batuan dan *Rock Mass Rating (RMR)*.



Gambar 3. Arah Umum Kekar Lokasi Penelitian

Jenis Gelombang Getaran

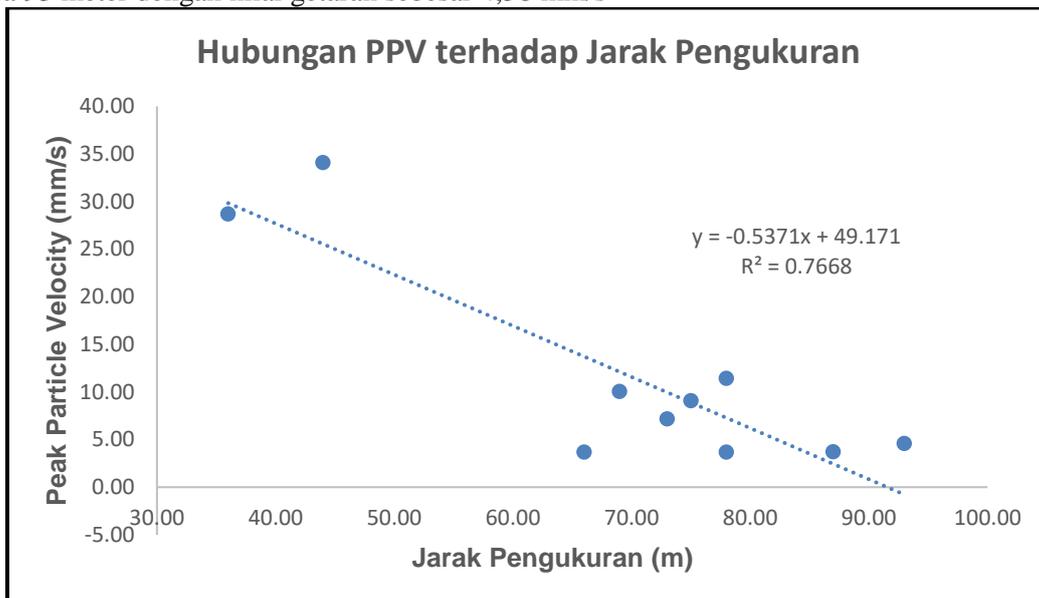
Berdasarkan hasil dari pengolahan dan analisis data yang didapatkan, gelombang yang dihasilkan pada aktivitas peledakan terdiri dari gelombang transversal, vertikal, dan longitudinal. Gelombang yang memiliki pengaruh terbesar terhadap tingkat getaran pada lokasi penelitian adalah gelombang vertikal. Hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai konstanta K dan e yang lebih besar dibandingkan konstanta yang dihasilkan dari gelombang lainnya (*Kumar et.al, 2016*) (*Zuo, Jinjing, 2020*). **Tabel 3** yang menunjukkan hasil dari masing-masing gelombang

Tabel 3. Rekapitulasi Persamaan Regresi Gelombang Getar

No.	Jenis Gelombang	Persamaan PPV
1	Transversal	$PPV_T = 185,26 (SD)^{-1,072}$
2	Vertikal	$PPV_V = 896,93 (SD)^{-1,731}$
3	Longitudinal	$PPV_L = 347,21 (SD)^{-1,321}$
4	Summary	$PPV_S = 665,84 (SD)^{-1,35}$

