

Analisis Pengaruh Getaran Akibat Kegiatan Peledakan terhadap Infrastruktur di Sekitar Tambang Batu Andesit CV Panghegar, Desa Cilalawi, Kecamatan Sukatani, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat

Luki Sukmana*, Yuliadi, Zaenal

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

*lucky.sukmana2851@gmail.com, yuliadibejo@gmail.com, zaenal.mq66@gmail.com

Abstract. CV Panghegar is a company engaged in andesite mining. For the process of breaking up rocks into chunks of rock (fragmentation), a chemical excavation method is used, namely blasting. Ground vibrations will have a negative impact on nearby construction, such as on the Indonesia China Fast Train (KCIC) rail. Therefore, it is necessary to carry out research to determine the effect of blasting vibrations on the construction of the Indonesia China High Speed Train rail. The research method used is to carry out comparative analysis between scaled distance (SD) and peak particle velocity (PPV). The predictors used to predict ground vibration values are USBM, Langefors and Kiehlstrom, Ambraseys and Hendrion and Indian Standard. Determining the influence of waves on the peak particle velocity value depends on the value of the decay constant (k) and site exponent (e). The results obtained will provide recommendations for optimal explosives that do not exceed the threshold value set by KCIC, namely 2.5 cm/s or 25 mm/s. From the research results, it was found that the actual value of Peak Vector Sum (PVS) ranged from 0.854 – 25.89 mm/s. From the results of optimizing explosives with a limit of 25 mm/s, it was found that the minimum explosive charge value per delay was 15.97 kg at a distance of 50 m, while the maximum explosive charge value was 241.75 kg at a distance of 200 m. The results of optimizing the powder column length based on the explosive charge per hole ranged from 1.24 – 18.81 m.

Keywords: *Ground Vibrations, Peak Particle Velocity, Explosives Optimization.*

Abstrak. CV Panghegar merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batu andesit. Untuk proses pemberaian batuan menjadi bongkahan-bongkahan batuan (fragmentasi) menggunakan metode penggalian secara kimiawi yaitu peledakan (*blasting*). Getaran tanah akan berdampak negatif pada konstruksi di dekatnya, seperti pada rel Kereta Cepat Indonesia China (KCIC). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh dari getaran peledakan terhadap konstruksi rel Kereta Cepat Indonesia China. Metode penelitian yang digunakan dengan melakukan analisis komparatif antara *Scaled Distance* (SD) dengan *Peak Particle Velocity* (PPV). Prediktor yang digunakan untuk memprediksi nilai getaran tanah yaitu USBM, *Langefors and Kiehlstrom*, *Ambraseys and Hendrion* dan *Indian Standard*. Penentuan pengaruh gelombang pada nilai *peak particle velocity* tergantung pada nilai konstanta peluruhan (k) dan *site exponent* (e). Hasil yang didapatkan akan memberikan rekomendasi bahan peledak optimal yang tidak melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan KCIC yaitu 2,5 cm/s atau 25 mm/s. Dari hasil penelitian didapatkan nilai aktual dari *Peak Vector Sum* (PVS) berkisar dari 0,854 – 25,89 mm/s. Dari hasil optimalisasi bahan peledak dengan batas 25 mm/s didapatkan nilai muatan bahan peledak per *delay* minimal sebesar 15,97 kg dengan jarak 50 m sedangkan nilai muatan bahan peledak maksimal sebesar 241,75 kg dengan jarak 200 m. Adapun hasil optimalisasi panjang *powder column* berdasarkan muatan bahan peledak per lubang berkisar dari 1,24 – 18,81 m.

Kata Kunci: *Getaran Tanah, Peak Particle Velocity, Optimalisasi Bahan Peledak.*

A. Pendahuluan

Kegiatan peledakan merupakan salah satu kegiatan penambangan yang dilakukan untuk memberaikan batuan menjadi bongkah (*fragmentasi*). Peledakan akan memberikan dampak negatif berupa getaran tanah (*ground vibration*). Lokasi penelitian berada di tambang batu andesit CV Panghegar yang letaknya berada dekat jalur Kereta Cepat Indonesia China (KCIC), sehingga dikhawatirkan akan mengganggu infrastruktur bangunan tersebut. Menanggapi masalah tersebut maka perlu dilakukannya pengukuran getaran di sekitar lokasi infrastruktur jalur Kereta Cepat Indonesia China.

Penelitian ini dilaksanakan pada lokasi yang memiliki permasalahan perihal dekatnya lokasi peledakan dengan infrastruktur umum, sehingga dapat dilakukan analisis getaran peledakan terhadap nilai ambang batas yang ditentukan oleh pihak KCIC yaitu 2,5 cm/s atau 25 mm/s dan penggunaan bahan peledak optimum berdasarkan jarak aman terhadap bangunan di sekitarnya. Pada penelitian ini menggunakan data sebanyak 56 data getaran yang diambil di sekitar kuari penambangan CV Panghegar.

