

Kajian Pengaruh Arah Umum Struktur Geologi Terhadap Getaran Tanah pada Peledakan Penambangan Quarry Batu Granit PT. Pacific Granitama

Muhammad Rayhan Nimatulloh *, Yuliadi, Noor Fauzi

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

*rayhannimatulloh@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, noorfauzi@unisba.ac.id

Abstract. This thesis is a research on the influence of the general direction of geological structures on ground vibration caused by blasting activities. Based on KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, mining companies are required to monitor ground vibration to ensure that the level of ground vibration does not exceed the threshold. The presence of geological structures can be an influence variable of the resulting ground vibration, so it is necessary to study the general direction of the structure to design the optimal implementation of blasting activities. Determination of the general direction of the structure and rock mass was carried out using the scanline and rock mass rating methods. Data collection techniques were carried out by field observation to determine the general direction of the structure and blasting geometry design. The analysis was conducted using the Scaled Distance Law to predict the Peak Particle Velocity value where the threshold value set by SNI 7571 Year 2023 in the second class (II) building is 3.00 mm/s. The results showed the peak vector sum (PVS) value ranged from 0.683 - 4.463 mm/s. The general direction of the structure stretches by N292OE with the direction of Northwest - Southeast orientation, with a rock mass rating (RMR) value of 81 which is included in the good rock class. The vibration prediction value obtained ranges from 0.62 - 1.3 mm/s. Therefore, the PVS prediction value is still below the specified threshold.

Keywords: *Ground Vibration, Scaled Distance, Peak Particle Velocity.*

Abstrak. Skripsi ini merupakan penelitian mengenai pengaruh arah umum struktur geologi terhadap getaran tanah yang diakibatkan karena adanya aktivitas peledakan. Berdasarkan KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, perusahaan pertambangan wajib melakukan *monitoring* getaran tanah untuk memastikan bahwa tingkat getaran tanah tidak melebihi ambang batas. Keterdapatn struktur geologi dapat menjadi variabel pengaruh dari getaran tanah yang dihasilkan sehingga diperlukan adanya kajian tentang arah umum struktur untuk merancang pelaksanaan kegiatan peledakan yang optimal. Penentuan kondisi arah umum struktur dan massa batuan dilakukan dengan menggunakan metode *scanline* dan *rock mass rating*. Teknik pengambilan data dilakukan dengan observasi lapangan untuk mengetahui keadaan arah umum struktur dan rancangan geometri peledakan. Analisis dilakukan dengan menggunakan Hukum *Scaled Distance* untuk memprediksi nilai *Peak Particle Velocity* dimana nilai ambang batas yang ditetapkan SNI 7571 Tahun 2023 pada bangunan kelas dua (II) sebesar 3,00 mm/s. Hasil penelitian menunjukkan nilai *peak vector sum* (PVS) berkisar antara 0,683 – 4,463 mm/s. Arah umum struktur membentang sebesar N292^oE dengan arah orientasi Barat Laut – Tenggara, dengan nilai *rock mass rating* (RMR) sebesar 81 yang termasuk dalam kelas *good rock*. Nilai prediksi getaran yang didapat berkisar antara 0,62 – 1,3 mm/s. Maka dari itu nilai prediksi PVS masih di bawah ambang batas yang ditentukan.

Kata Kunci: *Getaran Tanah, Scaled Distance, Peak Particle Velocity.*

A. Pendahuluan

Peledakan pada kegiatan penambangan akan menimbulkan hancurnya batuan (pemberaian) dan akan menimbulkan getaran pada massa batuan atau material yang berada disekitarnya. Getaran memiliki beberapa tingkat yang bervariasi tergantung pada rancangan peledakan dan kondisi geologi pada batuan yang akan diledakan (Nadya et al., 2023).

Getaran merupakan gerakan bolak-balik suatu massa melalui keadaan setimbang terhadap suatu titik acuan, sedangkan yang dimaksud dengan getaran mekanik adalah getaran yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia (KEPMEN LH No. 49/MENLH/11/1996).

Dalam melakukan kegiatan peledakan, komposisi struktur geologi dapat memperkuat atau meredam getaran tanah yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan (Gad et al., 2005). Umumnya formasi batuan yang cenderung lebih keras akan menyalurkan getaran lebih efektif daripada formasi batuan yang lebih lunak, yang akan berpotensi pada kerusakan infrakstruktur dan lingkungan.

