

Optimalisasi Penggunaan Bahan Peledak terhadap Nilai *Peak Particle Acceleration* (PPA)

Riski Maulana *, Yuliadi, Dwihandoyo Marmer

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

riski.maulanaa1521@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, hansmarmer@yahoo.com

Abstract. PT Indocement Tungal Prakarsa conducts mining activities. The mining method used is blasting. The negative impact of blasting is ground vibration, so an analysis was conducted to reduce the impact of blasting. The method used in blast vibration analysis is the scaled distance approach, which relates the distance and explosive charge to the vibration value. This prediction equation is used as the basis for subsequent blast planning, particularly in determining the maximum amount of explosive delay. The characteristics of ground vibration decay were obtained using Balswere software to graph the relationship between Peak Particle Acceleration and Scaled Distance with a confidence level of 95%, yielding a constant K value of 39,987.1 and a constant e value of -1.124, as well as a coefficient of determination (R^2) of 0.297, indicating 29.7%. From this data, the predicted PPA value was obtained and recommendations for explosive loads could be generated with 95% confidence, namely 36.95 kg at a distance of 300 m and a maximum explosive load of 410.6 kg at a distance of 1000 m.

Keywords: *Ground Vibration, Blasting and PPA (Peak Particle Acceleration).*

Abstrak. PT Indocement Tungal Prakarsa melakukan kegiatan pertambangan. Metode pertambangan yang digunakan adalah peledakan. Dampak negatif dari peledakan adalah getaran tanah, sehingga dilakukan analisis untuk mengurangi dampak peledakan. Metode yang digunakan dalam analisis getaran peledakan adalah pendekatan jarak berskala, yang menghubungkan jarak dan muatan peledak dengan nilai getaran. Persamaan prediksi ini digunakan sebagai dasar untuk perencanaan peledakan selanjutnya, terutama dalam menentukan jumlah maksimum penundaan peledak. Karakteristik peluruhan getaran tanah diperoleh menggunakan perangkat lunak Balswere untuk menggambarkan hubungan antara peak particle Acceleration (ppa) dan Scaled Distance dengan tingkat kepercayaan 95%, menghasilkan nilai K konstan sebesar 39.987,1 dan nilai e konstan sebesar -1,124, serta koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,297, menunjukkan 29,7%. Dari data ini, nilai PPA yang diprediksi diperoleh dan rekomendasi untuk beban peledak dapat dihasilkan dengan tingkat kepercayaan 95%, yaitu 36,95 kg pada jarak 300 m dan beban peledak maksimum 410,6 kg pada jarak 1000 m.

