

Kajian Teknis Dampak Kegiatan Peledakan (*Ground Vibration*) Studi Kasus Pt Silva Andia Utama Desa Giriasih, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat

Ahmad Girang Pamungkas *, Yuliadi, Andrieanto

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

*ahmadgirang04@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, andrieanto@unisba.ac.id

Abstract. This study aims to assess the technical impact of blasting activities on ground vibration in the operational area of PT Silva Andia Utama, located near residential areas in Giriasih Village,. The main focus is to analyze the relationship between blasting distance, explosive charge per delay, and vibration wave type on the resulting Peak Particle Velocity (PPV). The primary objectives are to develop a predictive vibration model, estimate safe blasting distances from residential infrastructure, and optimize explosive loading in accordance with regulatory thresholds. The methodology involves collecting primary data through field observation, including blast hole geometry, explosive charge quantities, and vibration measurements using the Minimate Series III seismograph. Secondary data were obtained from literature, standards, and relevant regulations. The analysis was conducted using the Scaled Distance approach based on empirical models such as USBM, Langefors & Kihlström, Indian Standard, and Ambraseys-Hedron. Results indicate that PPV decreases with increasing distance from the blast point. The predictive model recommends a maximum explosive charge per delay of 116,434 kg to keep PPV below the SNI 7571:2023 threshold (5 mm/s for class 2 buildings). Blasting pattern also plays a crucial role; a single-shot firing pattern with well-planned delay timing helps reduce high vibration levels.

Keywords: *peak particle velocity (PPV), Explosive, Distance.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak teknis kegiatan peledakan terhadap getaran tanah di wilayah operasional PT Silva Andia Utama, yang terletak dekat dengan permukiman warga di Desa Giriasih, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat. Fokus utama penelitian adalah menganalisis hubungan antara jarak peledakan, muatan bahan peledak per tunda, dan jenis gelombang getaran terhadap nilai Peak Particle Velocity (PPV). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan model prediksi getaran, memperkirakan jarak aman peledakan, dan mengoptimalkan pemuatan bahan peledak sesuai dengan regulasi. Metodologi yang digunakan meliputi pengumpulan data primer melalui observasi lapangan dengan menggunakan seismograf Minimate Series III untuk mengukur getaran. Data sekunder diperoleh dari literatur dan regulasi terkait. Analisis dilakukan dengan pendekatan Scaled Distance berdasarkan model USBM, Langefors & Kihlström, Indian Standard, dan Ambraseys-Hedron. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PPV menurun seiring bertambahnya jarak dari titik peledakan. Model prediksi menunjukkan muatan bahan peledak maksimum yang disarankan adalah 116,434 kg per tunda untuk menjaga PPV di bawah ambang batas SNI 7571:2023 (5 mm/s untuk bangunan kelas 2). Pola peledakan juga berperan penting dalam mengurangi dampak getaran. Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan peledakan yang tepat dan pemantauan rutin untuk mengurangi dampak getaran terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar.

Kata Kunci: *peak particle velocity (PPV), Bahan Peledak, Jarak.*

A. Pendahuluan

Kegiatan penggalian batuan secara kimiawi menggunakan bahan peledak akan mudah terjadinya dampak negatif peledakan terhadap lingkungan sekitarnya, hal tersebut diakibatkan energi dari bahan peledak yang tidak terserap sepenuhnya oleh batuan, salah satunya akan menimbulkan getaran tanah atau *ground vibration*. *Ground vibration* merupakan bentuk gelombang seismik yang dihasilkan oleh ledakan dan merambat melalui medium batuan. Gelombang ini dapat memicu getaran pada struktur bangunan di masyarakat sekitar lokasi tambang.

PT Silva Andia Utama, yang beroperasi di Desa Giriasih, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, merupakan salah satu perusahaan tambang yang kegiatan produksinya sangat bergantung pada proses peledakan. Permasalahan utama yang muncul adalah letak lokasi penambangan yang cukup berdekatan dengan kawasan pemukiman warga. Hal ini menimbulkan kekhawatiran terkait potensi kerusakan bangunan akibat getaran, serta gangguan kenyamanan masyarakat. Dampak negatif dari kegiatan peledakan berupa getaran tanah yang besar dapat mengakibatkan kerusakan pada infrastruktur warga. Maka dari itu perlu adanya pengkajian lebih lanjut terhadap *ground vibration* yang dihasilkan dari proses kegiatan peledakan agar mengurangi dampak negatif peledakan.