Berdasarkan pendahuluan tersebut, terdapat perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “Bagaimana hubungan arah umum struktur geologi terhadap getaran tanah hasil peledakan?”. Selanjutnya, terdapat tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh arah umum struktur terhadap getaran tanah
2. Menganalisis muatan bahan peledak dan waktu tunda yang digunakan sehingga getaran peledakan tidak melebihi nilai ambang batas.

B. Metode

Kegiatan penelitian dilakukan dengan menggunakan data primer dan data sekunder.

1. Data primer merupakan data yang tidak terpublikasi, dimana data ini diambil secara langsung dengan pengukuran langsung di lapangan. Data-data yang diukur seperti pemetaan struktur geologi secara detail guna mengidentifikasi jenis, arah dan kepadatan struktur geologi. Pengukuran getaran tanah dilakukan dengan menggunakan bantuan alat *micromate*, pada titik-titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Pengambilan sampel batuan akan membantu untuk dapat menganalisis sifat fisik dan sifat mekanik dari batuan yang akan diledakan dan geometri dari peledakan yang dilakukan.
2. Data sekunder merupakan data yang digunakan sebagai penunjang dalam menyempurnakan analisis data pada penelitian, terdiri dari jurnal dan penelitian sebelumnya, data peta topografi, peta geologi regional, peta morfologi, peta administrasi, peta daerah kesampaian spesifikasi bahan peledak dan KEMPEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018.

Pengolahan data dilakukan setelah data primer dan data sekunder telah terkumpul. Pengukuran getaran tanah diukur dengan menggunakan alat *micromate*, gelombang yang dihasilkan akan diukur menggunakan alat *geophone*. Digitalisasi data geologi diperlukan dari data hasil pengambilan data hasil pengukuran struktur, sehingga diperoleh informasi yang menunjukkan distribusi struktur geologi, jenis batuan dan parameter geoteknik lainnya.

Getaran Tanah

Salah satu metode dalam pemberaian batuan yaitu dengan metode kimiawi dengan menggunakan metode peledakan. Peledakan banyak digunakan dalam penambangan di Indonesia. Terdapat beberapa hal yang ditimbulkan dalam pelaksanaan peledakan, salah satunya seperti getaran tanah (*ground vibration*). *Ground vibration* merupakan gelombang yang bergerak di dalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi (Ridho Permana & Heriyadi, n.d.). Aktivitas peledakan menjadi sumber energi pada daerah elastis (*elastic zone*). Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali pada keadaan semula setelah tidak ada tegangan yang bekerja. Kerusakan struktur pada daerah sekitar dapat diakibatkan karena adanya aktifitas peledakan.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Getaran Tanah

3. Jarak area peledakan
4. Jumlah isian bahan peledak
5. Kondisi alat *geophone*
6. Struktur geologi
7. Pola peledakan

Standar Tingkat Baku Getaran Tanah

Standar Nasional Indonesia 7571 Tahun 2023 mengatur dalam pengendalian getaran tanah akibat peledakan agar baku tingkat berada dibawah ambang batas yang telah ditetapkan, nilai yang berlaku dianggap dalam *Peak Vector Sum*. (SNI 7571:2023 Standar Nasional Indonesia Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka (Blasting Vibration Levels in Surface Mining Activities), n.d.)

Tabel 1. Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan

Kelas	Jenis Bangunan	<i>Peak Vector Sum</i> (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang benda cagar budaya (UU No. 6 Tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen	3
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan <i>slope</i> beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen <i>slope</i> beton, kolom dan rangka diikat dengan <i>ring balk</i>	7 – 20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, <i>slope</i> beton, kolom dan diikat dengan rangka baja	12 – 40

Sumber: Standar Nasional Indonesia 7571 Tahun 2023

Scaled Distance dan Peak Particle Velocity

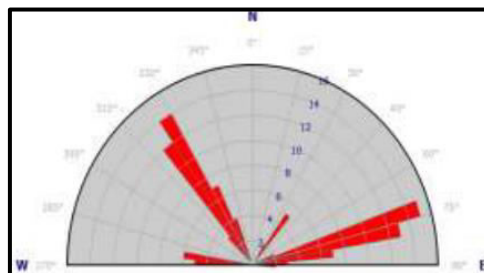
Scaled distance adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scale distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran. Nilai *scaled distance* dipengaruhi oleh berat muatan bahan peledak yang meledak secara bersamaan dan jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi penelitian. Pada suatu kegiatan peledakan semakin dekat suatu area terhadap lokasi peledakan maka semakin besar getaran tanah yang dirasakan dari hasil kegiatan peledakan tersebut, oleh karena itu diperlukan pengaturan jarak aman dari suatu kegiatan peledakan yang akan dilaksanakan, agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Begitupun dengan berat muatan bahan peledakan dalam lubang ledak yang meledak secara bersamaan, jika semakin banyak bahan peledak dalam lubang ledak yang meledak secara bersamaan maka getaran tanah yang dirasakan akan semakin besar. Menurut *Langefors and Kiehlstrom* besarnya *scale distance*. (Ramadhan et al., 2022)