Kata Kunci: *Getaran Tanah, peledakan dan PPA (Peak Particle Acceleration).*

A. Pendahuluan

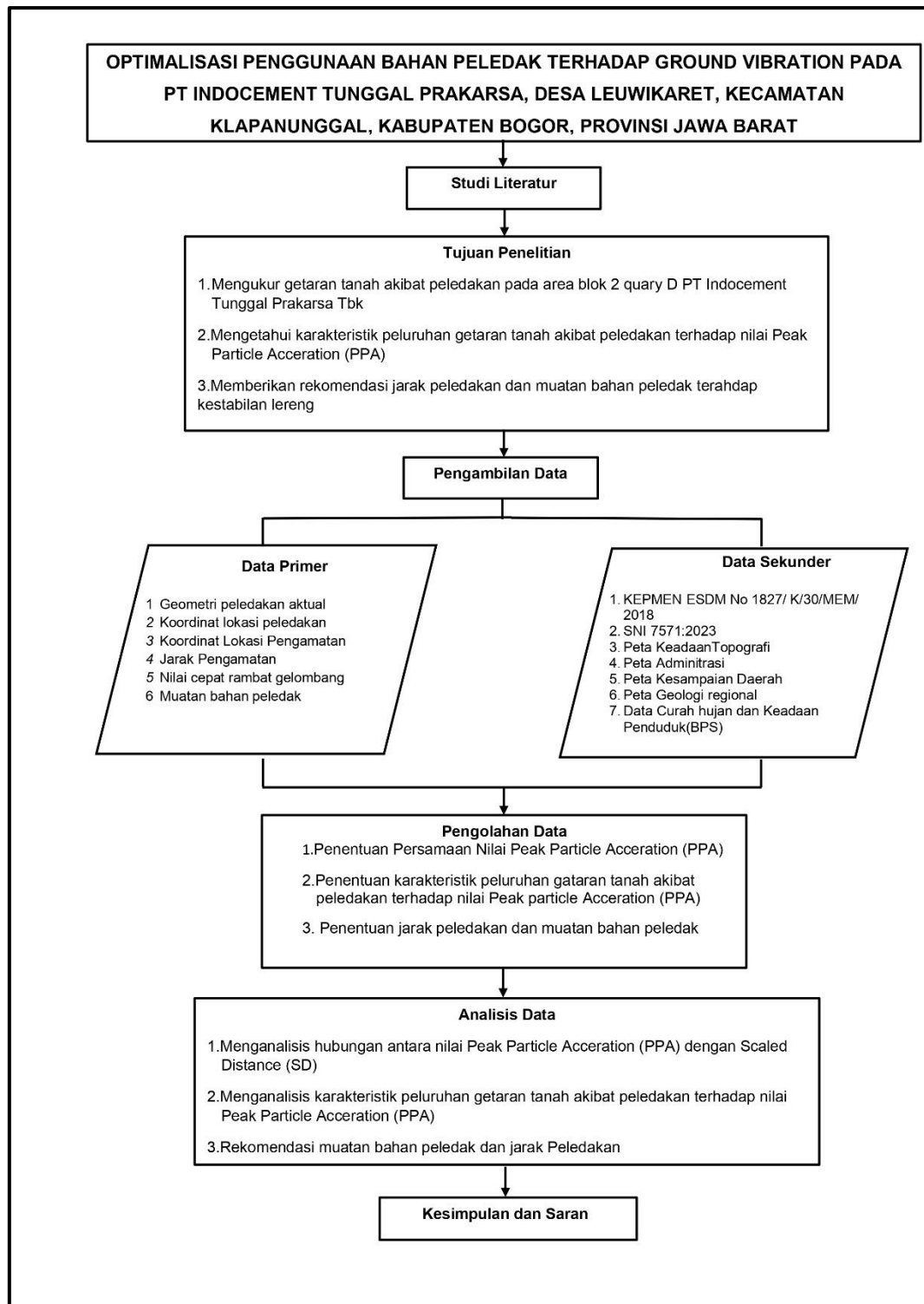
PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk merupakan salah satu produsen semen terbesar yang memiliki peran dalam mendukung sektor ini. Sistem penambangan yang diterapkan PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk adalah sistem tambang terbuka dengan metode quarry. Dalam kegiatan penambangannya PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk menggunakan metoda peledakan, metode ini salah satu metode yang paling sering digunakan untuk memberaikan batuan pada operasi penambangan, salah satunya pada bahan galian batu gamping (Fajariyansyah, 2018). Metode ini dipilih karena dianggap paling efektif dan efisien untuk memproduksi material dalam skala besar khususnya di area penambangan yang berlokasi di Desa Lewikaret, Kecamatan Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Kegiatan peledakan tidak lepas dari dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Salah satu dampak utama yang menjadi perhatian serius adalah getaran tanah (ground vibration). (Zuhri et al., 2018) Energi yang dilepaskan saat bahan peledak tidak seluruhnya digunakan untuk menghancurkan batuan, sebagian energi tersebut merambat ke segala arah melalui medium tanah dalam bentuk gelombang seismic. Intensitas getaran ini diukur dengan parameter peak particle acceration (PPA).

Nilai PPA pada area Blok 2 Quarry di PT Indocement Tunggul Prakasa Tbk yang terdapat pada setiap titik pengamatan yang di pengaruhi oleh perbedaan jarak dan muatan bahan peledak yang dapat digunakan untuk menganalisis hubungan antara parameter peledakan dan intensitas getaran yang dihasilkan (Ma'rief et al., 2020). Metode yang digunakan dalam analisis getaran peledakan dengan pendekatan scaled distance, yang menghubungkan jarak dan muatan bahan peledak terhadap nilai getaran yang terjadi. Analisis hubungan antara getaran peledakan dan scaled distance akan dapat memperoleh persamaan prediksi getaran yang sesuai dengan karakteristik peledakan (Cahyadi, R., Toha, T., and Komar, 2017). Persamaan prediksi ini digunakan sebagai dasar perencanaan peledakan selanjutnya, khususnya dalam menentukan jumlah bahan peledakan maksimum per delay agar nilai getaran yang dihasilkan tetap berada di bawah ambang batas yang di tetapkan (Nugraha et al., 2021).