Peledakan (*blasting*) merupakan salah satu tahapan penting dalam kegiatan penambangan terbuka, khususnya dalam proses pembongkaran massa batuan yang keras. Peledakan dilakukan untuk memecah batuan besar menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil sehingga dapat diangkut dan diolah lebih lanjut. Dalam konteks tambang terbuka, proses peledakan menjadi langkah awal dalam siklus penambangan, dan memiliki pengaruh besar terhadap efisiensi operasional serta keselamatan kerja di lapangan. Menurut Hustrulid dan Bullock (2001), peledakan adalah metode mekanis dan kimiawi untuk menghancurkan batuan yang tidak bisa digali langsung oleh alat gali konvensional. Proses ini memanfaatkan bahan peledak komersial seperti ANFO (*Ammonium Nitrate Fuel Oil*), emulsi, dan detonator yang disusun sesuai dengan desain pola peledakan tertentu agar menghasilkan fragmentasi batuan yang optimal.

Ground vibration atau getaran tanah merupakan suatu gelombang yang diakibatkan oleh adanya sumber energi mengakibatkan geraknya gelombang. Getaran tanah ini dapat terjadi pada daerah yang bersifat elastis, sehingga mengakibatkan ketika terjadi perambatan tegangan menciptakan gelombang elastis (Dowding, 1985). Umumnya pada kegiatan peledakan dalam tahap meledaknya suatu lubang ledak, maka batuan akan menjadi medium yang tidak sempurna meneruskan getaran. Hal ini berpengaruh ketika suatu ledakan memberaikan massa batuan, maka massa batuan tersebut akan pecah dan berpisah satu sama lainnya serta menyebar, namun getaran yang diciptakan dari suatu ledakan tersebut akan terus merambat. Pada suatu massa batuan akan meneruskan getaran tersebut hingga getaran tersebut hilang. Umumnya pada suatu titik awal, getaran akan berkekuatan besar dan memusat hingga akhirnya akan menyebar dan semakin merata dengan kekuatannya semakin melemah. Dalam hal ini, getaran tanah dapat mengakibatkan efek negatif yakni kerusakan pada infrastruktur di sekelilingnya.

Getaran peledakan merupakan suatu getaran yang disebabkan dari kegiatan peledakan dalam tahapan kegiatan penambangan. Terdapat dua faktor menurut Siskind et al (1980) yang mempengaruhi terhadap tingkat getaran peledakan yakni:

1. Jarak antar lokasi peledakan

Hubungan dari jarak dengan tingkat getaran peledakan yaitu semakin jauh jarak antar peledakan maka semakin kecil tingkat getaran peledakannya.

2. Kuantitas bahan peledak

Hubungan dari kuantitas bahan peledak dengan tingkat getaran peledakan yaitu semakin banyak kuantitas bahan peledak maka semakin besar pula tingkat getaran peledakannya, namun dalam hal ini tidak dapat terjadi kelipatannya.

Menurut Saptono & Lestari (2024), Hukum scaled distance dalam konteks getaran peledakan sangat penting untuk memahami dan meminimalkan dampak negatif dari kegiatan peledakan, terutama di daerah dengan infrastruktur dan lingkungan sensitif. Scaled distance (SD) merupakan parameter yang sering digunakan untuk menganalisa getaran tanah akibat peledakan dan dihitung sebagai rasio antara jarak dari sumber getaran ke titik pengukuran dan akar kuadrat dari masa bahan peledak yang digunakan.

