

Analisis Ground Vibration terhadap Isian Bahan Peledak di PT Widaka Indonesia, Kelurahan Jelekong, Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Helmy Suhendra Wibowo*, Yuliadi, Indra Karna Wijaksana

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

*helmyw7@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, indrakwijaksana@unisba.ac.id

Abstract. PT Widaka Indonesia is a company engaged in mining with andesite as the main commodity. With massive rock characteristics, the method of demolition by blasting will be the most effective method to do. In general, blasting will have a negative impact on the environment, one of which is ground vibration. Looking at the field conditions, the closest distance to the location of the explosion with residential houses is relatively close, the measurement of the vibration level is needed as data if there are complaints from residents about the damaged structure of the house. vibration level observations are carried out to evaluate blasting activity and evaluate other factors that result in an increase in the value of the vibration level felt in residential homes. The basic reference used in this study is SNI 7571; 2010 (Indonesian Standard) regarding the standard ground vibration level due to blasting activities. In the analysis of the vibration level is carried out using 5 predictions of vibration levels with different analyzes including regression / statistical analysis, 50% log square root scaling analysis, 90% log square root scaling analysis, Ambraseys Hedron analysis and Langefors & Kihlstorm analysis. The five prediction models have different equations, the value of the decay constant (k) and the value of the site exponent (e) so that it will produce different PPV predictions. PPV value prediction modeling with regression analysis has the strongest level of correlation compared to analyzes with other predictive models. So that to provide recommendations for explosive loads can be done maximally from the results of the PPV value prediction based on trendline power regression / statistics.

Keywords: Ground Vibration, PPV, Optimization of Explosive.

Abstrak. PT Widaka Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dengan komoditas utama batuan andesit. Dengan karakteristik batuan yang massif, metode pembongkaran dengan peledakan akan menjadi yang paling efektif untuk dilakukan. Pada umumnya peledakan akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yang salah satunya adalah getaran tanah. Melihat kondisi lapangan, jarak terdekat lokasi peledakan dengan rumah pemukiman penduduk yang relatif dekat, pengukuran tingkat getaran diperlukan sebagai data jika terdapat keluhan warga mengenai rusaknya struktur bangunan rumah. pengamatan tingkat getaran dilakukan untuk mengevaluasi aktivitas peledakan dan mengevaluasi faktor-faktor lain yang mengakibatkan peningkatan nilai tingkat getaran yang dirasakan di rumah pemukiman warga. Adapun acuan dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI 7571;2010 (Standar Indonesia) tentang baku tingkat getaran tanah akibat dari kegiatan peledakan. Analisis tingkat getaran dilakukan dengan menggunakan 5 prediksi analisis tingkat getaran yang berbeda-beda, diantaranya analisis regresi/statistik, analisis log square root scalling 50%, analisis log square root scalling 90%, analisis Ambraseys Hedron dan analisis Langefors & Kihlstorm. Kelima model prediksi tersebut memiliki persamaan, nilai konstanta peluruhan (k) dan nilai site exponent (e) yang berbeda-beda sehingga akan menghasilkan prediksi PPV yang berbeda juga. Pemodelan prediksi nilai PPV dengan analisis regresi memiliki tingkat korelasi yang paling kuat dibandingkan dengan

analisis dengan model prediksi lainnya. Sehingga untuk memberikan rekomendasi muatan bahan peledak dapat dilakukan dengan maksimal dari hasil prediksi nilai PPV berdasarkan regresi/statistik trendline power.

Kata Kunci: Tingkat Getaran Tanah, PPV, Optimalisasi Bahan Peledak.

1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT Widaka Indonesia adalah dengan menggunakan sistem tambang terbuka (Surface Mining) dengan metode “Quarry” dengan bahan galian yang menjadi komoditas utama yaitu batuan andesit. Dikarenakan karakteristik batuan andesit yang tidak memungkinkan jika dibongkar dengan alat mekanis, maka PT Widaka Indonesia menetapkan pembongkaran batuan andesit dengan bahan kimia yaitu dengan metode peledakan.