B. Metode

Penelitian di PT Indocement Tunggul Prakasa Tbk termasuk kedalam penelitian kuantitatif lapangan dengan pendekatan empiris. Data primer yang dikumpulkan yaitu pengukuran langsung seperti geometri peledakan, jarak pengukuran dan data getaran yang diambil dengan menggunakan alat micromate untuk mencatat nilai getaran dari aktivitas peledakan. Data sekunder yang didapatkan dari perusahaan seperti blasting report, standar Nasional Indonesia (Badan Standarisasi Nasional, 2023), peta administrasi, peta kesampaian, peta geologi dan peta situasi. Data ini digunakan untuk memperkuat analisis dan interpretasi terhadap hasil pengukuran lapangan.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa variable yang sangat diperhatikan seperti jarak lokasi peledakan dengan titik pengamatan, serta muatan bahan peledak per waktu tunda (delay time) pada kedua variable tersebut dapat dilakukan pendekatan secara empiris dengan menggunakan metode scaled distance, yang merupakan pendekatan umum dalam melakukan pengukuran getaran. Pada metode empiris yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa metode United states Bureau of miner (USBM), Ambresys & Hendron, Indian Standart, serta Langefors & kihlstrom. Dari hasil model tersebut dapat menentukan nilai prediksi dari getaran yang dihasilkan. Analisis data yang dilakukan yaitu tingkat getaran akibat kegiatan peledakan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan Nilai Peak Particle Acceleration (PPA)

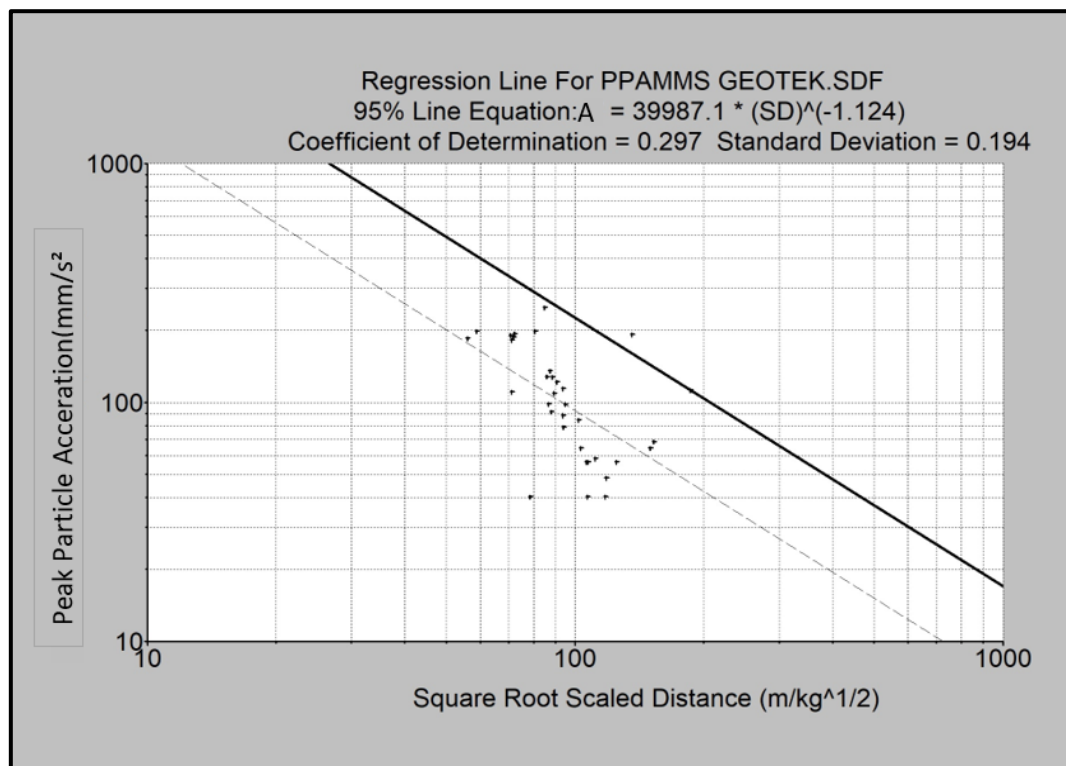
Pengamatan dilakukan di PT Indocement Tunggal Prakasa Tbk dilakukan menggunakan alat micromate kemudian di transfer kedalam software blastwere untuk dapat melihat hasil dari evant report getaran peledakan.