Berdasarkan latar belakang di atas, tujuan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui tingkat getaran tanah hasil kegiatan peledakan yang dilakukan.
2. Mengetahui optimasi jumlah bahan peledak yang digunakan sehingga getaran peledakan tidak melebihi nilai ambang batas.
3. Mengetahui optimasi geometri peledakan yang digunakan sehingga getaran peledakan tidak melebihi nilai ambang batas.

B. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu cara pengambilan data di lapangan dan pengolahan data sehingga dapat dilakukan suatu analisis data. Data yang didapatkan dari metode yang dilakukan yaitu:

Pengambilan Data

Adapun Teknik Pengambilan dilakukan untuk mengumpulkan data primer dan sekunder, sebagai berikut:

1. Data primer adalah data yang langsung diambil di lapangan, yaitu pengukuran geometri peledakan, data getaran hasil peledakan (PPV vertikal, longitudinal, transversal, Frekuensi, *Peak Vector Sum*), data kedudukan struktur geologi, jenis bahan peledak, peta situasi area peledakan, dan koordinat titik pengamatan dan titik peledakan. Cara pengambilan data primer dengan menggunakan alat *minimate* dan *micromate* pada pengukuran getaran peledakan, untuk data geometri peledakan dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat meteran, serta penentuan titik koordinat dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).
2. Data sekunder adalah data yang diambil untuk mendukung analisa penelitian, yaitu peta topografi, peta geologi lembar Cianjur, peta administrasi, SNI 7571:2010 tentang kelas dan jenis bangunan, spesifikasi peralatan dan perlengkapan peledakan.

Pengolahan Data

Hasil data yang telah dikumpulkan baik itu data primer maupun data sekunder kemudian akan diolah untuk dilakukan analisa. Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) prediksi, *site exponent*, konstanta peluruhan, geometri peledakan optimal dan muatan bahan peledak optimal.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan, sebagai berikut:

1. Menganalisis hubungan antara muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda terhadap peak particle velocity dan peak vector sum.
2. Menganalisis peak particle velocity dengan faktor muatan bahan peledak per waktu tunda dan jarak yang mempengaruhi perambatan getaran tanah.
3. Menganalisis hubungan antara jarak terhadap tingkat getaran tanah.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kegiatan Penelitian dilakukan di CV Panghegar di Kecamatan Sukatani, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa barat. Kegiatan penelitian terdiri dari 19 titik peledakan dan 25 titik pengamatan getaran peledakan yang diambil di sekitar infrastruktur terdekat dari lokasi peledakan. Dengan jarak terjauh pengukuran getaran 288 m dan terdekat 58 m.

Data geometri peledakan yang dilakukan pengukuran di lapangan berupa jumlah lubang, diameter lubang, *burden*, *spacing*, *stemming* dan panjang lubang, sedangkan data *subdrilling* yang berada di lapangan tidak ada dikarenakan lubang bor berada di atas *toe* atau tidak menyentuh lantai jenjang. Kemudian dilakukan perhitungan geometri peledakan teoritis menggunakan persamaan C.J Konya dengan rincian geometri peledakan aktual dan teoritis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Geometri Peledakan Aktual dan Teoritis

Parameter	Geometri Aktual	Geometri Teoritis
		C.J Konya
Diameter (inch)	2,5	2,5
Hole Depth (m)	5,54	5,84
Burden (m)	2,01	1,64
Spacing (m)	2,38	2,15
Stemming (m)	2,00	1,64
Subdrilling (m)	0	0,49
Loading Density (kg/m)	2,57	2,54
Powder Column (m)	3,55	4,69
Q per Lubang (kg)	9,11	11,92

Dari hasil pengukuran getaran tanah akan didapatkan beberapa variabel data, salah satunya yaitu *Peak Particle Velocity* (PPV). Berdasarkan arahnya PPV terbagi menjadi tiga jenis yaitu transversal, longitudinal, dan vertikal. Data tersebut dibuat grafik hubungan antara *Peak Particle Velocity* (PPV) dan *Scaled Distance* (SD). Adapun data hasil pengukuran PPV dengan nilai minimal dan maksimal pada 56 data keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Peak Particle Velocity (PPV)