Metode pembongkaran dengan peledakan pada kegiatan penambangan untuk membongkar batuan yang memiliki karakteristik batuan yang masif, selain menimbulkan hancurnya batuan menjadi fragmen juga menimbulkan rambatan gelombang seismik yang menggambarkan perjalanan energi di dalam bumi yang mengakibatkan dampak negatif antara lain getaran tanah (ground vibration) pada massa batuan atau material disekitarnya (Marmer, 2010). Tingkat getaran tanah akibat kegiatan peledakan akan tergantung pada rancangan peledakan dan karakteristik geologi wilayah. Getaran yang timbul akibat dari kegiatan peledakan berpengaruh terhadap lingkungan dan dapat mempengaruhi kelestarian dan keseimbangan lingkungan.

Pengukuran tingkat getaran peledakan disajikan dengan tujuan untuk memprediksi rambatan getaran yang dihasilkan dan untuk menilai potensi kerusakan pada bangunan didekatnya. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar baku tingkat getaran yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7571 tahun 2010 dan Deutsches Institut für Normung (DIN) 4150-3: 2016-12 Germany Standard, apabila setelah dibandingkan melebihi standar tingkat getaran tanah yang ditentukan maka rancangan peledakan harus diubah untuk meminimalisir dampak getaran tanah akibat peledakan dan agar aman terhadap lingkungan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat tujuan penelitian adalah:

1. Mengetahui getaran hasil peledakan yang dirasakan pada jarak terdekat rumah warga.
2. Memberikan rekomendasi mengenai muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda yang dapat dipakai ketika kegiatan peledakan.

2. Metodologi

Kegiatan peledakan memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar, salah satu dari dampak negatif yang diakibatkan oleh adanya kegiatan peledakan adalah getaran tanah (Ground Vibration) (Yudiwan dkk., 2016). Getaran tanah adalah suatu gelombang yang bergerak di dalam tanah yang diakibatkan oleh adanya suatu sumber energi (Maryura, 2014) Gelombang yang bergerak di dalam tanah dapat terjadi karena adanya suatu energi yang dikenal dengan istilah ground vibration (Cahyadi dan Kapa, 2018). Keberadaan energi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur batuan layaknya gempa bumi, selain itu dapat juga menyebabkan terganggunya kestabilan lereng. Getaran yang dihasilkan dari proses peledakan terbagi menjadi tiga yaitu Peak Particle Velocity (PPV), Peak Particle Acceleration (PPA) dan Peak Particle Displacement (PPD), (Marlock et al., 1987). Variabel yang mempengaruhi tingkat getaran diantaranya adalah pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Getaran

No.	Variabel yang dapat dikendalikan operator tambang	Pengaruh terhadap tingkat getaran tanah		
		Signifikan	Sedang	Tidak Signifikan
1	Berat isian per delay	x		
2	Delay interval	x		
3	Burden dan Spasi		x	
4	Stemming (jumlah)			x
5	Stemming (tipe)			x
6	Panjang isian dan diameter			x
7	Sudut lubang bor			x
8	Arah inisiasi		x	
9	Berat isian per peledakan			x
10	Kedalaman isian			x
11	Bare vs Covered Primacord			x
12	Kecocokan isian	x		

No.	Variabel yang tak dapat dikendalikan operator tambang	Pengaruh terhadap tingkat getaran tanah		
		Signifikan	Sedang	Tidak Signifikan
1	Keadaan umum daerah permukaan			x
2	Tipe dan kedalaman Overburden	x		
3	Kondisi angin dan hujan			x

Sumber : Marlock *et al.*, 1987

Acuan Hukum Standar Baku Tingkat Getaran, dengan berdasarkan penentuan nilai ambang batas pada setiap negara ditentukan dengan berbagai pertimbangan, kebanyakan percobaan pada umumnya berfokus pada tingginya angka getaran dan bagaimana kemampuan bangunan untuk mentolerir tingkat getaran akibat konstruksi (peledakan), (Cosgriff, 2020).

