

Analisis Pengaruh Arah Lemparan Batuan Berdasarkan *Initiation Point* Terhadap *Ground Vibration* Pada Aktivitas Peledakan Di Pit Blok Osor Timur PT. Katika Selabumi Mining Kabupaten Kutai Kartanegara

Josh Immanuel Stevano Suhari¹, Revia Oktaviani¹, Albertus Jovensius Pontus¹, Windhu Nugroho¹, Tommy Trides¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Korespondensi : joshimmanuelss11@gmail.com, revia.oktaviani@gmail.com, albertpontus@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Getaran tanah merupakan gelombang yang terjadi didalam tanah disebabkan oleh sumber energi. Getaran tanah akibat aktivitas peledakan dapat mempengaruhi bangunan di sekitar area peledakan, termasuk pemukiman warga. Nilai *peak particle velocity* (PPV) yang besar dapat membuat kerusakan terhadap rumah warga. Pengambilan data dilakukan dengan membagi dua populasi data, yaitu arah lemparan batuan berdasarkan titik inisiasi menjauhi titik pengukuran dan arah lemparan batuan berdasarkan titik inisiasi mendekati titik pengukuran. Selama penelitian dilaksanakan, didapat nilai PPV maksimum sebesar 3.03 mm/s dengan titik inisiasi mendekati titik pengukuran serta terdapat bidang bebas dan dinding pada lokasi peledakan, sedangkan nilai PPV minimum sebesar 0.4 mm/s dengan titik inisiasi menjauhi titik pengukuran serta terdapat bidang bebas pada lokasi peledakan. Berdasarkan hasil perhitungan nilai PPV prediksi didapat persentase kesalahan sebesar 15.74% dengan nilai PPV aktual di lokasi penelitian. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan arah lemparan batuan dengan titik inisiasi mendekati titik pengukuran memiliki nilai yang lebih besar.

Kata kunci: Getaran Tanah, Prediksi *Peak Particle Velocity*, *Scaled Distance*, Regresi *Power*

ABSTRACT

Ground vibrations are waves that occur in the ground caused by an energy source. Ground vibrations due to blasting activity can affect buildings around the blasting area, including residential areas. Large peak particle velocity (PPV) can cause damage to people's homes. Data collection was carried out by dividing the data population into two, the direction of rock throwing based on the initiation point away from the measurement point and the direction of rock throwing based on the initiation point approaching the measurement point. During the research, values were obtained PPV maximum is 3.03 mm/s with the initiation point close to the measurement point and there is a free face and walls at the blasting location, the PPV minimum of 0.4 mm/s with the initiation point away from the measurement point and there is a free face at the blasting location. Based on the results of calculating the predicted PPV value, an error percentage of 15.74% was obtained with the actual PPV value at the research location. From the results of the analysis and calculations, it was found that the direction of the rock throw with the initiation point closer to the measurement point had a greater value.

Keyword : *Ground Vibration, Peak Particle Velocity Prediction, Scaled Distance, Power Regression*

PENDAHULUAN

Teknik peledakan merupakan tindak lanjut dari kegiatan pemboran, dimana tujuannya adalah untuk melepaskan batuan induknya agar menjadi fragmen-fragmen yang berukuran lebih kecil sehingga memudahkan dalam proses penanganan material selanjutnya [1]. Kegiatan peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan salah satunya bila dampak terhadap lingkungan (*fly rock, vibration, air blast, gas beracun dan debu*) dapat terkendali. Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak didalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi [3]. Getaran tanah pada tingkat tertentu dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur disekitar lokasi peledakan. Kerusakan terhadap bangunan merupakan salah satu akibat yang disebabkan oleh getaran tanah karena adanya aktivitas peledakan. PT. Kartika Selabumi Mining merupakan perusahaan pertambangan yang menggunakan teknik peledakan batuan untuk membongkar *overburden* atau tanah penutup. Namun dalam operasi penambangan dengan melakukan

teknik peledakan menimbulkan dampak terhadap pemukiman penduduk yang terdapat pada sekitar wilayah izin usaha pertambangan PT. Kartika Selabumi Mining, salah satunya adalah getaran tanah atau *ground vibration*. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini dilakukan analisis pengaruh arah lemparan batuan berdasarkan *initiation point* terhadap *ground vibration* pada aktivitas peledakan di Pit Blok Osor Timur PT. Kartika Selabumi Mining Kabupaten Kutai Kartanegara.