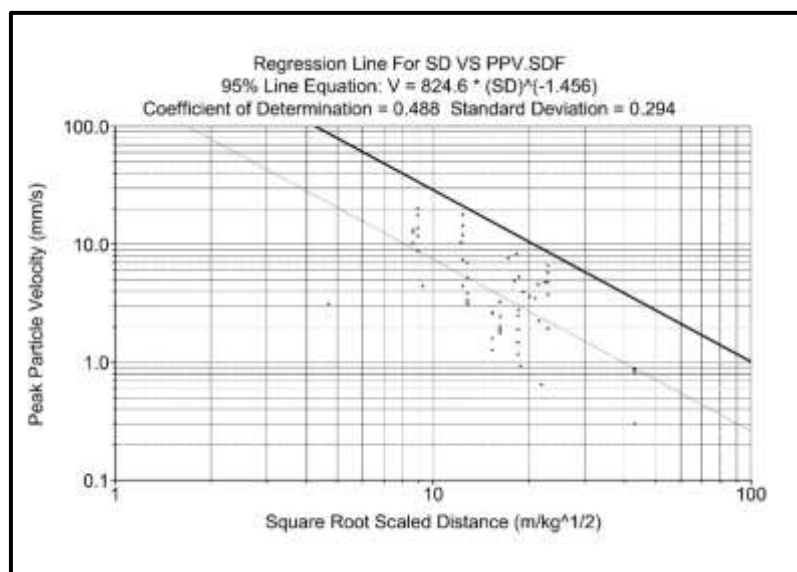
Lokasi	Jarak (m)		Berat Bahan Peledak (kg)		Peak Particle Velocity (mm/s)					
					Trans		Vert		Long	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
CV Panghegar	58	288	7,71	9,97	0,54	13,18	0,38	19,96	0,65	17,67

Scaled distance dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang digunakan. Berat isian bahan peledak akan berbanding lurus dengan getaran peledakan. Jika suatu isian bahan peledak semakin besar, maka getaran akan semakin besar namun nilai *scaled distance* akan mengecil. Sedangkan hubungan jarak dengan getaran peledakan berbanding terbalik. *Ground vibration* yang dihasilkan akan mengecil jika jarak pengamatan dan lokasi peledakan semakin jauh. Adapun data hasil perhitungan SD dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Scaled Distance

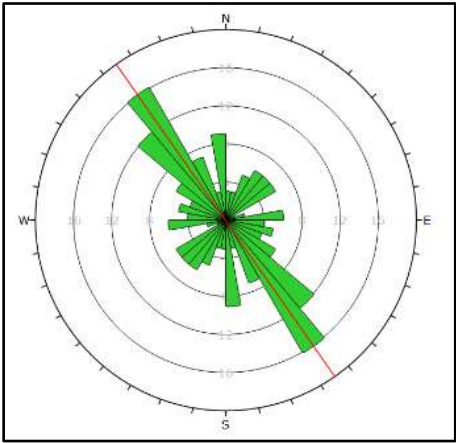
Lokasi	Jumlah Lubang		Q/Lubang (kg)		Lubang Meledak Bersamaan		Q/Delay (kg)		Jarak (m)		Scaled Distance ($\text{kg}^{0.5}/\text{m}$)	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
CV Panghegar	10	13	7,71	9,97	5	7	38,55	66,38	58	288	4,65	42,34

Nilai konstanta dapat digunakan dalam memprediksi nilai PPV dan menentukan muatan bahan peledak per *delay* dengan berdasarkan jarak dan nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Konstanta K dan e dapat disebut sebagai faktor tempat (*site factor*). Adapun penyajian data nilai konstanta peluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Hubungan PPV dan *Scaled Distance*

Dari kurva yang dihasilkan pada hubungan *scaled distance* dan PPV yaitu nilai konstanta K sebesar 824,6 dengan nilai konstanta e sebesar 1,456, maka dari kurva tersebut didapatkan persamaan dimana $PPV = 824,6(SD)^{-1.456}$. Kurva tersebut juga dapat menghasilkan koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0,488 yang menyatakan bahwa nilai PPV dipengaruhi oleh 48,8% nilai *scaled distance*, dengan hasil tersebut juga dapat diketahui tingkat hubungan yang dihasilkan berada di korelasi moderat.

Pengukuran kondisi massa batuan dilakukan pada 4 *section* yang berada di kuari penambangan CV Panghegar. Diperoleh data nilai *rock mass rating* dengan hasil RMR 76, sehingga berada pada kelas II yang berarti *good rock*. Untuk arah umum kekar berada pada kuadran II dan kuadran IV. Dengan hasil diagram *rosette* arah umum kekar pada *scanline* 1 bernilai N 324° E, *scanline* 2 bernilai N 323° E, *scanline* 3 bernilai N 315° E, *scanline* 4 bernilai N 325° E, dan *scanline* keseluruhan bernilai N 325° E. Penyajian data kedudukan pada keseluruhan *scanline* dapat dilihat pada Gambar C.2. Adapun untuk melakukan pengujian kuat tekan batuan dilakukan dengan menggunakan pengujian *point load*, dimana densitas batuan pada daerah penelitian memiliki nilai 2,54 gr/cm^3 , sehingga dihasilkan nilai *point load index* sebesar 1,925 MPa.