Sebagaimana diatur dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) No. 7571:2010 mengenai baku tingkat getaran berdasarkan pada tipe, kelas dan jenis bangunan 1 sampai dengan 5 yang mana PVS minimum berada pada angka 2 mm/detik sedangkan PPV maksimum berada pada nilai 40 mm/detik. Grafik Indonesian Standard SNI 7571:2010 menunjukkan 5 kriteria/kelas yaitu dari kelas 1 historical/sensitive buildings, kelas 2 bad structure houses/without slope, kelas 3 medium structure houses/with slope, kelas 4 good structure houses/frame structure dan kelas 5 industrial buildings (Marmer, 2010). Pada Tabel 2.

Tabel 2. Kelas dan Jenis Bangunan

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vector Summary (mm/s)
1	Bangunan Kuno yang dilindungi undang -undang benda cagar budaya (UU No.6 Tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan batadan 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 beton</i> .	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen <i>slope beton</i> , kolom dan rangka diikan <i>ring balk</i> .	7 - 20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, <i>slope beton</i> , kolom, dan diikat dengan kerangka baja.	12 - 40

Sumber: Standar Nasional Indonesia, 2010

Standar valid saat ini di German pada getaran yang ditransmisikan di tanah dan efeknya pada struktur, adalah Deutsces Institut fur Normung (DIN) 4150-3:2016-12. Standar ini memperlakukan 3 kriteria bangunan (Industrial Building, Residential Building & Historical Building) dengan pertimbangan getaran jangka pendek dan jangka panjang secara terpisah. Dalam konteks kegiatan konstruksi, getaran yang jarang terjadi (short time vibration) biasanya mencakup penggalian peledakan/ledakan, sedangkan untuk getaran yang sering terjadi (long time vibration) biasanya mencakup getaran akibat alat berat pada konstruksi, pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Guideline Value Max. PPV

Line	Type of structure	Guideline value Max PPV (mm/s)	
		Short time vibrations	Long time vibrations
1	Bangunan yang digunakan untuk tujuan komersial, bangunan industri, dan bangunan dengan desain serupa (<i>Industrial Building</i>)	40	10
2	Bangunan tempat tinggal dan bangunan dengan desain dan atau hunian serupa (<i>Residential Building</i>)	15	5
3	Struktur bangunan yang peka terhadap getaran, tidak dapat diklasifikasikan di bawah baris 1 dan 2 dan memiliki nilai intrinsik yang tinggi (misalnya bangunan yang terdaftar) atau bangunan kuno/penuh akan sejarah. (<i>Historical Building</i>)	8	2,5

Sumber: Deutsces Institut fur Normung, 2016

3. Pembahasan dan Diskusi

Terdapat 2 faktor prinsip secara umumnya yang mempengaruhi tingkat getaran tanah akibat peledakan yaitu

1. Jumlah muatan bahan peledak, muatan bahan peledak yang meledak bersamaanpun bervariasi berkisar 0,85 kg hingga 5,1 kg.
2. Jarak lokasi pengamatan ke stasiun pengamatan, jarak pengukuran jarak terdekat berkisar 57,31 meter dan jarak terjauh mencapai 224,72 meter.

Kedua factor tersebut merupakan nilai yang dipakai untuk mengetahui nilai *Scaled Distance*, Nilai *Scaled Distance (SD)*, merupakan perbandingan antara jarak lokasi peledakan ke stasiun pengamatan dengan muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda **Tabel 4**.