Peledakan dan Getaran Tanah

Peledakan merupakan proses pembeaian batuan dalam volume yang besar dengan menggunakan bahan peledak agar massa batuan mudah digali dan diangkut. Hasil dari kegiatan peledakan yaitu: fragmentasi batuan, *ground vibration* dan *air blast*, serta *flyrock* dan *fumes* [3]. Kriteria peledakan yang berhasil [1]:

1. Target produksi terpenuhi
2. Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang dibongkar per kg bahan peledak (*powder factor*)
3. Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (*boulder*)
4. Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, retakan-retakan)
5. Dampak terhadap lingkungan minimum (*fly rock*, getaran, kebisingan, gas beracun, debu)

Getaran Tanah (*ground vibration*) merupakan gelombang yang bergerak didalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktifitas peledakan [3].

Scaled Distance

Scaled Distance mengkorelasikan tingkat pergerakan tanah pada berbagai jarak dari ledakan. *Scaled distance* menggabungkan pengaruh berat muatan total pada tingkat guncangan tanah awal dengan dispersi geometri pada gelombang gerak tanah seiring bertambahnya jarak dari ledakan [2].

$$SD = \frac{D}{W^{0,5}} \quad (1)$$

Keterangan:

- D = Jarak muatan maksimum terhadap lokasi pengukuran (m)
 W = Muatan bahan peledak maksimum per periode tunda (kg)

Prediksi Peak Particle Velocity (PPV)

Velocity adalah kecepatan pergerakan partikel batuan ketika meninggalkan posisi diamnya. Dimulai dari nol, naik ke maksimum, dan kembali ke nol [4].

$$V = K \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-\beta} \quad (2)$$

Keterangan:

- V = Peak Particle Velocity (PPV) prediksi
 K = Konstanta
 D = Jarak muatan maksimum terhadap lokasi pengukuran (m)
 W = Muatan bahan peledak maksimum per periode tunda (kg)
 β = Nilai eksponen / kondisi geologi

Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi (R), adalah suatu angka yang menunjukkan tinggi rendahnya derajat antara dua variabel atau lebih. Koefisien korelasi besarnya sudah tertentu, yaitu variasi antara -1 dan +1.

$R < 0$: Derajat hubungan antara dua variabel menunjukkan hal yang berlawanan (koefisien korelasi negatif)

$R > 0$: Derajat hubungan antara dua variabel menunjukkan hal yang sejajar atau paralel (koefisien korelasi positif)

$R = 0$: Tidak ada hubungan sama sekali antara dua variabel

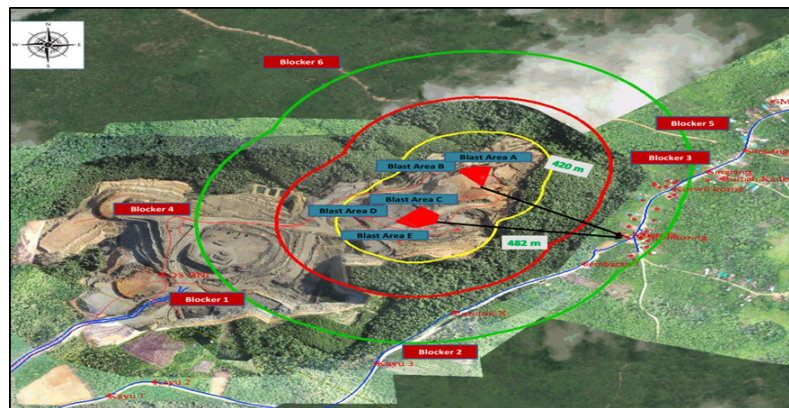
Untuk menentukan tingkat korelasi adalah sebagai berikut [3]:

Tabel 1. Pedoman Untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00-0.199	Sangat Rendah
0.2-0.399	Rendah
0.4-0.599	Sedang
0.6-0.799	Kuat
0.8-1.0	Sangat Kuat

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Pit Blok Osor Timur PT. Kartika Selabumi Mining. Pengambilan data dilakukan pada 1 Agustus-3 September 2024 dengan membagi data menjadi 2 populasi data, data nilai PPV dengan titik inisiasi menjauhi titik pengukuran dan nilai PPV dengan titik inisiasi mendekati titik pengukuran. Penelitian ini dilaksanakan karena lokasi pit tersebut berdekatan langsung dengan pemukiman penduduk. Jarak dari lokasi penambangan dengan pemukiman penduduk terdekat kurang lebih 300 - 500 meter.



Gambar 1. Peta Road Blocker Tanggal 15/08/2024

Metode penelitian dilakukan dengan pengumpulan data primer yang didapat langsung dari lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Data primer berupa letak *initiation point* aktual dan pengukuran PPV aktual. Data sekunder berupa data *blast plan*, *tie-up plan*, *tie-up actual* dan *event report*. Data letak *initiation point* aktual digunakan untuk mengetahui arah lemparan batuan pada setiap lokasi peledakan dan data pengukuran PPV aktual digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi *power* yang akan digunakan untuk memprediksi PPV pada peledakan selanjutnya berdasarkan arah lemparan batuannya. Data *blast plan* berisikan jarak lokasi peledakan ke titik pengukuran beserta geometri peledakan pada setiap lokasi peledakan. Data *tie-up plan* dan *tie-up actual* digunakan untuk memastikan rencana desain rangkaian peledakan sesuai dengan rangkaian peledakan aktual di lokasi peledakan. Data *event report* digunakan untuk melihat hasil *print out* pengukuran PPV yang dihasilkan oleh alat Blastmate III. Setelah itu dilakukan analisis terhadap pengaruh arah lemparan batuan berdasarkan *initiation point* terhadap nilai PPV.



Gambar 2. Blastmate III

HASIL DAN ANALISIS

1. Analisis Arah Lemparan Batuan Berdasarkan *Initiation Point*

Salah satu cara untuk melihat arah lemparan batuan pada suatu aktivitas peledakan dapat dilihat dari letak titik inisiasi yang terdapat pada pola rangkaian peledakan. Pada penelitian kali ini, nilai dari PPV akan dianalisis berdasarkan arah lemparan batuan dengan membandingkan pengaruhnya apabila arah lemparan batuan mengarah ke titik pengukuran dengan yang arah lemparan batuan membelakangi titik pengukuran. Sebagai contoh, pada Gambar 3 dapat dilihat untuk arah lemparan batuan berdasarkan *initiation point*.



Gambar 3. Arah Lemparan Batuan Berdasarkan *Initiation Point*

2. Hasil Pengukuran *Ground Vibration*

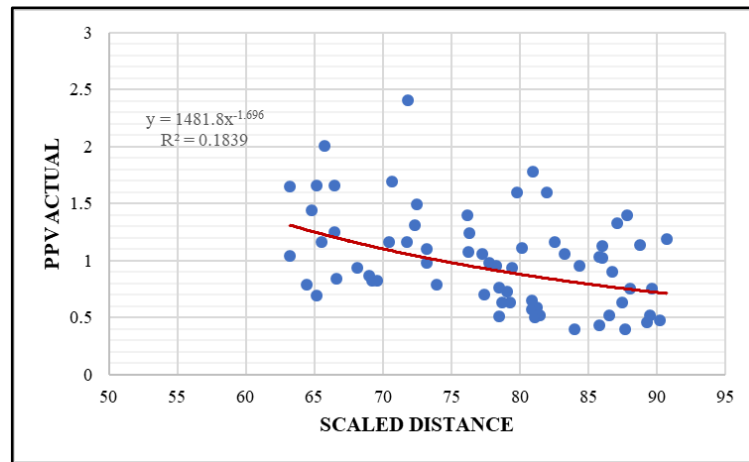
Tabel 2. Hasil Pengukuran *Ground Vibration*