Hukum scaled distance dapat digunakan karena getaran yang dihasilkan oleh peledakan tidak

merambat dengan cara yang sama di semua media. Gelombang getaran dapat mengalami penurunan yang bervariasi tergantung pada parameter geologis, yaitu sifat tanah dan formasi batuan. Penelitian menunjukkan bahwa ketika jarak dari sumber peledakan meningkat, getaran tanah cenderung menurun secara signifikan. Oleh karena itu, hukum scaled distance berfungsi sebagai alat prediksi yang efektif untuk memprediksikan nilai PPV pada jarak serta isian bahan peledak per-delay tertentu dari lokasi peledakan. (Simangusong, Dkk (2024). Model PPV prediksi yang paling umum digunakan adalah model United States Bureau of Mines (USBM).

Hukum Scaled Distance merupakan salah satu pendekatan yang paling umum digunakan dalam memprediksi tingkat getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan, terutama dalam kegiatan tambang atau konstruksi. Konsep ini menjadi dasar dalam pengembangan berbagai model prediktif getaran. Prinsip dasarnya adalah bahwa besarnya getaran tidak hanya bergantung pada jumlah bahan peledak, tetapi juga pada jarak antara sumber ledakan dan titik pengamatan. Berikut persamaan yang digunakan berdasarkan beberapa sumber :

- a. *United States Bureau of Mines (USBM), 1971 :*

$$SD = \frac{R}{Q^{0.5}} \quad (1)$$

- b. *Langefors & Kiehlstrom, 1973 :*

$$SD = \frac{Q^{0.5}}{R^{0.75}} \quad (2)$$

- c. *Indian Standart :*

$$SD = \frac{Q}{R^{0.67}} \quad (3)$$

- d. *Ambraseys Hedron, 1968 :*

$$SD = \frac{R}{Q^{0.33}} \quad (4)$$

Keterangan :

SD = *Scaled Distance*

R = Jarak titik pengukuran ke titik peledakan (m)

Q = Muatan bahan peledak per-delay

Peak Particle Velocity (PPV) merupakan nilai kecepatan maksimum partikel yang digunakan untuk memperkirakan besarnya getaran di suatu lokasi, yang dipengaruhi oleh jarak lokasi tersebut terhadap pusat peledakan serta jumlah bahan peledak yang digunakan per-delay. Berdasarkan berbagai penelitian yang bertujuan untuk menentukan nilai PPV yang dihasilkan dari suatu aktivitas peledakan, maka dapat dirumuskan persamaan prediktif sebagai berikut:

- a. *United States Bureau of Mines (USBM), 1971 :*

$$PPV = K \times SD^{-e} \quad (5)$$

- b. *Langefors & Kiehlstrom, 1973 :*

$$PPV = K \times SD^{-e} \quad (6)$$

- c. *Indian Standart :*

$$PPV = K \times SD^{-e} \quad (7)$$

- d. *Ambraseys Hedron, 1968 :*

$$PPV = K \times SD^{-e} \quad (8)$$

Keterangan :

PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)

SD = *Scaled Distance*

K dan e = Konstanta dan *site exponent* yang nilainya tergantung dari kondisi geologis dan kondisi peledakan

Dalam penentuan nilai ambang batas (NAB) ditentukan dengan beberapa pertimbangan, rata-rata percobaan secara umum berfokus pada tingginya angka getaran serta bagaimana kemampuan bangunan untuk mentolerir tingkat getaran akibat peledakan. Di Indonesia sendiri acuan hukum standar tingkat getaran tanah diatur dalam SNI No.7571:2023.

Berdasarkan ketentuan dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) No. 7571:2023 tentang tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang terbuka, tingkat getaran diklasifikasikan berdasarkan tipe, kelas, dan jenis bangunan dari kategori 1 hingga 5. Dalam standar tersebut, nilai minimum Peak Particle Velocity (PPV) ditetapkan sebesar 2 mm/detik, sedangkan nilai maksimum Peak Particle Velocity (PPV) mencapai hingga 40 mm/detik.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7571:2023 mengelompokkan bangunan ke dalam lima kelas berdasarkan tingkat sensitivitasnya terhadap getaran. Kelas 1 mencakup bangunan bersejarah atau sangat sensitif, kelas 2 meliputi rumah dengan struktur buruk, kelas 3 adalah rumah dengan struktur sedang, kelas 4 mencakup rumah dengan struktur baik atau berkerangka, dan kelas 5 diperuntukkan bagi bangunan industri (Marmer, 2010).