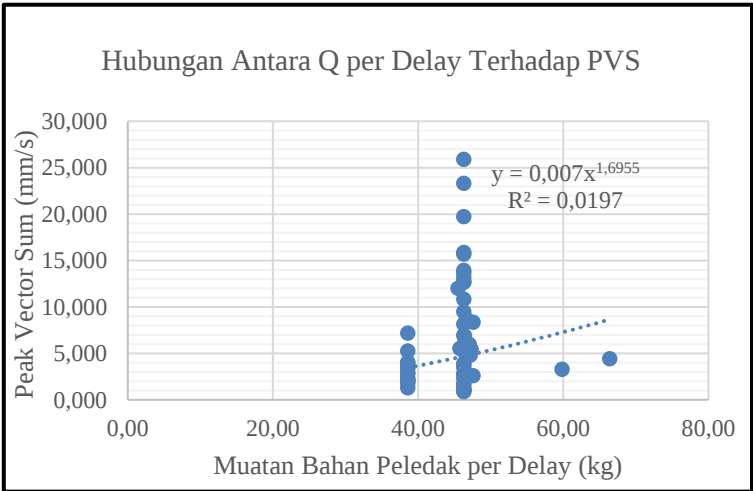
Gambar 2. Arah Umum Kekar

Pengolahan data mencari nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) prediksi dapat digunakan untuk mengetahui besaran dari efek yang dihasilkan oleh peledakan dengan mempertimbangkan nilai konstanta K dan e serta dari jumlah muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda dan jarak. Prediksi getaran tanah dilakukan dengan menggunakan 4 Prediktor yaitu persamaan menurut USBM, persamaan menurut *Ambraseys* dan *Hendorn*, persamaan menurut *Langefors* dan *Kihlstrom*, dan persamaan menurut *Indian Standard* (1973). Adapun hasil prediksi nilai PPV dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Prediksi Getaran

K	e	PVS Aktual		USBM		<i>Ambraseys and Hendron</i>		<i>Langefors and Kihlstrom</i>		<i>Indian Standard</i>	
		Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Max
824,6	1,456	0,85	25,89	3,53	36,39	11,62	119,82	1544,29	15924,01	35,8	265,38

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi cepat rambat gelombang, diantaranya konstanta peluruhan, *site exponent*, muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda, dan jarak. Adapun muatan bahan peledak maksimum per *delay* akan mempengaruhi besarnya nilai PVS yang dihasilkan. Semakin berat muatan bahan peledak per *delay*, maka akan semakin besar PVS yang dihasilkan. Hubungan muatan bahan peledak per *delay* dengan PVS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Q per Delay Terhadap PVS

Nilai PPV memiliki 3 jenis gelombang yaitu transversal, vertikal, dan longitudinal. Berdasarkan data pengukuran getaran peledakan, maka didapatkan nilai konstanta peluruhan (k) dan *site exponent* (e) dari masing-masing gelombang. Rekapitulasi nilai R^2 dan r dapat dilihat pada Tabel 5.

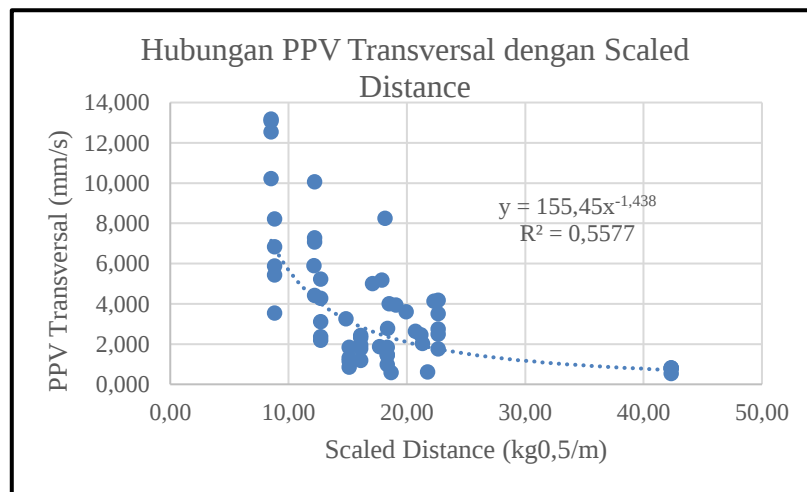
Tabel 5. Rekapitulasi Nilai R^2 dan r

Jenis Gelombang	R^2	Tingkat Hubungan	r	Tingkat Hubungan
$PPV_T = 156,98x^{-1,438}$	0,5577	Moderat	0,7467	Kuat
$PPV_V = 274,05x^{-1,642}$	0,4598	Moderat	0,6780	Kuat
$PPV_L = 204,42x^{-1,465}$	0,4762	Moderat	0,69	Kuat
$PVS = 369,19x^{-1,584}$	0,5734	Moderat	0,7572	Kuat