Tanggal	Lokasi	Charging	Jarak	Titik Inisiasi	Kondisi Lapangan	PPV mm/s
		Kg	m			
01/08/2024	C	35	365	Mendekati Titik Pengukuran	Terdapat Wall	2.83
	D	35	397	Mendekati Titik Pengukuran		2.35
03/08/2024	D	30	497	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	1.19
06/08/2024	A	30	449	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	1.60
07/08/2024	B	30	477	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	1.33
08/08/2024	C	30	437	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.6
	A	30	491	Menjauhi Titik Pengukuran		0.75
10/08/2024	B	30	418	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.24
	A	30	452	Menjauhi Titik Pengukuran		1.16
12/08/2024	C	30	486	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.14
	D	30	446	Menjauhi Titik Pengukuran	-	0.52
	A	30	386	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.16
	B	30	426	Menjauhi Titik Pengukuran		0.98
	C	30	431	Menjauhi Titik Pengukuran		0.63

13/08/2024	C	30	468	Mendekati Titik Pengukuran	-	0.89
	D	30	479	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.63
14/08/2024	A	30	330	Mendekati Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	3.03
	B	40	425	Mendekati Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	2.43
	C	40	454	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	2.41
15/08/2024	A	30	420	Mendekati Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.9
	B	30	430	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.51
	C	40	482	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	1.08
	D	40	495	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	0.95
19/08/2024	A	30	387	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Wall	1.69
	B	30	357			0.69
	C	30	378			0.87
	D	30	489	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.46
	E	30	444			0.5
21/08/2024	B	30	470	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.03
	BB	30	482			0.75
	D	30	471	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.02
	DD	30	462	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.95
22/08/2024	A	30	494	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.48
	AA	30	471			1.13
	AAA	30	481			1.4
	AAAA	30	475			0.9
	B	30	417	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.4
	BB	30	401			1.1
	BBB	30	397			1.49
	C	30	395	Mendekati Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	1.08
CC	30	415			0.6	
24/08/2024	A	32	458	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.78
	AA	32	406			1.16
	B	30	373			0.94
	BB	30	364		Terdapat Wall	1.25
	BBB	30	359			1.16
	BBBB	30	353			0.79
	C	30	435			0.94