Tabel 1. Kelas dan Jenis Bangunan

Kelas	Jenis Infrastruktur	Frekuensi (Hz)	PPV (mm/s)
1	Bangunan kuno dan cagar budaya yang dilindungi sesuai peraturan perundangan terkait cagar budaya yang berlaku	0-5	2
		2-10	3
		20-100	5
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen	0-5	3
		5-20	5
		20-100	7
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan sloof beton, bangunan panggung dari kayu yang diikat dengan ring balok menyatu dari bawah ke atas	0-5	5
		5-20	7
		20-100	12
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen sloof beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balok	0-5	7
		5-20	12
		20-100	20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, sloof beton, kolom dan diikat dengan rangka baja, jembatan rangka baja, pipa gas/minyak/air, tanki bahan bakar cair dipermukaan tanah atau ditimbun, sambungan udara tegangan ekstra tinggi, menara telekomunikasi, jalan umum, rel kereta dan bendungan	0-5	12
		5-20	24
		20-100	40

Sumber : SNI 7571:2023

Optimalisasi bahan peledak dilakukan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaannya dengan mempertimbangkan ambang batas getaran permukaan tanah maksimum sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam SNI 7571:2023, dengan menggunakan rumus PPV prediksi umum sebagai berikut :

$$PPV = k (SD)^{-e} \quad (9)$$

Rumus tersebut kemudian dibalik untuk memperoleh Handak per-delay ($Q/Delay$) sebagai berikut :

$$W = \left(\frac{R^e \times PPV}{K} \right)^{\frac{1}{0.5}} \quad (10)$$

Keterangan :

W = Handak/Delay (kg)

R = Jarak titik pengukuran ke titik peledakan (m)

PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)

K dan e

=

Konstanta dan *site exponent* yang nilainya tergantung dari kondisi geologis dan kondisi peledakan.

B. Metode

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif, yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara variabel-variabel numerik berdasarkan data lapangan yang diperoleh secara sistematis. Dalam penelitian ini, terdapat dua variabel utama yang menjadi fokus utama analisis, yaitu jarak antara sumber peledakan (blast point) dengan titik pengamatan getaran, serta muatan bahan peledak per waktu tunda (*delay*). Kedua variabel ini memiliki peran penting dalam menentukan besarnya getaran tanah yang dihasilkan dari aktivitas peledakan.

Berdasarkan data dari kedua variabel tersebut, dilakukan pendekatan analisis empiris menggunakan metode scaled distance, yang merupakan pendekatan umum dalam kajian getaran akibat peledakan. Beberapa model empiris yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah metode United States Bureau of Mines (USBM), Indian Standart, Ambreseys & Hendron, serta Langefors & Kihlstrom. Masing-masing model tersebut terdapat persamaan untuk menghitung hubungan antara jarak, muatan peledak, dan nilai getaran dalam bentuk Peak Particle Velocity (PPV).

Pendekatan scaled distance dapat digunakan untuk memprediksi jarak, PPV prediksi, dan optimalisasi bahan peledak per waktu tunda, sehingga memungkinkan dilakukan pemodelan prediktif terhadap nilai PPV di berbagai kondisi peledakan. Dari hasil pemodelan ini, dapat dilakukan estimasi nilai PPV prediksi di titik-titik tertentu, prediksi jarak aman terhadap pemukiman atau infrastruktur lain, serta optimalisasi jumlah bahan peledak yang digunakan agar tetap berada dalam ambang batas getaran yang ditetapkan. Oleh karena itu, dari pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi serta memberikan rekomendasi untuk pengelolaan aktivitas peledakan secara aman dan efisien.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Geometri Peledakan

Geometri peledakan merupakan salah satu aspek penting dalam perencanaan dan pelaksanaan peledakan yang secara langsung memengaruhi hasil fragmentasi batuan serta besarnya getaran tanah (ground vibration) yang ditimbulkan. Dalam penelitian ini, dilakukan pencatatan terhadap parameter-parameter geometri peledakan yang digunakan di lapangan, seperti burden, spasi, kedalaman lubang bor, dan stemming. Data ini menjadi dasar dalam menganalisis hubungan antara rancangan teknis peledakan dengan besarnya getaran tanah yang terjadi di area penelitian.