Jarak

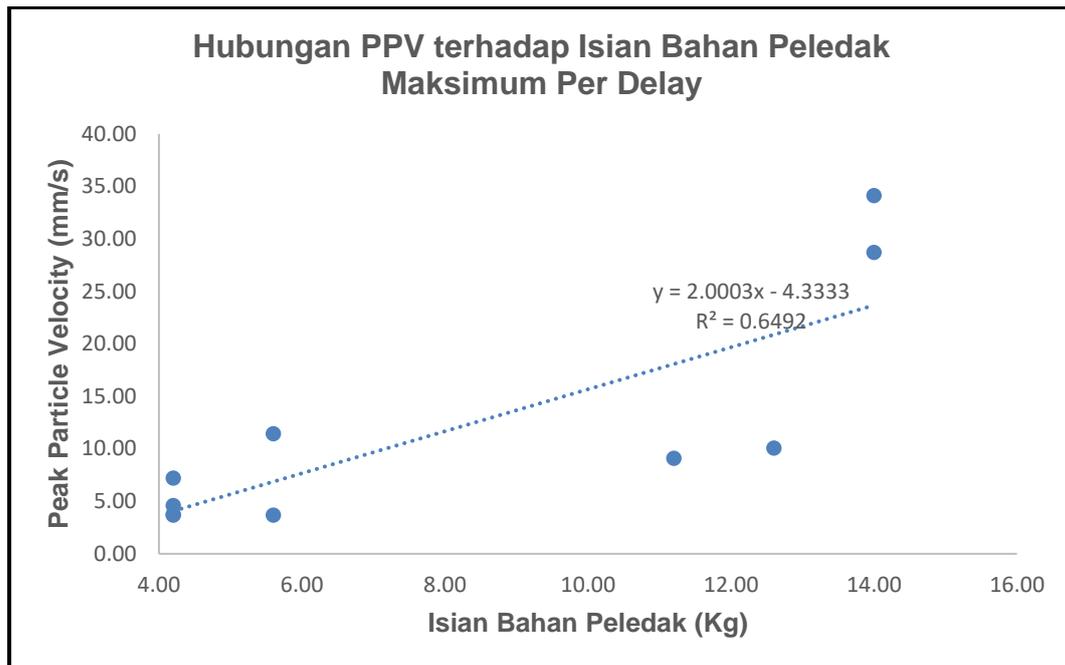
Jarak adalah salah satu faktor penting yang dapat menentukan besarnya nilai dari tingkatan getaran dari aktivitas peledakan. Jarak disini maksudnya adalah jarak dari lokasi penelitian peledakan terhadap titik pengukuran getaran. Hubungan antara jarak dengan getaran akan ditunjukkan pada grafik di **Gambar 4**, dengan menggunakan persamaan linier, dimana sumbu X berperan sebagai jarak pengukuran sedangkan sumbu Y sebagai nilai dari *Peak Particle Velocity* aktual yang didapatkan. Didapatkan nilai koefisien determinasi yang dihasilkan sebesar $R^2 = 0,7668$ yang menandakan getaran tanah sebesar 76,68% dipengaruhi oleh jarak, kedua variabel tersebut termasuk memiliki tingkat hubungan yang kuat. Analisis yang dapat diambil dari grafik tersebut menunjukkan semakin kecil jarak pengukuran terhadap titik lokasi peledakan maka akan semakin besar getaran yang akan dihasilkan. Jarak paling dekat berada pada 36 meter dengan nilai getaran sebesar 28,71 mm/s sedangkan jarak yang terjauh pada 93 meter dengan nilai getaran sebesar 4,58 mm/s