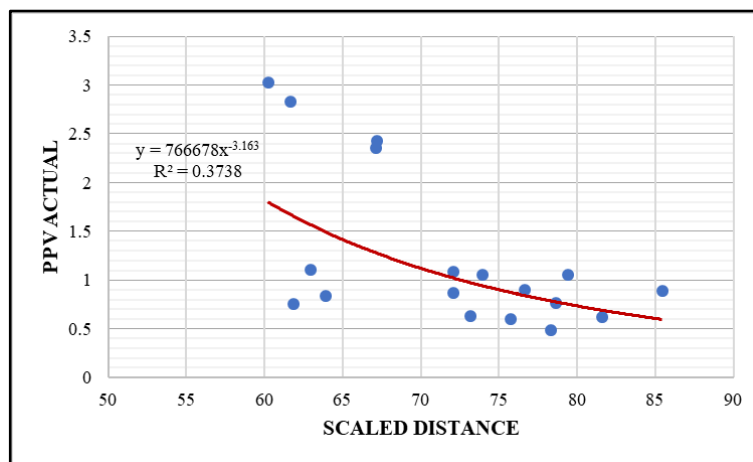
	CC	30	405		Terdapat Free Face	0.79
	A	32	443			0.49
	AA	32	445	Mendekati Titik Pengukuran		0.76
	AAA	30	447			0.62
	AAAA	30	395		Terdapat Free Face dan Wall	0.87
26/08/2024	AB	30	339	Mendekati Titik Pengukuran		0.75
	ABB	30	350			0.84
	ABBB	30	345			1.11
	B	30	435	Mendekati Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.05
	BB	30	405			1.05
	A	30	445			0.59
	AA	30	434	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face dan Wall	0.63
	AAA	30	430			0.76
	AAAA	30	424			0.7
27/08/2024	BB	30	490	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.52
	BBB	30	480			0.4
	BBBB	30	470			0.43
	C	30	460	Menjauhi Titik Pengukuran	-	0.4
	CC	30	433			0.73
	A	30	474			0.52
28/08/2024	AA	30	456	Menjauhi Titik Pengukuran	-	1.06
	AB	30	439			1.11
	ABB	30	423			1.06
	B	30	443	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	0.65
	BB	30	401	Mendekati Titik Pengukuran		0.63
29/08/2024	C	30	364	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.66
	CC	30	346	Menjauhi Titik Pengukuran		1.65
	A	30	443			0.57
	AA	30	401	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Wall	0.98
	AAA	30	379			0.82
	AB	30	365			0.84
31/08/2024	ABB	30	381			0.82
	B	30	396			1.31
	BB	30	357			1.66
	BBB	30	346	Menjauhi Titik Pengukuran	Terdapat Free Face	1.04
	BC	30	360			2.01
	BCC	30	355			1.44

3. Analisis Regresi Power



Gambar 4. Grafik Regresi Power Titik Inisiasi Menjauhi Titik Pengukuran

Berdasarkan Gambar 4, didapatkan persamaan, $y = 1481.8x^{-1.696}$, dari persamaan tersebut didapatkan nilai konstanta sebesar 1481.8 dan nilai eksponen sebesar -1.696. Sedangkan untuk nilai (R^2) sebesar 0.1839 dan nilai (r) yang merupakan akar dari (R^2) sebesar 0.42844. Dilihat dari Tabel 1 untuk nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0.42844 termasuk ke tingkat hubungan sedang



Gambar 5. Grafik Regresi Power Titik Inisiasi Mendekati Titik Pengukuran

Berdasarkan Gambar 5 didapatkan persamaan, $y = 766678x^{-3.163}$, dari persamaan tersebut didapatkan nilai konstanta sebesar 766678 dan nilai eksponen sebesar -3.163. Sedangkan untuk nilai (R^2) sebesar 0.3738 dan nilai (r) yang merupakan akar dari (R^2) sebesar 0.61139. Dilihat dari Tabel 1 untuk nilai koefisien korelasi R sebesar 0.61139 termasuk ke tingkat hubungan kuat.

Persamaan Prediksi Getaran Tanah Berdasarkan Analisis Regresi Power:

1. Persamaan prediksi getaran tanah dengan titik inisiasi menjauhi titik pengukuran:
 $PPV = 1481,8(SD)^{-1,696}$
2. Persamaan prediksi getaran tanah dengan titik inisiasi mendekati titik pengukuran:
 $PPV = 766678(SD)^{-3,163}$

Persamaan yang didapatkan dalam analisis regresi power dapat digunakan untuk memprediksi nilai PPV pada aktivitas peledakan selanjutnya di Pit Blok Osor Timur dengan melihat arah lemparan batuan berdasarkan

initiation point. Pada persamaan tersebut dapat diketahui pengaruh getaran tanah ditandakan dengan nilai PPV yang dihasilkan apabila memiliki nilai *scaled distance* yang sama sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Prediksi PPV Berdasarkan Titik Inisiasi dan *Scaled Distance*

Scaled Distance (m/Kg ^{1/2})	Peak Particle Velocity (mm/s)	
	Titik Inisiasi Menjauhi	Titik Inisiasi Mendekati
65	1.25	1.41
66	1.22	1.35
67	1.19	1.28
68	1.16	1.23
69	1.13	1.17
70	1.10	1.12
71	1.07	1.07
72	1.05	1.02
73	1.02	0.98
74	1.00	0.94
75	0.98	0.90
76	0.96	0.86
77	0.94	0.83
78	0.92	0.79
79	0.90	0.76
80	0.88	0.73