Jarak Pengamatan

Kegiatan pengambilan data di dalam dan di luar IUP PT Silva Andia Utama Gambar 4.3 di Desa Giriasih, Kecamatan Batujajar, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat mengenai ground vibration yang merupakan dampak negatif dari kegiatan peledakan. Pertama dimulai dengan pengambilan data titik koordinat peledakan dan titik koordinat stasiun pengamatan dengan menggunakan alat GPS (global positioning system). Jarak pengamatan dapat dilihat pada peta situasi titik peledakan dan titik stasiun pengamatan (**Tabel 1**)



Gambar 1. Global Positioning System

Pengamatan tingkat getaran hasil kegiatan peledakan diukur dari arah dekat pemukiman

warga dengan jarak yang variatif. jarak pengukuan terdekat berkisar 190 meter dan jarak terjauh adalah 451 meter. Dengan jarak lokasi peledakan dengan rumah warga terdekat mencapai $\pm 291,39$ meter (**Tabel 2**).

Tabel 2. Jarak Lokasi Peledakan ke Stasiun Pengamatan

No.	Jarak m	No.	Jarak m
1	341.88	25	277.00
2	415.00	26	250.00
3	345.84	27	265.00
4	300.00	28	231.47
5	250.00	29	200.00
6	300.00	30	200.00
7	230.00	31	190.00
8	313.11	32	210.00
9	375.50	33	320.00
10	400.00	34	310.00
11	350.00	35	350.00
12	442.00	36	300.00
13	340.00	37	315.00
14	331.00	38	330.00
15	385.00	39	305.00
16	252.00	40	358.00
17	291.39	41	309.00
18	315.00	42	270.00
19	442.00	43	264.00
20	451.00	44	308.00
21	402.40	45	310.00
22	225.00	46	334.00
23	200.00	47	288.00
24	225.00		
Min			190.00
Max			451.00
Rata - Rata			308.53

Muatan Bahan Peledak

Nilai Scaled Distance (SD) adalah sebuah nilai dari perbandingan antara jarak lokasi peledakan ke titik stasiun pengamatan dengan muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda. Selain jarak, muatan bahan peledak yang meledak bersamaan atau charge per delay pun perlu diketahui. Berikut adalah muatan bahan peledak per waktu tunda, dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3. Muatan Bahan Peledak per Waktu Tunda

No.	Q/lubang (kg)	Jumlah lubang meledak bersamaan	Muatan Bahan Peledak per Waktu Tunda (Kg)
1	9.14	1	9.14
2	9.14	1	9.14
3	9.14	1	9.14
4	9.65	1	9.65
5	9.65	1	9.65
6	9.65	1	9.65
7	9.65	1	9.65

No.	Q/lubang (kg)	Jumlah lubang meledak bersamaan	Muatan Bahan Peledak per Waktu Tunda (Kg)
8	9.65	1	9.65
9	8.89	1	8.89
10	8.89	1	8.89
11	8.89	1	8.89
12	8.89	1	8.89
13	8.89	1	8.89
14	8.89	1	8.89
15	8.89	1	8.89
16	9.65	1	9.65
17	9.65	1	9.65
18	9.65	1	9.65
19	8.13	1	8.13
20	8.13	1	8.13
21	8.13	1	8.13
22	9.91	1	9.91
23	9.91	1	9.91
24	9.91	1	9.91
25	9.91	1	9.91
26	9.91	1	9.91
27	9.91	1	9.91
28	9.91	1	9.91
29	10.77	1	10.77
30	10.77	1	10.77
31	10.77	1	10.77
32	10.77	1	10.77
33	9.40	1	9.40
34	9.40	1	9.40
35	9.40	1	9.40
36	9.40	1	9.40
37	9.40	1	9.40
38	9.40	1	9.40
39	9.40	1	9.40
40	9.40	1	9.40
41	9.40	1	9.40
42	9.40	1	9.40
43	9.40	1	9.40
44	9.40	1	9.40
45	9.40	1	9.40
46	9.40	1	9.40
47	9.40	1	9.40
Min	8.13	1	8.13
Max	10.77	1	10.77
Rata - rata	9.46	1.00	9.46