Berikut hasil dari nilai regresi setiap jenis gelombang, diantaranya adalah:

1. Peak particle velocity transversal terhadap scaled distance

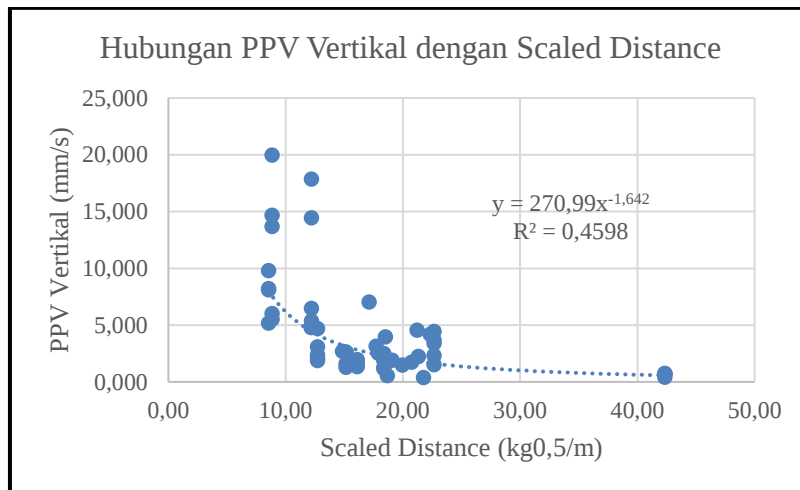
Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan trendline power yang dapat dilihat pada Gambar 4, didapatkan persamaan regresi yaitu $y = 156,98x^{-1,438}$. Dari hasil persamaan tersebut maka didapatkan nilai konstanta peluruhan sebesar 156,98 dan nilai *site exponent* sebesar 1,438. Untuk menilai hubungan antara dua variabel dapat dilihat pada nilai koefisien determinasi dan koefisien korelasi. Nilai koefisien determinasi yang didapatkan sebesar 0,5577 dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,7467.



Gambar 4. Hubungan PPV Transversal dengan SD

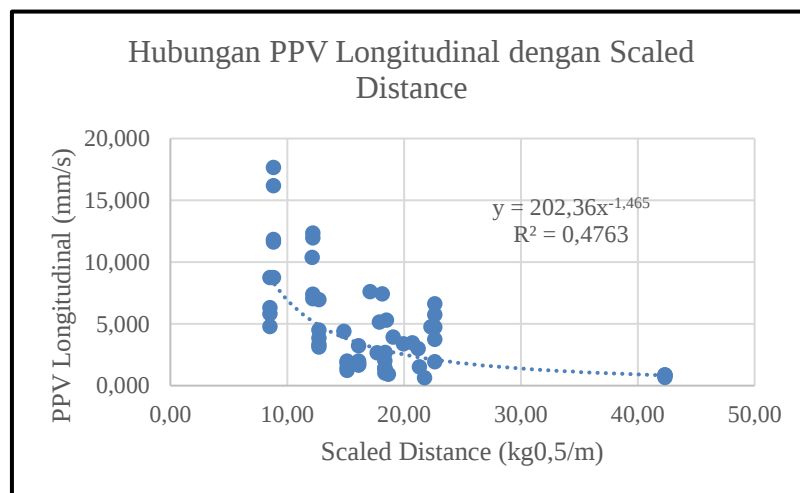
2. Peak particle velocity vertikal terhadap scaled distance

Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan trendline power yang dapat dilihat pada Gambar 5 didapatkan persamaan regresi yaitu $y = 274,05x^{-1,642}$. Dari hasil persamaan tersebut maka didapatkan nilai konstanta peluruhan sebesar 274,05 dan nilai *site exponent* sebesar 1,642. Untuk menilai hubungan antara dua variabel dapat dilihat pada nilai koefisien determinasi dan koefisien korelasi. Nilai koefisien determinasi yang didapatkan sebesar 0,4598 dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,6780.