Tabel 4. Scaled Distance

No	Jarak (m)	Muatan Bahan Peledak (kg)	SD	SD	SD
			(USBM)	(Ambraseys Hedron)	(Langefors & Kihlstrom)
1	100,40	2,55	62,873	73,718	0,118
2	100,40	2,55	62,873	73,718	0,118
3	100,40	2,55	62,873	73,718	0,118
4	100,40	2,55	62,873	73,718	0,118
5	100,40	2,55	62,873	73,718	0,118
6	125,18	2,55	78,391	91,913	0,102
7	125,18	3,40	67,888	83,589	0,136
8	110,67	2,55	69,304	81,259	0,111
9	110,67	2,55	69,304	81,259	0,111
10	110,67	2,55	69,304	81,259	0,111
11	69,93	2,55	43,792	51,346	0,150
12	69,93	3,40	37,925	46,696	0,200
13	69,93	4,25	33,921	43,381	0,250
14	57,31	2,55	35,889	42,080	0,172
15	57,31	4,25	27,799	35,552	0,286
16	57,31	0,85	62,161	60,468	0,057
17	224,72	2,55	140,725	165,000	0,069
18	224,72	2,55	140,725	165,000	0,069
19	135,19	2,55	84,659	99,263	0,097
20	135,19	2,55	84,659	99,263	0,097
21	135,19	2,55	84,659	99,263	0,097
22	135,19	2,55	84,659	99,263	0,097
23	120,58	2,55	75,510	88,535	0,104
24	120,58	3,40	65,394	80,517	0,139
25	120,58	3,40	65,394	80,517	0,139
26	180,85	2,55	113,253	132,788	0,080
27	180,85	2,55	113,253	132,788	0,080
28	180,85	2,55	113,253	132,788	0,080
Min	57,31	0,85	27,799	35,552	0,057
Max	224,72	4,25	140,725	165,000	0,286
Rata-rata	120,021	2,73	74,15	87,22	0,122

Pengamatan dilakukan disesuaikan dengan jarak peledakan ke area pemukiman warga dengan arah dan jarak yang bervariasi. Pengamatan tingkat getaran dilakukan dengan menggunakan alat *Blastmate*, yaitu *Instatel Minimate Plus Series III* **Gambar 1**.



Sumber: Instatel Canada, 2014

Gambar 1. Minimate Series III

Minimate dengan *series* ke 3 dibuat di perusahaan *Instatel* di Canada. Alat *Minimate* digunakan untuk mengukur tingkat getaran tanah yang berfungsi untuk merekam gelombang seismik, akibat dari peledakan **Tabel 5.**

Tabel 5. Data Ground Vibration

No	Tanggal	Jarak (m)	PPV Aktual (mm/sec)
1	10/03/2021	100,4	6,39
2	10/03/2021	100,4	5
3	10/03/2021	100,4	4,78
4	10/03/2021	100,4	5,54
5	10/03/2021	100,4	5,38
6	10/03/2021	125,18	5,07
7	10/03/2021	125,18	7,36
8	10/03/2021	110,67	5,73
9	10/03/2021	110,67	5,03
10	10/03/2021	110,67	5,48
11	29/03.2021	69,93	7,9
12	29/03.2021	69,93	10,7
13	29/03.2021	69,93	13,8

No	Tanggal	Jarak (m)	PPV Aktual (mm/sec)
14	29/03.2021	57,31	10,8
15	29/03.2021	57,31	15,7
16	29/03.2021	57,31	6,54
17	12/04/2021	224,72	1,88
18	12/04/2021	224,72	2,04
19	12/04/2021	135,19	5,48
20	12/04/2021	135,19	5,5
21	12/04/2021	135,19	5,45
22	12/04/2021	135,19	6,47
23	12/04/2021	120,58	3,51
24	12/04/2021	120,58	6,5
25	12/04/2021	120,58	6,41
26	12/04/2021	180,85	4,93
27	12/04/2021	180,85	3,57
28	12/04/2021	180,85	3,49

Berdasarkan hasil pengukuran secara aktual yang dilakukan, untuk pengoptimalisasian bahan peledak yang dapat digunakan. Dilakukan perbandingan nilai PPV aktual dengan PPV dari berbagai model prediksi diantaranya :