$$SD = \frac{R}{Q^{0,5}} \quad (1)$$

Keterangan : SD = *Scaled Distance* (kg/m)
R = Jarak Titik Pengukuran (m)
Q = Bahan Peledak Maksimum per Waktu Tunda (kg)

Diagram Rosette

Analisis hasil *plotingan* pada diagram *rosette* memperlihatkan orientasi arah umum kelurusan secara menyeluruh dari masing-masing sudut yang dibentuk (Polanunu et al., 2020). Diagram *rosette* digunakan untuk mengetahui arah dari bidang perlapisan dan kekar pada struktur batuan dan mineral (Umar et al., 2020).



Gambar 1. Diagram Rosette

Sumber: (Umar et al., 2020)

Geometri Peledakan

Peledakan merupakan proses pemberaian batuan dalam volume yang relatif besar, dengan bantuan bahan peledak guna mempermudah massa batuan digali dan diangkut. (Rezeki Julianti & Lepong, 2020). Kegiatan peledakan menjadi salah satu cara guna memberaikan massa batuan yang massif menjadi ukuran yang lebih kecil, sehingga dapat mempermudah dalam proses penggalian dan pengangkutan. Kegiatan peledakan umumnya dilakukan saat massa batuan tidak dapat diberaikan menggunakan alat mekanis (Saputra et al., 2023). Menurut C.J Konya (1990) dalam (Geometri Peledakan untuk Menghasilkan Fragmentasi yang diinginkan pada Kegiatan Pemberaian Batuan Andesit di Mandiri Sejahtera Sentra et al., n.d.)

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Geometri Peledakan Aktual dan Teoritis

Tabel 2. Geometri Peledakan Aktual dan Teoritis

Parameter	Geometri Aktual		Geometri Teoritis
	Tamrock Pantera 1100	Everdigm EDC 40	C.J Konya
Diameter Lubang (inch)	4.5	4	4.5
Hole Depth (m)	17	17	17
Burden (m)	3.7	3.1	3.2
Spacing (m)	3.2	3.4	4.48
Stemming (m)	3	3	3.2
Subdrilling (m)	1	1	1.28
Loading Density (kg/m)	11.904	8.6	10.9
Powder Column (m)	15	15	15.08
Q per Lubang (kg)	171.1	136.6	164.44

Sumber: Data Hasil Pengukuran, 2024

Data geometri aktual merupakan data hasil pengukuran di lapangan pada saat kegiatan pengeboran, data-data ini terdiri dari beberapa parameter seperti *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, dan *hole depth*. Pengeboran dilakukan menggunakan 2 alat bor yaitu Tamrock Pantera 1100 dan Everdigm ECD 45E. Perbedaan 2 alat bor tersebut terdapat pada diameter lubang. Diameter lubang pada alat Tamrock Pantera 1100 yaitu 4 inch, sedangkan pada alat Everdigm ECD 40 berdiameter 4,5 inch. Dari data aktual tersebut akan dibandingkan dengan perhitungan geometri peledakan menggunakan persamaan C.J Konya, dengan rincian persamaan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Bahan Peledak

Tabel 3. Penggunaan Bahan Peledak

N o	Tanggal	Surface Delay	Jumlah Lubang	Emulsion (70%) kg/lubang	AN (30%) kg/lubang	Total kg/lubang
1	14/05/2018	25 ms, 67 ms	97	121.44	49.06	170.5
2	16/05/2018	25 ms, 42 ms, 67 ms	98	122.214	49.2	171.414
3	13/08/2019	17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms	80	96.95	39.06	136.01
4	15/08/2019	17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms	89	87.146	38.2	125.346
5	11/12/2019	17 ms, 25 ms, 42 ms,	73	115.7	49.3	165
6	24/09/2020	17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms	63	124.1	50	174.1

Sumber: Data Hasil Pengukuran, 2024

Kegiatan peledakan harus mempersiapkan penggunaan bahan peledak yang akan digunakan.