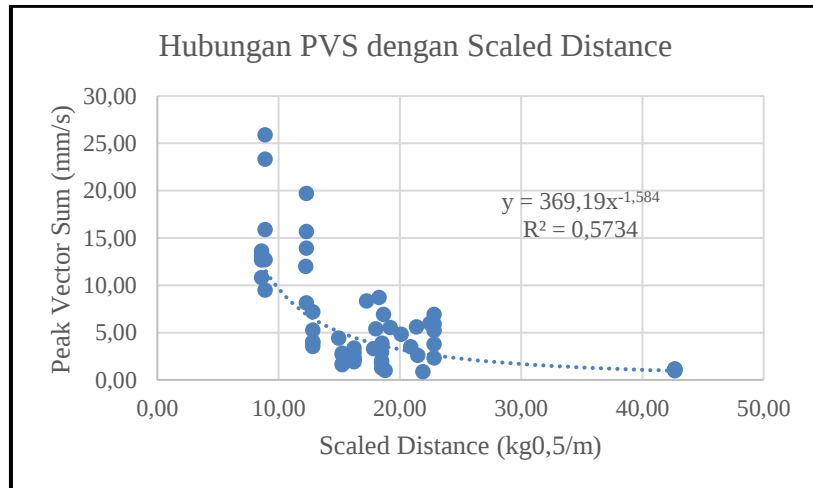
Gambar 5. Hubungan PPV Vertikal dengan SD

3. Peak particle velocity Longitudinal terhadap scaled distance
 Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan trendline power yang dapat dilihat pada Gambar 6, didapatkan persamaan regresi yaitu $y = 204,42x^{-1,465}$. Dari hasil persamaan tersebut maka didapatkan nilai konstanta peluruhan sebesar 204,42 dan nilai site exponent sebesar 1,465. Untuk menilai hubungan antara dua variabel dapat dilihat pada nilai koefisien determinasi dan koefisien korelasi. Nilai koefisien determinasi yang didapatkan sebesar 0,4762 dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,69.



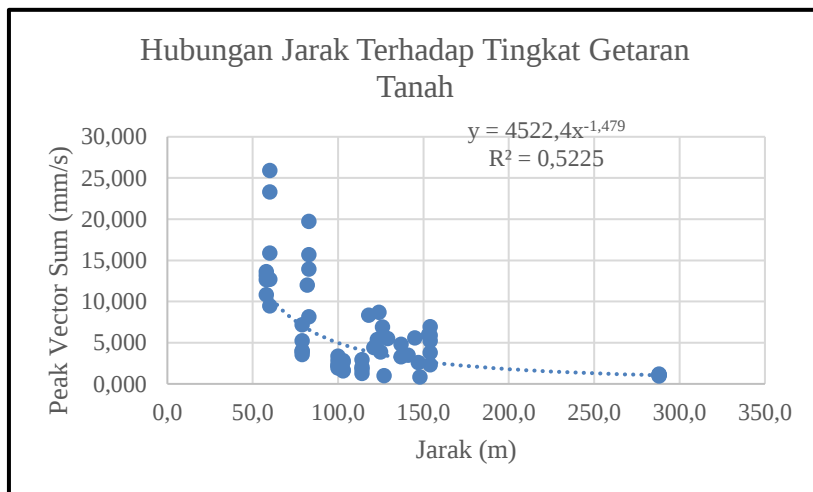
Gambar 6. Hubungan PPV Longitudinal dengan SD

4. Peak Vector Sum terhadap Scaled Distance
 Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan trendline power yang dapat dilihat pada Gambar 7, didapatkan persamaan regresi yaitu $y = 369,19x^{-1,584}$. Dari hasil persamaan tersebut maka didapatkan nilai konstanta peluruhan sebesar 369,19 dan nilai site exponent sebesar 1,584. Untuk menilai hubungan antara dua variabel dapat dilihat pada nilai koefisien determinasi dan koefisien korelasi. Nilai koefisien determinasi yang didapatkan sebesar 0,5734 dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,7572.



Gambar 7. Hubungan PVS dengan SD

Jarak pengamatan dari titik peledakan akan mempengaruhi nilai PVS yang dihasilkan. Semakin jauh jarak titik pengamatan terhadap titik peledakan, maka akan semakin kecil PVS yang dihasilkan. Hubungan jarak dengan PVS dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara jarak dengan *peak vector sum* berada dalam hubungan yang cukup. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi yang bernilai 0,5225.



Gambar 8. Hubungan Jarak dengan PVS

Berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditetapkan oleh pihak KCIC yaitu 25 mm/s, maka didapatkan muatan bahan peledak optimal untuk tiap jarak peledakannya. Berikut persamaan yang digunakan:

$$W = \left(\frac{k \times D^{-c}}{PPV} \right)^{-c}$$

$$W = \left(\frac{826 \times 50^{-1,4}}{25} \right)^{-1,4}$$

$$W = 15,97 \text{ kg}$$

Dari muatan bahan peledak yang telah diketahui dengan jarak yang telah ditentukan maka akan didapatkan nilai PPV Prediksi dengan menggunakan persamaan. Berikut persamaan yang digunakan:

$$PPV = k \left(\frac{D}{W^{0,5}} \right)^{-e}$$

$$PPV = 826 \left(\frac{50}{15,97^{0,5}} \right)^{-1,4}$$

$$PPV = 24,03 \text{ mm/s}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa estimasi muatan bahan peledak per *delay* dengan jarak 50 meter akan menghasilkan nilai PPV yang masih berada dibawah atau mendekati nilai 25 mm/s. Pada Tabel.6 akan menampilkan nilai rekapitulasi muatan bahan peledak berdasarkan dengan variasi jarak dan PPV prediksi. Oleh karena itu, perlu dilakukannya optimasi bahan peledak dengan jarak tertentu agar tidak melebihi nilai ambang batas. Berdasarkan dari hasil penentuan estimasi muatan bahan peledak dengan jarak akan menunjukan semakin jauh jarak maka akan semakin besar jumlah muatan bahan peledak yang digunakan.

Tabel 6. Optimalisasi Bahan Peledak

Lokasi	PPV (mm/s)	K	e	Jarak (m)		Optimalisasi Handak (kg)		<i>Scaled Distance</i> (kg ^{0,5} /m)		PPV Prediksi (mm/s)	
				Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
CV Panghegar	25	824,6	1,456	50	200	15,97	241,75	12,51	12,86	23,11	24,03

Pada dasarnya penggunaan bahan peledak erat kaitannya dengan geometri peledakan yaitu *powder column*, kedalaman lubang, *stemming*, dan diameter lubang. Dalam menghitung jumlah bahan peledak per lubang dapat menggunakan perhitungan untuk mencari nilai *powder column* yaitu kedalaman lubang ditambah *subdrilling* kemudian dikurangi *stemming*. Jika penggunaan bahan peledak semakin besar, maka kolom isian akan semakin panjang. Berdasarkan Tabel 3, didapatkan nilai lubang meledak secara bersamaan yaitu 5 lubang, maka dapat dihitung bahwa nilai optimalisasi bahan peledak per lubangnya yaitu optimalisasi bahan peledak per *delay* dibagi lubang meledak bersamaan. Kemudian untuk mencari panjang kolom isian dapat dihitung dengan membagikan muatan bahan peledak per lubang dengan *loading density*. Dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Optimalisasi Panjang *Powder Column*

Lokasi	Optimalisasi Handak (kg)		Lubang Meledak Bersamaan	<i>Loading Density</i>	Q/lubang (kg)		<i>Powder Column</i> (m)	
	Min	Maks			Min	Maks	Min	Maks
CV Panghegar	15,97	241,75	5	2,57	3,19	48,39	1,24	18,81

D. Kesimpulan

Adapun Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini, yaitu:

1. Dari 56 data getaran yang diambil di sekitar kuari penambangan CV Panghegar didapatkan nilai getaran terendah sebesar 0,854 mm/s, nilai getaran tertinggi sebesar 25,89 mm/s, dan rata-rata nilai getaran sebesar 6,418 mm/s. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai getaran peledakan tidak melebihi nilai ambang batas yang ditentukan oleh KCIC.
2. Hasil optimalisasi bahan peledak berdasarkan nilai ambang batas getaran sebesar 25

mm/s, didapatkan jumlah muatan bahan peledak minimal sebesar 12,51 kg dengan jarak 50 meter sedangkan jumlah muatan bahan peledak maksimal sebesar 241,75 kg dengan jarak 200 meter. Jika semakin jauh jarak dan semakin kecil muatan bahan peledak, maka tingkat getaran akan semakin rendah.

3. Berdasarkan hasil optimalisasi bahan peledak, didapatkan nilai panjang *powder column* minimal yaitu 1,24 meter untuk jumlah muatan bahan peledak sebesar 3,19 kg/lubang ledak, sedangkan panjang *powder column* maksimal sebesar 18,81 meter untuk jumlah muatan bahan peledak sebesar 48,35 kg/lubang ledak. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tingkat hubungan antara muatan bahan peledak dengan *powder column* sangat kuat.

Acknowledge

Penyusun mengucapkan terimakasih berbagai pihak yang telah membantu serta mendukung penyusun, diantaranya:

1. Dosen dan Staff Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung. kepada Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Program Studi, Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si., S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Program Studi dan Dosen Wali, Bapak Ir Zaenal, M.T. selaku Koordinator Skripsi dan Co-Pembimbing, Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing, serta seluruh Dosen dan Staff yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi kepada penyusun;
2. Keluarga Penyusun. Terimakasih kepada kedua orang tua, abang dan adik tercinta yang telah memberikan segala upaya dan jerih payah serta memberikan semangat kepada penyusun;
3. Perusahaan Penelitian, Terimakasih kepada CV Panghegar yang telah memberikan penyusun kesempatan untuk melakukan penelitian di perusahaan;
4. Tambang 2019. Terimakasih kawan seperjuangan yang telah menemani dan menyemangati penyusun dari awal hingga akhir masa perkuliahan. Dimanapun kalian berada jangan pernah saling melupakan dan tetap menjadi keluarga tambang 19.