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan untuk aktivitas peledakan selanjutnya di Pit Blok Osor Timur dapat melihat letak *initiation point* serta nilai *scaled distance*. Dilihat dari Tabel 3, untuk nilai $SD < 71$ dengan titik inisiasi menjauhi memiliki nilai PPV lebih kecil dibandingkan dengan titik inisiasi mendekati. Namun untuk nilai $SD > 71$ dengan titik inisiasi mendekati memiliki nilai PPV lebih kecil dibandingkan dengan titik inisiasi menjauhi. Maka dari itu, untuk aktivitas peledakan selanjutnya di Pit Blok Osor Timur dapat melihat dan mempertimbangkan letak titik inisiasi dan nilai *scaled distance* untuk mendapatkan nilai PPV yang diprediksikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Ibu Dr. Ir. Hj. Revia Oktaviani, S.T., M.T., Bapak Albertus Juvensius Pontus, S.T., M.T., Bapak Ir. Windhu Nugroho, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Tommy Trides, S.T., M.T. yang telah membimbing, mengarahkan serta memberi saran kepada penulis dalam penyusunan jurnal ini. Terima kasih juga kepada Bapak Sugeng Tribandendo selaku Kepala Teknik Tambang PT. Kartika Selabumi Mining, Bapak Adi Riadi selaku *Superintendent Operations* PT. Kartika Selabumi Mining, Bapak Ghifari Baskoro Aji selaku *Supervisor Engineering* PT. Kartika Selabumi Mining, Bapak Arry selaku *Supervisor* K3 dan KO PT. Dahana yang telah mewadahi penulis selama melaksanakan penelitian serta kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggara R. Teknik Peledakan, Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah. 2017.
- [2] Anonim. Kursus Juru Ledak Kelas II. Departemen Pertambangan dan Energi, Yogyakarta. 2004.
- [3] Anonim. Surface Blasting Handbook. EL Mining Services. 2014.
- [4] Bhandari S. Engineering Rock Blasting Operations. A.A Balkema : Rotterdam. 1997.
- [5] Cahyadi R. Analisis Korelasi Scaled Distance Terhadap Getaran Tanah Pada Operasi Peledakan Batu Kapur PT. Semen Baturaja (Persero). *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 2017; Vol. 8, No. 2.

-
- [6] Kasbillah. *Analisis Pengaruh Muatan Bahan Peledak dan Delay Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah Pada Aktivitas Peledakan Di Pit Jongkang PT. Bukit Baiduri Energi*. Program Studi Teknik Pertambangan. Fakultas Teknik. Universitas Mulawarman Samarinda. 2023.
- [7] Kementerian Lingkungan Hidup. 1996. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 49 Tentang Baku Tingkat Getaran. Departemen Lingkungan Hidup. Jakarta. 1996.
- [8] Konya CJ, Edward EJ. *Rock Blasting And Overbreak Control*, National Highway Institute. 1991.
- [9] Permana A. Kajian Pengurangan Getaran Tanah (Ground Vibration) Pada Peledakan Overburden Tambang Batubara Di PT. Artamulia Tata Pratama Site Tanjung Belit Provinsi Jambi. *Bina Tambang*. 2019; Vol. 4, No. 1.
- [10] Rosyad F, Zaenal, Solihin. Evaluasi Geometri Peledakan Untuk Menghasilkan Fragmentasi yang di Inginkan Pada Kegiatan Pemberaian Batuan Andesit di PT. Mandiri Sejahtera Sentra, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal*. 2016; Volume 2, No. 1.
- [11] SNI 7571:2010. Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Peledakan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2010.
- [12] Sunaryadi TA. Penyusunan Program Aplikasi Komputasi Perancangan Peledakan Pada Tambang Terbuka Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic 6, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta. 2011