Pada penelitian ini bahan peldak yang digunakan dari *Emulison Dabex* dan *Ammonium Nitrate* (AN) yang keduanya merupakan produk dari PT. Dahana (Persero) dengan komposisi yang digunakan yaitu 70% *Emulsion* dan 30% AN. Komposisi tersebut didasarkan pada beberapa variabel seperti karakteristik energi ledakan, dimana komposisi ini didesain untuk mencapai keseimbangan optimal antara bahan bakar dan oksidator, yang berakibat pada reaksi peledakan dengan efisiensi maksimal. Presentase emulsion 70% akan memberikan energi ledakan yang cenderung besar untuk menghancurkan batuan keras, dengan menambahkan AN sebesar 30% akan mengurangi *Velocity Of Detonation* (VOD) sehingga penyebaran energi cenderung lebih optimal tanpa menghasilkan *overbreak*. Penggunaan detonator non-elektrik dengan *in hole delay* 500 ms dan penggunaan *surface delay* 17 ms, 25ms, 42 ms, dan 67 ms. Penggunaan primer pada setiap lubang ledak yaitu 0,5 kg dinamit, 0,2 kg *booster* dan 1 detonator. Dapat dilihat rincian penggunaan bahan peledak pada Tabel 3.

Charge per Delay

Tabel 4. Charge Per Delay

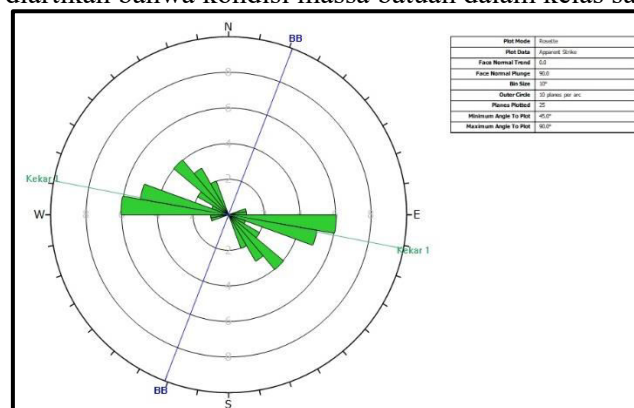
No	Tanggal	Sureface Delay	Q/Lubang kg	Jumlah Lubang Per Delay	Q/Delay kg
1	14/05/2018	25 ms, 67 ms	170.5	97	16538.5
2	16/05/2018	25 ms, 42 ms, 67 ms	171.41	98	16798.57
3	13/08/2019	17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms	136.01	80	10880.8
4	15/08/2019	17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms	125.34	89	11155.79
5	11/12/2019	17 ms, 25 ms, 42 ms,	165	73	12045
6	24/09/2020	17 ms, 25 ms, 42 ms, 67 ms	174.1	63	10968.3

Sumber: Data Hasil Pengukuran, 2024

Hubungan antara getaran tanah dengan isian bahan peledak per waktu tunda. Perhitungan *charge per delay* dapat dihitung dari isian lubang ledak dikali dengan *delay* yang digunakan. Jumlah isian bahan peledak per lubang didapatkan dengan mengalikan panjang *powder column* dengan *loading density*. Rekapitulasi nilai *charge per delay* dapat dilihat pada Tabel 4.

Kondisi Massa Batuan

Kondisi massa batuan didapatkan dari nilai *Rock Mass Rating* (RMR). Nilai RMR didapatkan dari pengukuran arah umum dan kerapatan kekar menggunakan metode *scanline* dan pendeskripsian kenampakan struktur geologi. Nilai RMR dapat mempengaruhi getaran tanah dan fragmentasi batuan. Nilai RMR yang cenderung tinggi umumnya lebih kompak, sehingga energi bahan peledak harus cukup tinggi untuk menciptakan fragmentasi yang optimal. Nilai RMR akan mempengaruhi getaran tanah, semakin tinggi nilai RMR cenderung akan menghasilkan getaran tanah yang lebih tinggi karena gelombang merambat lebih jauh pada massa batuan yang kompak. Kehadiran kekar dapat mereduksi yang berperan sebagai zona disipasi energi yaitu menyerap sebagian energi gelombang. Keterdapatn kekar pada daerah penelitian sebanyak 157 data pengukuran. Data hasil pengukuran kekar didapatkan arah umum kekar yaitu N292°E. Dari hasil pendeskripsian kondisi struktur geologi didapatkan nilai RMR sebesar 81 dapat diartikan bahwa kondisi massa batuan dalam kelas satu (*very good*).