Daftar Pustaka

- [1] Akbar, F., & Isniarno, N. F., (2022), Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Gearan Tanah dan Fragmentasi Batuan pada PT . Gunung Kulalet, Kecamatan Baleendah Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. *704*, 283–289.
- [2] Ambraseys NR and Hendron AJ, (1968), *Dynamic behaviour of rock masses*. In: *Rock Mechanics in Engineering Practices*. London: Wiley
- [3] Canima, D., & Heriyadi, B., (2019), Analisis Penentuan Batas Aman Ground Vibration Akibat Kegiatan Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Highwall Penambangan Pit 13 West PT. Multi Harapan Utama, Samarinda, Kalimantan Timur. *Bina Tambang*, 4(4), 24–38.
- [4] Duvall WI and Petkof B, (1959), *Spherical Propagation of Explosion Generated Strain Pulses in Rock*. Washington: U. S. Department of the Interior, Bureau of Mines
- [5] Faizah, A. Al, Qadri, A., Okviyani, N., & Mahyuni, E. T., (2020), Akibat Ledakan Pada Area Pit SM-A Tambang Batubara PT Sims Jaya. *8* (April), 74–79.
- [6] Farnanda, A. N., & Pratama, F. H., (2020), Proyek Kereta Cepat Jakarta Bandung (Nomor 03111740000102).
- [7] Fitriansyah, G. R., Yuliadi, I., & Marmer, D., (2016), Evaluasi Getaran Peledakan berdasarkan Tingkat Peluruhan di PT Dahana Job Site Ck Kjb , Kampung Long Lanuk , Kecamatan adalah kecepatan puncak partikel (*Peak Particle Velocity*) dan jarak terukur (*Scale*) yang digunakan untuk menghitung besarnya getaran peledakan. *9*, 47–56.
- [8] Harlan, Johan., (2018), Analisis Regresi Linear. Penerbit Gunadarma. Depok
- [9] Hosseini, S., Pourmirzaee, R., Armaghani, D. J., & Sabri Sabri, M. M., (2023), *Prediction of ground vibration due to mine blasting in a surface lead–zinc mine using machine learning ensemble techniques*. *Scientific Reports*, 13(1), 1–20.

- <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33796-7>
- [10] Indonesia, S. N., & Nasional, B. S., (2010), Baku tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang terbuka terhadap bangunan.
 - [11] IS 6922, (1973), *Criteria for Safety and Design of Structures Subject to Underground Blasts*. New Delhi: Bureau of Indian Standards
 - [12] Konya, C.J., and Walter, E.J., 1990, "*Surface Blast Design*", New Jersey
 - [13] Langefors U and Kihlstrom B., (1963), *The Modern Technique of Rock Blasting*, 2nd edn. New York, NY: John Wiley & Sons
 - [14] Minerals, A. K. A. Z., Minerals, A. K. A. Z., Minerals, C. K. A. Z., Minerals, B. K. A. Z., Minerals, C. K. A. Z., & Blast-consult, C., (2023), *Improvement of blasting practices to minimise wall damage at Bozshakol copper mine*. 595–616. <https://doi.org/10.36487/ACG>
 - [15] Permana, A. R., & Heriyadi, B., (2019), Kajian Pengurangan Getaran Tanah (Ground vibration) Pada Peledakan Overburden Tambang Batubara Di PT . Artamulia TataPratama Site Tanjung Belit Provinsi Jambi. 4(1), 344–356.
 - [16] Rodríguez, R., García de Marina, L., Bascompta, M., & Lombardía, C., (2021), "Determination of The Ground Vibration Attenuation Law From a Single Blast: a Particular Case of Trench Blasting". *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13(5), 1182–1192;
 - [17] Santoso, E., Melati, S., & Ramadhan, M. F., (2021), Kajian Ambang Batas Getaran Peledakan. 7(1), 55–59.
 - [18] Saputra, F., Yuliadi, & Zaenal., (2023), Kajian Pengaruh Kekar Terhadap Peak Particle Velocity dari Getaran Peledakan Tambang Batu Andesit PT Gunung Kulalet di Jawa Barat. *Bandung Conference Series: Mining Engineering*, 3(1), 47–57. <https://doi.org/10.29313/bcsme.v3i1.5503>
 - [19] Simangunsong, (2015), *Effect of bedding plane on prediction blast - induced ground vibration in open pit coal mines*. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 79, 1–8.
 - [20] Siregar, Syofian., (2015), *Statistika Parametrik Untuk Penelitian Kuantitatif Dilengkapi Dengan Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17*. Jakarta: Bumi Aksara.