Scaled Distance

Scaled distance dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang digunakan. Berat dari isian bahan peledak akan berbanding lurus dengan getaran peledakan. Jika suatu isian bahan semakin besar, maka getaran yang akan dihasilkan semakin besar namun nilai scaled distance akan mengecil (Yudiwan et al., 2016). Jarak dengan getaran peledakan berbanding terbalik dengan ground vibration yang dihasilkan akan mengecil jika jarak dari lokasi pengamatan dan lokasi peledakan semakin jauh.

Nilai Konstanta (A) dan Site Exponent (e) dari nilai Peak Particle Acceleration (PPA) pada grafik log square root

Pengujian ini dapat bertujuan untuk menentukan nilai konstanta pada peledakan, dapat dilakukan dengan menggunakan software Blastware. Data yang digunakan pada software blastware yaitu nilai peak particle acceleration (Transversal, dan Longitudinal), jarak dari lokasi titik peledakan ke titik pengukuran dan data berat bahan peledak maksimum per waktu tunda (Wulansari et al., 2013). Nilai konstanta yang didapat dari pengolahan data dengan menggunakan software blastware dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil dari grafik ini digunakan untuk memprediksi nilai dari Peak particle Acceleration (PPA) yang dihasilkan pada kegiatan peledakan. Penentuan muatan bahan peledak dapat disesuaikan dengan keadaan aktual di lapangan serta mempertimbangkan jarak.



Gambar 2. Grafik hubungan PPA dengan SD Tingkat Kepercayaan 95%

Dari kurva tersebut didapat hubungan antara Scaled Distance (SD) dan PPA pada confidence line 95% yang dinyatakan dengan persamaan:

$$PPA = N \times SD^{-\beta} = 39987,1 \times \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{-1,124} \quad \dots (1)$$

Dengan R adalah jarak peledakan dan W adalah muatan bahan peledak per waktu tunda. Dari persamaan tersebut didapatkan nilai K sebesar 39987,1 dan e sebesar 1,124 yang merupakan konstanta lapangan mewakili kondisi getaran tanah yang diterima. Dari persamaan tersebut nantinya dapat ditentukan besarnya muatan bahan peledak pada jarak tertentu. Besarnya nilai K dan e pada confidence line 10%-95%

Tabel 1 Nilai K dan e pada confidence line 10%-95%

<i>Confidence Line</i>	K	e
10%	17493,6	1,124
20%	18706,6	1,124
30%	19561,3	1,124
40%	20917,5	1,124
50%	22367,7	1,124
60%	23918,4	1,124
70%	26154,6	1,124
80%	29246	1,124
90%	34197,4	1,124
95%	39987,1	1,124

Menentukan Nilai Peak Particle Acceleration Prediksi

Penentuan nilai factor peluruhan getaran (K) dan site exponent (e) didapatkan dari hasil log square root dengan model USBM dalam menentukan PPA prediksi dapat dilihat hasil dari peak particle acceration Prediksi dengan scaled distance USBM.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Data PPA Prediksi *Log Square Root*

No	Jenis Gelombang	K	e	R ²	Persamaan PPA
1	Transversal	39987,1	1,124	0,297	39987,1(SD)-1,124
2	Vertikal	39987,1	1,124	0,297	39987,1(SD)-1,124
3	Longitudinal	39987,1	1,124	0,297	39987,1(SD)-1,124

Nilai Amaks Menurut Matsuo 1984

Adalah percepatan maksimum partikel tanah akibat getaran yang digunakan untuk menilai tingkat kenyamanan manusia dan potensi gangguan struktur (Maulana et al., 2019). Pengolahan nilai percepatan horizontal maksimum dengan menggunakan persamaan.

$$A_{maks}=0,65 \text{ dari PPA} \quad \dots (2)$$

Tabel 3. Nilai Amaks dengan rumus Matsuo 1984

Amax Matsuo (1984) 0,65 (g)	
Transversal	Longitudinal
0,004	0,004
0,004	0,004
0,004	0,005
0,004	0,004
0,004	0,004
0,003	0,004
0,004	0,004

Amax Matsuo (1984) 0,65 (g)		
Transversal		Longitudinal
	0,003	0,004
	0,004	0,004
	0,004	0,004
	0,004	0,004
	0,004	0,004
	0,003	0,004
	0,003	0,004
	0,004	0,004
	0,004	0,004
	0,008	0,011
	0,009	0,013