Pemantauan Tingkat Getaran

Pengamatan yang dilakukan pada PT Silva Andia Utama dilakukan dan disesuaikan dengan jarak peledakan ke area pemukiman warga dengan arah serta jarak yang bervariasi. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat blastmate, yaitu InstanTel Minimate Plus Series III Data dari hasil

pengamatan meliputi nilai PPV aktual data lapangan dengan 3 jenis gelombang diantaranya yaitu Transversal, Vertical, dan Longitudinal dan PVS aktual yang dihasilkan bervariasi berkisar antara 0,23 mm/s hingga 1,45 mm/s.



Gambar 2. Pemantauan Tingkat Getaran

Jenis Gelombang Getar

Berdasarkan 3 arah jenis gelombang yang diantaranya berupa gelombang transversal, vertikal, dan longitudinal. Gelombang longitudinal merupakan gelombang getar yang lebih dominan, hal tersebut dikarenakan gelombang longitudinal memiliki arah rambatan yang sejajar dengan arah getaran. Gelombang longitudinal memiliki nilai konstanta k (konstanta peluruhan) sebesar 1046,2 dan e (site exponent) yang bernilai -1,671 dan koefisien determinasi paling besar diantara gelombang lainnya. Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa gelombang longitudinal memberikan pengaruh yang besar terhadap nilai Peak Vector Sum (PVS).

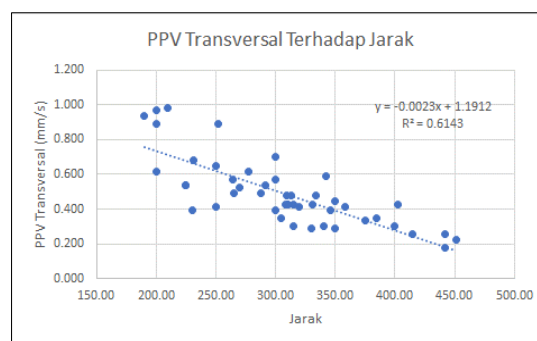
Tabel 4. Rekapitulasi Nilai k dan e Analisis Regresi

No	Peak Particle Velocity	Regresi	R^2	R
1	Transversal	$PPV_T = 148,81 X^{-1,264}$	0,6652	0,8155
2	Vertikal	$PPV_V = 442,02 X^{-1,534}$	0,7606	0,8721
3	Longitudinal	$PPV_L = 1046,2 X^{-1,671}$	0,8357	0,9141
4	Sum	$PPV_S = 903,25 X^{-1,589}$	0,9255	0,9620

Jarak Peledakan dengan Stasiun Pengamatan

Jarak menjadi salah satu faktor penentu besar maupun kecilnya nilai PPV, apabila semakin dekat antara jarak peledakan dengan stasiun pengamatan, maka akan semakin besar juga tingkat getaran yang diterima atau nilai PPV yang didapat, begitupun sebaliknya (Effendi, 2009). Berikut merupakan grafik mengenai pengaruh jarak terhadap tingkat getaran.

1. PPV Transversal



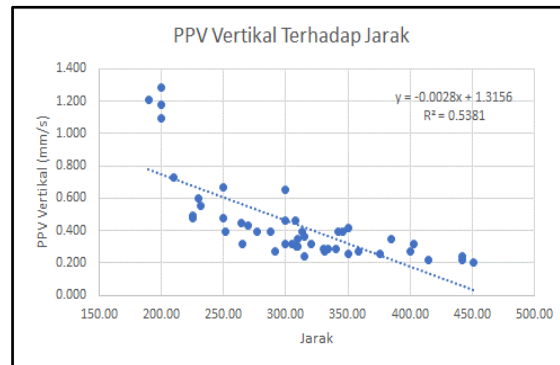
Gambar 3. Hubungan PPV Transversal dengan Jarak Stasiun Pengamatan

Berdasarkan hasil dari analisis regresi pada **Gambar 3**, diketahui koefisien determinasi (R^2) senilai 0,6143, Artinya, sekitar 61,43% variasi PPV transversal dijelaskan oleh jarak. Berdasarkan dengan koefisien determinasi senilai 0,6143 tersebut termasuk kedalam klasifikasi dalam tingkat hubungan yang kuat.