Gambar 2. Diagram Rosett

Prediksi Getaran Tanah

Tabel 5. Hasil Prediksi Getaran

No	Tanggal	SD	Q/Delay kg	Jarak m	k	e	PVS Aktual	Ambresey Hendron	USBM
1	14/05/2018	3.99	16538.5	513			1.1	2.807	0.034
2	16/05/2018	5.80	16798.57	752			0.7	1.824	0.022
3	13/08/2019	4.07	10880.8	425	0.172	1.176	1.2	2.141	0.033
4	15/08/2019	4.85	11155.79	512			2.9	1.771	0.027
5	11/12/2019	4.56	12045	500			1.0	1.993	0.029
6	24/09/2020	4.87	10968.3	510			4.5	1.744	0.027

Sumber: Data Hasil Pengukuran, 2024

Prediksi getaran tanah dapat menentukan nilai prediksi Peak Particle Velocity (PPV), nilai ini digunakan untuk memprediksi Batasan dari kegiatan peledakan yang ingin dilakukan. Pertimbangan nilai konstanta (K dan e) dan dari jumlah isian bahan peledak. Persamaan untuk mencari nilai prediksi dapat diketahui menggunakan persamaan Ambresey Hendron dan USBM. Pengolahan data prediksi nilai getaran dapat dilihat pada Tabel 5.

Kondisi Arah Umum Struktur

Dapat dilihat dari diagram rosette sebagai alat dalam analisis arah orientasi kekar, diagram ini digunakan untuk memvisualisasikan arah yang dominan dari bidang-bidang struktur geologi. Arah kekar yang dominan dapat diartikan bahwa orientasi kekar yang paling sering ditemukan di daerah penelitian. Hal ini dapat menjadi acuan pertimbangan untuk desain peledakan yang membantu dalam mengoptimalkan pola pengeboran dan peledakan, sehingga menghasilkan fragmentasi batuan yang diinginkan dengan meminimalkan kerusakan pada batuan sekitar.

Struktur geologi akan mempengaruhi kegiatan peledakan, dimulai dari *pra-blasting* hingga *post-blasting*, struktur geologi harus menjadi perhatian dalam variabel penentuan kegiatan peledakan. Dalam penelitian ini arah umum struktur geologi berupa kekar yang terdiri dari 2 *joint set* atau arah orientasi kekar. Arah orientasi kekar yang pertama yaitu N 282° E, serta arah orientasi kekar yang kedua yaitu N 135° E. Cepat rambat gelombang getaran tanah dari kegiatan peledakan dipengaruhi oleh arah umum struktur geologi dan kondisi struktur geologi. Hal tersebut mengakibatkan perilaku gelombang yang berbeda pada setiap arah dan kondisi yang berbeda.

Kerapatan dan jarak antar kekar dapat diukur dengan menggunakan variabel dari pengukuran *Rock Mass Rating* (RMR), deskripsi dari hasil pengukuran termasuk dalam kategori *wide* (0,6-2 meter), dapat diartikan bahwa keberadaan kekar jarak antar kekar dapat ditemukan pada setiap jarak 0,6 hingga 2 meter. Nilai rekapitulasi RMR bernilai 83 termasuk dalam kategori batuan kelas 1 (*very good*).

D. Kesimpulan

Dari hasil kegiatan penelitian, terdapat kesimpulan yaitu, Pengukuran struktur kekar pada lokasi penelitian di PT Pacific Granitama didapatkan 157 data *strike and dip* dengan arah umum kekar N292°E. Hubungan antara arah umum kekar terhadap getaran peledakan yang dihasilkan adalah berbanding terbalik. Struktur kekar akan mempengaruhi perambatan energi getaran peledakan yang dihasilkan, jika perambatan energi menemui bidang kekar maka gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan dibiaskan dan diteruskan. Gelombang yang diteruskan tersebut akan berkurang. Kehadiran struktur dapat mereduksi getaran yang dihasilkan dari adanya kegiatan peledakan. Jumlah penggunaan muatan bahan peledak per *delay* yang dapat dilihat pada Tabel 5 merupakan ambang batas penggunaan muatan bahan peledak, dengan prediksi getaran tanah yang masih dibawah ambang batas dengan menggunakan persamaan USBM dan *Ambresey Hendron* nilai PPV prediksi masih dirasa aman untuk getaran tanah yang dihasilkan.