Rekomendasi Muatan Bahan Peledak

Muatan bahan peledak dan jarak adalah factor yang penting dalam menentukan rekomendasi tingkat getaran dari aktivitas peledakan. semakin dekat jarak pengukuran terhadap titik lokasi peledakan maka akan semakin besar pula tingkat getaran yang dihasilkan (Kaltim et al., 2016). Sehingga harus dilakukannya rekomendasi muatan bahan peledak didapatkan dengan menggunakan software blawere dengan memasukan data PPA aktual dalam bentuk mm/s². untuk mengetahui besar muatan bahan peledak dalam jarak tertentu menggunakan persamaan hubungan antara scaled distance dan PPA yaitu:

$$PPA = 39987,1 \times \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{-1,124} \quad \dots (2)$$

Persamaan tersebut di plot untuk confidence line 95% yang dengan menggunakan data peak yang didapat dari ahli geoteknik tetapi data di bawah ini merupakan simulasi data peak dengan jarak di mulai dari 300 m dengan kenaikan 25 m per muatannya. Berikut rekomendasi muatan bahan peledak dalam jarak tertentu:

Tabel 4. Rekomendasi isian bahan peledak dengan peak 200-300 mm/s²

Rekomendasi Isian Bahan Peledak (200 mm/s ²)			Rekomendasi Isian Bahan Peledak (300 mm/s ²)		
No	Distance (m)	Weight (kg)	No	Distance (m)	Weight (kg)
1	300	7,235	1	300	14,89
2	325	8,492	2	325	17,47
3	350	9,848	3	350	20,26
4	375	11,31	4	375	23,26
5	400	12,86	5	400	26,47
6	425	14,52	6	425	29,88
7	450	16,28	7	450	33,5
8	475	18,14	8	475	37,32
9	500	20,1	9	500	41,36
10	525	22,16	10	525	45,6
11	550	24,32	11	550	50,04
12	575	26,58	12	575	54,69
13	600	28,94	13	600	59,55
14	625	31,4	14	625	64,62
15	650	33,97	15	650	69,89

Rekomendasi muatan bahan peledak dengan confidence line dari 10% - 95 %. Pada setiap confidence line mendeskripsikan tingkat kepercayaan data, semakin tinggi confidence line maka kepercayaan datanya pun akan semakin tinggi seperti table di bawah ini.

Tabel 5. Rekomendasi muatan bahan peledak confidence line 10%-95%

Jarak	Confidence Line %									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
Muatan Bahan Peledak (kg)										
300	160,9	142,8	131,9	117,1	103,9	92,23	78,7	64,48	48,81	36,95
325	188,9	167,6	154,8	137,4	122	108,2	92,3	75,68	57,29	43,37
350	219	194,4	179,5	159,4	141,4	125,5	107	87,77	66,44	50,3
375	251,4	223,2	206,1	182,9	162,4	144,1	123	108,8	76,27	57,74
400	286,1	253,9	234,5	208,1	184,7	164	139	114,6	86,78	65,7
425	323	286,7	264,7	235	208,5	185,1	158	129,4	97,97	74,16
450	362,1	321,4	296,8	263,4	233,8	207,5	177	145,1	109,8	83,15
475	403,4	358,1	330,7	293,5	260,5	231,2	197	161,6	122,4	92,64
500	447	396,7	366,4	325,2	288,6	256,2	219	179,1	135,6	102,6
525	492,8	437,4	404	258,5	318,2	282,4	241	197,1	149,5	113,2
550	540,9	480,1	443,4	393,5	349,3	310	264	216,7	164,1	124,2
575	591,2	524,7	484,6	430,1	381,7	338,8	289	236,9	179,3	135,8
600	643,7	571,3	527,5	468,3	415,6	368,9	315	257,9	195,3	147,8
625	698,5	619,9	619,2	508,1	451	400,3	341	279,9	211,9	160,4
650	755,5	670,5	667,8	549,6	487,8	433	369	302,7	229,2	173,5
675	814,7	723,1	718,2	592,7	526,1	466,9	298	326,4	247,1	187,1
700	876,2	777,6	770,4	637,4	565,7	502,1	428	351,1	265,8	201,2
725	939,9	834,2	824,4	683,8	606,9	538,6	459	376,6	285,1	215,8
750	1005,8	895,3	880,3	731,7	649,4	576,4	492	403,3	305,1	231
775	1074	1015,7	938	781,3	693,5	615,5	525	458,5	347,1	246,6

D. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Tingkat getaran tanah (ground vibration) dari hasil kegiatan peledakan di PT Indocement Tungal Prakasa Tbk. Hasil pengukuran dari 48 data getaran menunjukkan bahwa nilai Peak Particle Acceleration (PPA) yang terendah sebesar 0,00494 g, untuk nilai getaran tertinggi sebesar 0,0107 g, nilai getaran tidak melebihi nilai ambang batas. Pengukuran dilakukan pada jarak 460meter hingga 955meter dari titik peledakan.
2. Kurva peluruhan getaran dengan parameter Peak Particle Acceration (PPA) pada confidence line 95 %, didapat nilai konstanta A sebesar 39987,1 dengan memiliki nilai konstanta e sebesar -1,124.
3. Dari penelitian ini dihasilkan rekomendasi muatan bahan peledak pada jarak tertentu. Jumlah muatan bahan peledak dengan menggunakan confidence line 95% minimum yaitu 36,95 kg pada jarak 300 m dan muatan bahan peledak maksimum yaitu 410,6 kg pada jarak 1000 m.

Ucapan Terimakasih

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang dan atas segala limpahan rahmat sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. terima kasih kepada kedua Orang Tua penulis yang selalu memberikan dukungan disertai dengan doa untuk penulis, terima kasih kepada PT Indocement Tungal Prakasa Tbk telah mempersilahkan penulis menuntut ilmu di tempat, terima kasih kepada Seluruh Teman Teman Yang Terlibat dalam pengerjaan Skripsi ini.

Daftar Pustaka

- Adijaya, R., & Moralista, E. (n.d.). *Perancangan dan Penjadwalan Tambang pada Penambangan Nikel Laterit*. Retrieved <https://journal.sbpublisher.com/index.php/minetech>
- Adit Kurniawan, Dudi Nasrudin, & Rully Nurhasan. (2021). Rancangan Teknis Penambangan Bijih Nikel pada Daerah Blok C PT XYZ Desa Boenaga, Kecamatan Lasolo, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(2), 101–106. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i2.394>
- Badan Standarisasi Nasional. (2023). RSNI 7571 Tahun 2023 Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka. *Badan Standarisasi Nasional*, 1(ICS 71.100.30), 1.
- Cahyadi, R., Toha, T., and Komar, S. (2017). Analisis Korelasi Scaled Distance Terhadap Getaran Tanah Pada Operasi Peledakan Batu Kapur PT. Semen Baturaja (Persero). *Jurnal Teknik Patra Akademik*, 08(02), 26–38.
- Fajariyansyah, A. (2018). Tema 3 Tema 3 Tema 3 Tema 3 Tema 3 Tema 3 Tema 3. *Electronic Publishing*, 18883(dill), 3–6.
- Kaltim, A. B., Province, E. K., Damanik, R. H., Trides, T., & Z, F. D. (2016). Analisis Pengaruh Muatan Bahan Peledak. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 4(1), 1–7.
- Ma'rief, A. A., Qadri, A., Okviyani, N., & Mahyuni, E. T. (2020). Analisis Pengaruh Jumlah Bahan Peledak Terhadap Ground Vibration Akibat Ledakan Pada Area Pit SM-A Tambang Batubara PT Sims Jaya, Kalimantan *Jurnal Geomine*, 8(April), 74–79.
- Maulana, R., Djayus, & Lepong, P. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Terhadap Getaran Tanah (Ground Vibration) Akibat Aktivitas Blasting di Pit 10 PT. Alamjaya Bara Pratama Desa Jembayan. In *Jurnal Geosains Kutai Basin* (Vol. 3, Number 2).
- Mutiara Nur Fajryanti, Ashari, Y., & Moralista, E. (2021). Perencanaan Sistem Penyaliran dan Pemompaan pada Tambang Terbuka di PT X Desa Tegalega, Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(1), 39–46. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i1.31>
- Nugraha, A., Yuliadi, & Iswandaru. (2021). 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. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 7(2), 325–335.
- Wulansari, N., Mahawati, E., & Hartini, E. (2013). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title*. 1–30.
- Yudiwan, Y., Nugroho, W., & Trides, T. (2016). *Analysis Ground Vibration Level As A Result Of Blasting At Pit Kinong, Pt. Firman Ketaun Perkasa, Melak District, Kutai Barat Regency, East Borneo*. 4(1), 47–53.
- Zuhri, M. A., Hasan, H., & Trides, T. (2018). Pengaruh Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration) Akibat Peledakan Area Pt. Rinjani Kartanegara , Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Teknologi Mineral FT UNMUL*, 6(1), 11–16.