Gambar 4. Hubungan PPV terhadap Jarak Pengukuran

Muatan Bahan Peledak

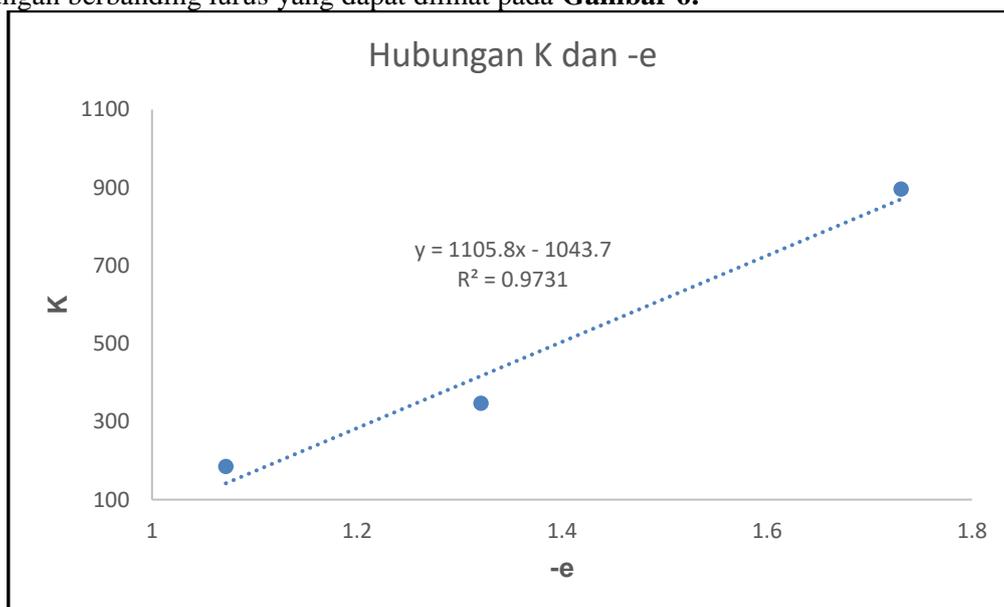
Muatan bahan peledak yang digunakan adalah salah satu faktor penting yang dapat menentukan besarnya nilai tingkatan getaran yang dihasilkan dari aktivitas peledakan. Semakin banyak muatan bahan peledak yang meledak secara bersamaan maka akan semakin besar energi yang dihasilkan. Didapatkan nilai koefisien determinasi yang dihasilkan adalah $R^2 = 0,6492$ yang menunjukkan getaran tanah sebesar 64,92% dipengaruhi oleh bahan peledak, kedua variabel memiliki tingkat hubungan yang kuat. **Gambar 5** menunjukkan, sumbu X adalah variabel untuk isian bahan peledak sedangkan sumbu Y adalah variabel untuk nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) yang didapatkan. Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan yang berbanding lurus ditunjukkan dengan semakin banyaknya muatan bahan peledak yang digunakan, maka semakin besar juga getaran yang dihasilkan. Muatan bahan peledak paling besar adalah 14 kg/delay dengan nilai getaran sebesar 28,71 mm/s.



Gambar 5. Hubungan PPV terhadap Isian Bahan Peledak Maksimum Per *Delay*

Konstanta Peledakan

Suatu konstanta dan nilai dari *site exponent* dalam aktivitas peledakan akan menentukan besarnya tingkat getaran yang dihasilkan. Semakin besarnya nilai K maka nilai e akan semakin besar (Kumar *et.al*, 2014). Dari grafik yang dianalisis merupakan nilai regresi yang didapatkan dari ketiga gelombang hasil getaran yang terdiri dari gelombang transversal, vertikal, dan longitudinal. Kedua variabel tersebut memiliki hubungan sangat kuat dengan ditunjukkannya nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9731$ yang menandakan besarnya getaran tanah dari aktivitas peledakan sebesar 97,31% ditentukan oleh nilai K dan e yaitu hubungannya terhadap karakteristik batuan dilokasi penelitian peledakan. Dimana sumbu X sebagai *site exponent* (e) sedangkan sumbu Y sebagai nilai faktor peluruhan (K). Kedua variabel tersebut memiliki hubungan berbanding lurus yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.