Ucapan Terimakasih

Dari penelitian ini, penulis banyak mengucapkan banyak terimakasih telah membantu dan

menyelesaikan penelitian ini kepada:

1. Keluarga Tersayang

Penulis mempersembahkan kepada ayah Lilik Arif Arifin dan ibu Ida Widyaningsih selaku orang tua yang selalu memberikan do'a dan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.

2. Keluarga Teknik Pertambangan Angkatan 2019

Penelitian ini juga dipersembahkan terhadap keluarga tersayang tambang 2019 yang sudah memberikan dukungan yang lebih terhadap penyusun, serta memberikan kenangan yang indah terhadap penyusun untuk menyelesaikan pengerjaan penelitian ini.

Penulis mempersembahkan kepada keluarga tambang unisba 2019 yang selalu memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan penelitian ini.

3. Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Unisba

Penulis mempersembahkan penelitian kepada dosen-dosen Unisba yang sangat penulis hormati yaitu Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T., IPM dan Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si., M.T., selaku pembimbing serta Seluruh Dosen dan Tenaga Kependidikan Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung yang telah membantu penyusun selama melakukan studi..

Daftar Pustaka

- Aprian, A. (2025). Analisis Perkuatan Tunnel menggunakan Metode RMR, Q-System, dan Finite Element Method pada TD XC-2 CG 460. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 91–106. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v5i1.5900>
- Falah, A. F., Yuliadi, N., & Fauzi, I. (2025). *Penentuan Zona Aquifer di Quarry Trass PT XYZ*. <https://journal.sbpublisher.com/index.php/minetech>
- Gad, E. F., Wilson, J. L., Moore, A. J., & Richards, A. B. (2005). Effects of Mine Blasting on Residential Structures. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 19(3), 222–228. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0887-3828\(2005\)19:3\(222\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0887-3828(2005)19:3(222))
- Geometri Peledakan untuk Menghasilkan Fragmentasi yang diinginkan pada Kegiatan Pembersihan Batuan Andesit di Mandiri Sejahtera Sentra, E. P., Purwakarta Provinsi Jawa Barat, K., Rosyad, F., & dan, Z. (n.d.). *Prosiding Teknik Pertambangan*.
- Nadya, A. P., Wijaya, A. E., & Wardana, N. K. (2023). Analisis Pengaruh Jumlah Bahan Peledak terhadap Ground Vibration Akibat Peledakan di Area Tambang Batubara PT. Kayan Putra Utama Coal Site Malinau Kalimantan Utara. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi*, XVIII(November), 160–166.
- Negara, M., & Hidup, L. (1996). *Mlh49-1996.pdf*.
- Polanunu, T. T., Sukiyah, E., & Haryanto, A. D. (2020). Analisis Kerapatan Kelurusan (Liniament Density) Untuk Pendugaan Zona Permeabilitas Di Daerah Gunung Patuha. *Padjajaran Geosciensi Journal*, 4(5), 393–400.
- Ramadhan, F. A., Yuliadi, & Isniarno, N. F. (2022). Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Getaran Tanah dan Fragmentasi Batuan pada PT. Gunung Kulalet, Kecamatan Baleendah Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. *Bandung Conference Series: Mining Engineering*, 2(2), 283–289. <https://doi.org/10.29313/bcsme.v2i2.2925>
- Rezeki Julianti, S., & Lepong, P. (2020). Analisis Korelasi Scaled Distance Terhadap Getaran Tanah (Ground Vibration) Pada Operasi Peledakan Batubara. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 4(1).
- Ridho Permana, A., & Heriyadi, B. (n.d.). Kajian Pengurangan Getaran Tanah (Ground vibration) Pada Peledakan Overburden Tambang Batubara Di PT. Artamulia Tata Pratama Site Tanjung Belit Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1).

- Rifai, A., W, S., & Winarti. (2024). Analisis Getaran Peledakan Tambang Batubara di PT. X, Tenggara Seberang Terhadap Pemukiman. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 93–102. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v4i2.4371>
- 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). <https://doi.org/10.29313/bcsme.v3i1.5503>
- SNI 7571:2023 Standar Nasional Indonesia Tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang terbuka (Blasting vibration levels in surface mining activities)*. (n.d.).
- Umar, E. P., Anwar, H., Husain, J. R., Muharni, S., Jamaluddin, J., & Massinai, M. A. (2020). Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Kemunculan Mataair Panas Daerah Sulili Pinrang Sulawesi Selatan. *Jurnal Gecelebes*, 4(1), 41. <https://doi.org/10.20956/gecelebes.v4i1.9542>