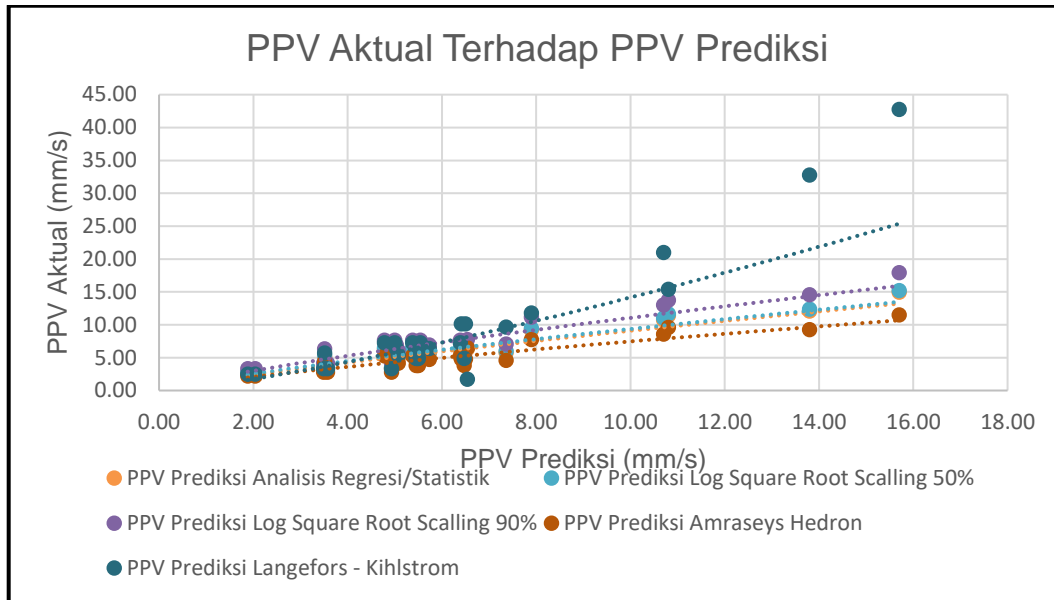
1. Prediksi nilai PPV dengan menggunakan nilai hasil daripada pengujian lapangan dengan nilai K senilai 523,3 dan nilai e senilai – 1,069
2. Prediksi nilai PPV log *square root scalling* (50%) hasil daripada pengujian lapangan dengan nilai K senilai 483 dan nilai e senilai – 1,04
3. Prediksi nilai PPV log *square root scalling* (90%) hasil daripada pengujian lapangan dengan nilai K senilai 570 dan nilai e senilai – 1,04
4. Prediksi nilai PPV *Ambraseys Hedron* dengan nilai k senilai 523,03 dan nilai e senilai – 1,069
5. Prediksi nilai PPV *Langefors & Kihlstrom* dengan nilai k senilai 523,03 dan nilai e senilai 2.

Berdasarkan dari perbandingan dari ke 5 model prediksi tersebut didapatkan nilai koefisien determinasi yang merupakan perbandingan dari nilai PPV aktual dengan nilai PPV model prediksi **Tabel 6.**

Tabel 6. Koefisien Determinasi PPV Aktual terhadap PPV Prediksi

PPV Prediksi	Regresi <i>Trendline Power</i>
--------------	--------------------------------

(mm/s)	R ²	Tingkat Hubungan
Regresi/Statistik	0,8929	Sangat Kuat
Log Square Root Scalling (50%)	0,8913	Sangat Kuat
Log Square Root Scalling (90%)	0,8306	Sangat Kuat
Ambraseys Hedron	0,8577	Sangat Kuat
Langefors & Kihlstrom	0,6848	Kuat



Gambar 2. Hubungan Nilai PPV Aktual terhadap PPV Prediksi

Hasil pengukuran tingkat getaran juga menunjukkan data frekuensi, data frekuensi dominan yang didapat berkisar dari 7,1 Hz hingga 8,1 Hz. Maka nilai ambang batas (NAB) yang dapat ditentukan adalah 5 mm/s. Selain mempertimbangkan nilai frekuensi yang didapat berdasarkan kondisi lapangan, memerhatikan kondisi sosial di wilayah penelitian NAB yang dapat digunakan juga yaitu 2 mm/s dan 3 mm/s. Sehingga untuk optimalisasi bahan peledak menggunakan NAB 3 mm/s.

Berdasarkan pada **Tabel 6**, model prediksi dengan analisis regresi/statistik merupakan model prediksi yang memiliki koefisien determinasi antara PPV aktual dengan PPV model prediksi yang paling tinggi. Sehingga untuk pengoptimalan bahan peledak menggunakan model prediksi regresi/statistik. Dengan jarak terdekat dengan rumah dipemukiman warga berkisar 224,72 meter dari jarak peledakan **Tabel 7**.