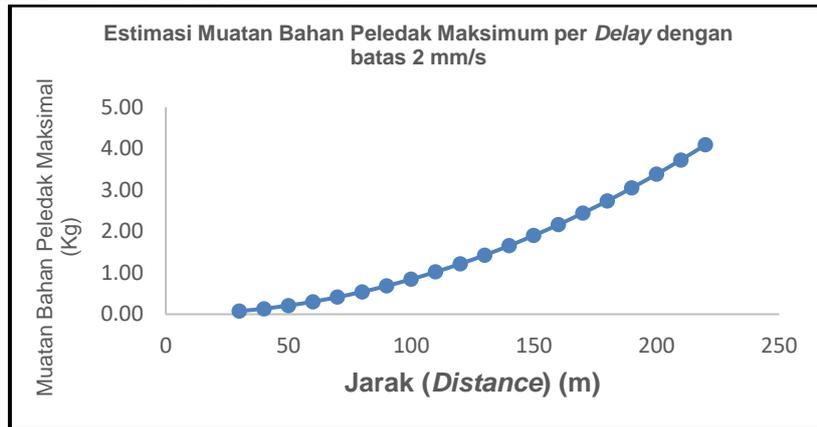


Gambar 6. Grafik Hubungan K dan -e

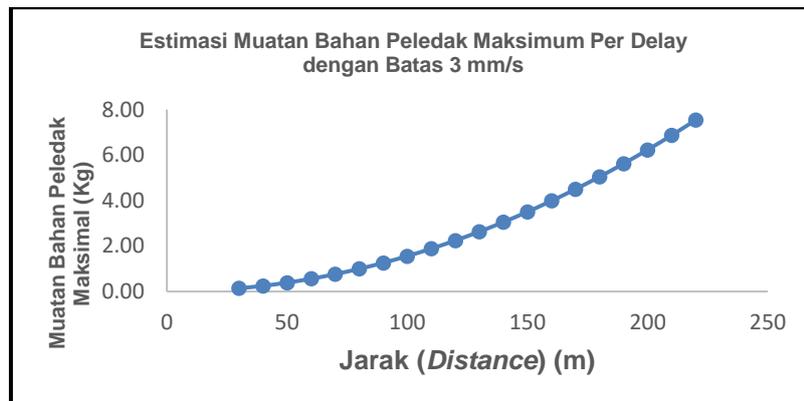
Penentuan Estimasi Muatan Bahan Peledak

Muatan bahan peledak dan jarak adalah faktor yang penting dalam menentukan tingkat getaran dari aktivitas peledakan. Semakin dekat jarak pengukuran terhadap titik lokasi peledakan maka akan semakin besar pula tingkat getaran yang dihasilkan, berbanding lurus juga terhadap muatan bahan peledak, semakin banyak muatan bahan peledak yang meledak bersamaan maka akan semakin besar juga tingkat getaran yang dihasilkan. (Liu, 2019).

Dalam penelitian, PVS maksimum yang dipakai tergolong pada tipe bangunan kelas 2 dengan memiliki batas maksimum 3 mm/s.



Gambar 7. Grafik Estimasi Muatan Bahan Peledak untuk Batas 2 mm/s



Gambar 8. Grafik Estimasi Muatan Bahan Peledak untuk Batas 3 mm/s

4. Kesimpulan

Tingkat getaran yang didapatkan di daerah penelitian disajikan dalam bentuk PVS (Peak Vector Summary) memiliki tingkat getaran dibawah nilai ambang batas berdasarkan Baku Tingkat Getaran menurut SNI 7571 Tahun 2010. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai getaran hasil peledakan berupa faktor terkendali dan tak terkendali. Faktor terkendali seperti muatan bahan peledak per maksimum Delay, jarak dan geometri peledakan. Sedangkan faktor tak terkendali seperti karakteristik massa batuan, struktur geologi, dan pengaruh air. Pengaruh getaran terhadap sistem waktu tunda adalah semakin banyaknya waktu tunda dari lubang yang meledak bersamaan, maka semakin besar muatan bahan peledak per delay sehingga akan meningkatkan nilai dari getaran tanah hasil peledakan.