Gelombang transversal merambat tegak lurus terhadap arah propagasi, dan umumnya memiliki kecepatan yang lebih rendah dibandingkan longitudinal. Meskipun demikian, energi yang dibawa tetap cukup signifikan dan dapat mempengaruhi struktur di sekitar area peledakan, terutama

jika terjadi resonansi dengan struktur bangunan.

2. PPV Vertikal



Gambar 4. Hubungan PPV Vertikal dengan Jarak Stasiun Pengamatan

Berdasarkan hasil dari analisis regresi pada **Gambar 4**, diketahui koefisien determinasi (R^2) senilai 0,5381, Artinya, sekitar 53,81% variasi PPV vertikal dijelaskan oleh jarak. Berdasarkan dengan koefisien determinasi senilai 0,5381 tersebut termasuk kedalam klasifikasi dalam tingkat hubungan yang kuat. Gelombang ini cenderung dipengaruhi oleh kondisi lapisan permukaan tanah serta kontur topografi. Walaupun nilai PPV-nya tidak setinggi longitudinal, arah gerakannya yang tegak lurus ke atas–bawah dapat memberikan dampak langsung terhadap fondasi bangunan apabila berada dalam zona terdekat.

D. Kesimpulan

Terdapat hubungan yang signifikan antara jarak peledakan dengan tingkat getaran tanah / PPV yang dihasilkan. Semakin jauh jarak antara lokasi peledakan dengan titik pengamatan, maka semakin kecil nilai getaran yang diterima. Hal tersebut dibuktikan melalui hasil regresi dengan koefisien determinasi (R^2) = 0,8095 dan koefisien korelasi (r) = 0,8997 yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat. Dengan demikian, jarak menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi besarnya tingkat getaran akibat peledakan. Terdapat hubungan yang signifikan antara muatan bahan peledak perwaktu tunda terhadap tingkat getaran tanah yang dihasilkan. Hal tersebut berdasarkan perolehan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7168 yang termasuk kedalam klasifikasi kuat. Hal ini berarti bahwa semakin besar rasio Q/Delay, semakin tinggi pula nilai PPV yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah bahan peledak atau perubahan waktu penundaan dapat menyebabkan peningkatan intensitas getaran tanah.

Berdasarkan pola peledakan yang sebelumnya diterapkan oleh PT Silva Andia Utama yang menggunakan metode peledakan dengan beberapa kali firing (penembakan bertahap), maka dapat disederhanakan menjadi satu kali firing saja. Namun tetap harus memperhatikan pengaturan waktu tunda (delay) agar tidak terjadi lubang meledak bersama melebihi muatan bahan peledak perwaktu tunda optimal. Hubungan antara jarak dan isian bahan peledak terhadap getaran tanah didapatkan persamaan yaitu ;

$$PPV_{Prediksi} = 903,25 (SD)^{-1.589}$$

Dari model persamaan tersebut didapatkan bahwa SD (scaled distance) adalah perbandingan antara jarak dengan isian bahan peledak per-delay diakarkan. Nilai SD berbanding terbalik dengan nilai PPV atau isian bahan peledak per-delay berbanding lurus dengan nilai PPV sedangkan jarak berbanding terbalik dengan PPV. Hasil prediksi nilai PPV menunjukkan hubungan yang sangat kuat apabila dibandingkan dengan PPV aktual dengan nilai R^2 sebesar 0,9255 dan r sebesar 0,9620. Dari hasil kajian diatas didapatkan rekomendasi muatan bahan peledak per-delay 122,567 kg/delay untuk NAB bangunan kelas 2 SNI 7571 Tahun 2023 sebesar 5 mm/s.