Table 7. Hasil Perhitungan Bahan Peledak Optimum dengan Analisis Regresi

No	Jarak (m)	Jumlah Lubang Meledak Bersamaan	Handak/ Lubang Aktual (kg)	Handak/ Delay Aktual (kg)	PPV Aktual (mm/s)	Handak/ Lubang Optimal (kg)	Handak/ Delay Optimal (kg)	PPV Model Prediksi (mm/s)
1	224,72	3	0,85	2,55	1,88	1,08	3,24	3
2	224,72	3	0,85	2,55	2,04	1,08	3,24	3

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengolahan data dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Jarak terdekat antara lokasi peledakan dengan pemukiman dengan rumah warga berjarak 224,5 meter dengan getaran tanah yang dirasakan sebesar 1,88 mm/s dan 2,04 mm/s. Tingkat getaran akibat peledakan masih dibawah nilai ambang batas maka muatan bahan peledak yang dipakai masih bisa dimaksimalkan hingga 3,24 kg/delay Tabel 7.

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penyusun memberikan saran, yaitu hasil getaran yang diamati tidak melebihi nilai ambang batas yaitu 3 mm/s, sehingga dalam penggunaan bahan peledak dapat dioptimalkan, rekomendasi muatan handak/delay yang direkomendasikan senilai 3,24 yang merupakan batas maksimal isian muatan bahan peledak/delay.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, 2003 “Blastmate Series III Operator Manual and Blastware Operator Manual.” Instatel inc. Kanada
- [2] Ambraseys N R, Hendron A J. “Dynamic Behaviour of Rock Masses, Rock Mechanics in Engineering Practices.” London: John Wiley and Sons, 1968.
- [3] Ash, R.L. 1990. “Design of Blasting Round, Surface Mining”, B.A Kennedy Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Explotion, Inc
- [4] Awang Suwandhi., 2003. Diktat Peledakan Produksi Tambang Terbuka, Kursus Juru Ledak Kelas I. Bandung: Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara
- [5] Cahyadi, M.I., dan Kapa, Roman. 2018. “Peledakan Berdasarkan Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fregmentasi Batuan dan Getaran Tanah pada PT. Koto Alam Sejahtera, Kabupaten Lima Piluh Kota, Provinsi Sumatra Barat.” Jurnal Bima Tambang. 4(1).
- [6] Cheusheva, Svetlana. 2021 “Excel Trendline Types, Equations and Formulas” Belarus, Eastern Europe.
- [7] Dam, M.A.C., 1994. “The Late Quaternary Evolution of the Bandung Basin, West-Java, Indonesia”, Thesis Vrije Universiteit, Amsterdam, 252 hal.
- [8] Din 4150-3:2016-12, Erschütterungen im Bauwesen –“teil 3: einwirkungen auf bauliche Anlagen” (“Vibrations in buildings – Part 3: effects on structures”), Germany.
- [9] Duvall and Fogelson. 1950. “USBM Alternatif Blasting Level Criteria (Adapted From RI 8507, 1950)”. International Society Of Explosives Engineers (ISEE) Blasters HandbookTM 17th Edition, Fig : 36.6.
- [10] Dwiandoyo Marmer, 2012, “Makalah Short Course Ground Vibration, Getaran dan Airblast Peledakan” Bandung.
- [11] Jimeno C.L. dan Jimeno E.L., (1995), “Drilling and Blasting of Rocks” Rotterdam/Brookfield: A. A. Balkema.
- [12] Marmer Dwiandoyo, 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.
- [13] Noren-Cosgriff, Karin., 2019 “Building Damage due to Vibration from rock blasting” Norwegia
- [14] Rosenthal M.F., dan Marlock G.L., (1987). “Blasting Guidance Manual” Washington DC, USA: OSMRE.
- [15] Widodo, Douglas. 2011 “Analisis Ground Vibration Pada Peledakan PT. Thiess Contractor Indonesia Site Senakin, Kalimantan Selatan” Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta.
- [16] Abdulah, Ashari Yunus, Maryanto. (2021). *Rencana Produksi Pengangkutan Overburden Berdasarkan Pola Hujan di PT X Site Asam-Asam, Desa Riam Andungan, Kecamatan*

Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, 1(1), 8-21.