Acknowledge

1. Allah SWT., memberikan kelancaran, rezeki, kesehatan, dan pikiran serta lainnya, dalam menyelesaikan penelitian.

2. Keluarga, yang selalu memberikan kenyamanan dan penyemangat dalam mengerjakan penelitian.
3. Bapak Dr., Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Unisba.
4. Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si., S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pertambangan Unisba.
5. Bapak Zaenal. S.T., M.T., selaku Koordinator skripsi yang senantiasa membimbing dan banyak membantu penulis dalam kelancaran pelaksanaan penelitian.
6. Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T. selaku pembimbing skripsi yang senantiasa membimbing dan banyak membantu penulis dalam penyusunan laporan penelitian.
7. Bapak Iswandar, S.T., M.T. selaku co-pembimbing skripsi yang senantiasa membimbing dan banyak membantu penulis dalam penyusunan laporan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Bieniawski. 1989. "Engineering Rock Mass Classification. John Wiley & Sons", New York
- [2] Bhandari, C.H., 1985, "Blast Vibration Monitoring and Control", Northwestern University, United States of America.
- [3] Cahyadi, R., Toha, T., dan Komar, S.. (2017). "Analisis Korelasi Scaled Distance terhadap Getaran Tanah pada Operasi Peledakan Batu Kapur PT Semen Baturaja (Persero)" Sumatera Selatan
- [4] Clark B. Phillip. 1996. "Rock Mass and Rippability Evaluation for A Proposed Open Pit Mine at Globe-Progress Near Reefton". New Zealand :University of Canterbury.
- [5] Dowding, H, Charles. 1985. "Blast Vibration Monitoring And Control". Canada.
- [6] Dwi, Karina. 2018. "Perbedaan Getaran dan Gelombang". ruangguru.com. Diakses pada tanggal 29 April 2021 pukul 19.21 WIB
- [7] Harlan, Johan. 2018. "Analisis Regresi Linear". Penerbit Gunadarma. Depok
- [8] Heru, 2012, "Analisis Getaran Tanah untuk Menentukan Nilai Peak Particle Velocity terhadap Tingkat Kerusakan Jenjang Penambangan di PT Newmont Nusa Tenggara, Sumbawa Barat-NTB, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta Koesnaryo,S. 2001. "Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak". Yogyakarta: Teknik Pertambangan, UPN 'Veteran'
- [9] Hopley, 1998. "Blaster's Handbook" International Society of Explosive Engineers Cleveland, Ohio. USA
- [10] International Society Of Explosives Engineers. (2011). "ISEE Blasters' Handbook". Cleveland, Ohio, International Society of Explosives Engineers
- [11] Koesnaryo,S. 2001. "Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak". Yogyakarta: Teknik Pertambangan, UPN 'Veteran'. SNI. 2010. SNI 7571: Baku Tingkat GetaranPeledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka TerhadapBangunan.Bandung: BSNKonya, C.J., and Walter, E.J., 1990, "Surface Blast Design", Washington DC.
- [12] Konya, C.J., and Walter, E.J., 1990, "Surface Blast Design", Washington DC.
- [13] Lind, D. A., Marchal, W. G., & Wathen, S. A. 2008. "Statistical Techniques In Business & Economics". Boston: McGraw-Hill/Irwin
- [14] Lubis, J. F., Toha, T., Ngudiantoro. (2018). "Study of Ground Vibration Reduction Using Fault Tree Analysis Method on Blasting Activity in PT Semen Baturaja (Persero)" Sumatera Selatan
- [15] SNI. 2010. SNI 7571: "Baku Tingkat GetaranPeledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka TerhadapBangunan".Bandung: BSN.
- [16] Rai, Made Astawa,dkk. 2013. "Mekanika Batuan". Bandung: Penerbit ITB
- [17] Royen, Can. 2015. "Analisis Getaran Tanah (Ground Vibration) Hasil Peledakan Overburden Di Site Tambang Air Laya Selatan Pt. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan" Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri

Padang

- [18] Widodo, Douglas. 2011. “Skripsi Analisis Ground Vibration pada Peledakan PT Thiess Contractor Indonesia, Site Senakin, Kalimantan Selatan”. Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- [19] Xiang, Lu. 2019. “ORELM: A Novel Machine Learning Approach for Prediction of Flyrock in Mine Blasting”. China: China University of Mining and Technology.
- [20] Zuhri M.A., dkk. 2018. “Pengaruh Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration) Akibat Peledakan Area PT.Rinjani Kartanegara, Kabupaten Kartanegara, Kalimantan Selatan” Kalimantan Selatan
- [21] Abdulah, Ashari Yunus, Maryanto. (2021). *Rencana Produksi Pengangkutan Overburden Berdasarkan Pola Hujan di PT X Site Asam-Asam, Desa Riam Andungan, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan*. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, 1(1), 8-21.