Ucapan Terimakasih

1. Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung;
2. Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si., S.Pd., M.T. selaku sekretaris program studi Teknik Pertambangan Unisba;

3. Bapak Ir. Zaenal, M.T. Selaku Koordinator Skripsi yang senantiasa mengarahkan dalam kelancaran pelaksanaan kegiatan Skripsi;
4. Bapak Ir. Yuliadi, S.T, M.T., IPM selaku pembimbing skripsi yang senantiasa membimbing dan banyak membantu Penyusun dalam penyusunan laporan skripsi;
5. Bapak Andrieanto Nurrochman, S.T., M.SC.ENG selaku Co-pembimbing skripsi yang senantiasa membimbing dan banyak membantu Penyusun dalam penyusunan laporan skripsi.

Daftar Pustaka

- Adijaya, R., & Moralista, E. (n.d.). Perancangan dan Penjadwalan Tambang pada Penambangan Nikel Laterit. <https://journal.sbpublisher.com/index.php/minetech>
- Hardantyo, W., Army, E. K., Jasipto, A., Fadhilah, R., & M. Nur Muharmy. (2025). Analisis Pengaruh Getaran Peledakan terhadap Bangunan Warga PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 39–50. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v5i1.6933>
- Khoerunnisa Prihatini, Yuliadi, & Dwihandoyo Marmer. (2025). Pengaruh Flyrock Hasil Peledakan terhadap Sarana Prasarana Bendungan Tiga Dihaji. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 29–38. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v5i1.6604>
- Ambraseys, N.N., & Hendron, A.J. (1968). Dynamic behavior of rock masses and its influence on the design of underground structures. In: *Proceedings of the Symposium on Underground Excavation in Rock*, London.
- Ash, R.L. 1990. "Design of Blasting Round, Surface Mining", B.A Kennedy Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploitation, Inc
- Bureau of Indian Standards (1973). IS 6922: Criteria for Safety and Design of Structures Subject to Underground Blasting. New Delhi, India.
- Cheusheva, D. (2021). *Microsoft Excel Data Analysis and Business Modeling*. Sofia, Bulgaria: Excel Dashboard School.
- Cooper, P.W. (1996). *Explosives Engineering*. New York: Wiley-VCH.
- Dowding, C.H. (1985). *Blast Vibration Monitoring and Control*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Dwi Lestari, Intan "Kajian Getaran Peledakan Overburden Terhadap Penggunaan Bahan Peledak Optimum Penambangan Batubara Di PT Kalimantan Prima Persada Jobsite BDMA, Malinau Kalimantan Utara" Universitas Islam Bandung, Bandung
- Dwihandoyo Marmer, 2012, "Makalah Short Course Ground Vibration, Getaran dan Airblast Peledakan" Bandung.
- Fourney, W. L., & Dick, R. D. (1997). *Measurement of Blast Vibrations and Prediction of Effects*. U.S. Bureau of Mines.
- Harlan, Yulius. (2018). *Statistika dengan SPSS untuk Penelitian*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Hustrulid, W., & Bullock, R. (2001). *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies*.
- Konya, C. J., & Walter, E. J. (1991). *Surface Blast Design*. Prentice Hall.
- Kramer, S.L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.
- Langefors, U., & Kihlström, B. (1978). *The Modern Technique of Rock Blasting*. Wiley-Interscience, New York.
- Lowrie, R. (2002). *SME Mining Reference Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Marmer Dwihandoyo, Ganda MS., Awang S., 2010. "Peran SNI 7571 : 2010 dan SNI 7570 : 2010 Dalam Kegiatan Peledakan Di Tambang Terbuka Di Indonesia". Jakarta ; Prosiding PPI Standardisasi 2010.
- Persson, P.A., Holmberg, R., & Lee, J. (1994). *Rock Blasting and Explosives Engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Shearer, P.M. (2009). *Introduction to Seismology* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Singh, P. K., & Sinha, A. (2010). "Impact of blast design parameters on rock fragmentation and blast-induced ground vibration in opencast coal mines." *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2(2), 97–104.
- Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., & Dowding, C.H. (1980). *Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting*. US Bureau of Mines Report of Investigations 8507