

ANALISIS PENGARUH GROUND VIBRATION TERHADAP BANGUNAN DI SEKITAR TAMBANG PADA PELEDAKAN INTERBURDEN B-2 DI PIT WEST SITE PMSS PT. BINA SARNA SUKSES MUARA ENIM PROVINSI SUMATERA UTARA

Yunita Kristina Tambunan dan Fachri Muhammad

Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
Institut Sains dan Teknologi TD Pardede, Jl. DR. TD. Pardede No.8, Medan

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral
Institut Sains dan Teknologi TD Pardede, Jl. DR. TD. Pardede No.8, Medan

yunitatambunan51@gmail.com, fachrimhd@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan peledakan batuan menimbulkan getaran tanah (ground vibration), apabila melebihi batas aman yaitu 2 mm/s. Jarak minimal 1200 m yang menyebabkan kerusakan pada daerah pemukiman warga yaitu RT 05 Pulau Pangung dan RT 06 Merapi Barat dengan geometri peledakan aktual burden 6m, spasing 7 m dan kedalaman rata-rata 8 meter, dilakukan pengukuran getaran menggunakan alat Blasmate III dan Micromate sebanyak 13 kali. Hasil dari pengukuran tersebut kemudian diolah menggunakan Blastware Trial dan Shot Plus Trial untuk mendapatkan arah getaran peledakan dan lubang yang meledak bersamaan. Dari hasil penelitian di dapatkan hasil getaran peledakan PPV di pengaruhi Scaled Distance 70,01 % dengan rata – rata 0,83 mm/s setiap peledakan dengan kisaran jarak 1307 m – 1935 m dan dari hasil ini masih tergolong aman. Penelitian inibertujuan untuk mengetahui pengukuran aktual ground vibration dengan menggunakan alat ukur Blassmate III dan Micromate dan menganalisa dampak ground vication terhadap bangunan di sekitar tambang khususnya wilayah permukiman warga. Penelitian ini dilakukan pada lokasi PT. Prima Mulia Sarana Sejahtera (PMSS) yang terletak pada koordinat (117° 05' 0,0" – 117° 56' 2" BT dan 00° 18' 00" – 00° 22' 30" LS). Data Penelitian berupa pengukuran geometri peledakan dan pengukuran ground vibration yang kemudian diolah dalam perhitungan statistik berdasarkan persamaan R.L.Ash, perhitungan Peak Particle Velocity (PPV) dan nilai konstanta menggunakan USBM Oriard' Formula. Hasil analisis regresi power dari data pengukuran PPV didapatkan persamaan $Y = 2896,8x^{-1,543}$ dengan koefisien R^2 sebesar 0,7001. Dari persamaan tersebut dapat diketahui hubungan antara PPV dan SD yaitu $PPV = 2896,6xSD^{-1,543}$ dengan nilai koefisien K sebesar 2896,8 dan nilai koefisien m sebesar -1,543. Koefisien R^2 menunjukkan bahwa 70,01% nilai PPV dipengaruhi scaled distance.

Kata Kunci: Blasmate III, Micromate, Getaran Tanah Akibat Peledakan

ABSTRACT

Rock blasting activity causes ground vibration if it exceeds the safe limit of 2 mm/s. A minimum distance of 1200 m that causes damage to residential areas, namely RT 05 Pulau Pangung and RT 06 West Merapi with an actual blasting geometry of 6m burden, 7 m spacing and an average depth of 8 meters, vibration measurements were carried out using Blasmate III and Micromate tools as many as 13 time. The results of these measurements are then processed using the Blastware Trial and Shot Plus Trial to obtain the direction of the blasting vibration and the

explosion hole simultaneously. From the results of the study, the results of PPV blasting vibrations were influenced by a Scaled Distance of 70.01% with an average of 0.83 mm/s for each blasting with a distance of 1307 m - 1935 m and from these results it was still relatively safe. This study aims to determine the actual measurement of ground vibration using Blasmate III and Micromate measuring instruments and to analyze the impact of ground vibration on buildings around the mine, especially residential areas. This research was conducted at the location of PT. Prima Mulia Sarana Sejahtera (PMSS) which is located at coordinates (117° 05' 0.0" – 117° 56' 2" East Longitude and 00° 18' 00" – 00° 22' 30" South Latitude). and ground vibration measurements which are then processed in statistical calculations based on the R.L. Ash equation, Peak Particle Velocity (PPV) calculations and constant values using the USBM Oriard' Formula. The results of the power regression analysis of the PPV measurement data obtained the equation $Y = 2896.8x - 1,543$ with an R2 coefficient of 0.7001. From this equation, it can be seen that the relationship between PPV and SD is $PPV = 2896.6 \times SD - 1,543$ with a K coefficient value of 2896.8 and a coefficient of m of -1.543. The coefficient R2 shows that 70.01% of the PPV value is influenced by the so-called distance.

Keywords: Blasmate III, Micromate, Ground Vibration Due to Blasting

PENDAHULUAN

PT. Prima mulia sarana sejahtera (Owner) memberikan kontrak kepada PT. Bina sarana sukses untuk mengerjakan tahap – tahap penambangan dengan luas total lahan 46,5 Ha. PT. BSS merupakan salah satu perusahaan Mining Plant yang bergerak dalam bidang usaha pertambangan batubara di site PMSS, Kecamatan Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. PT.BSS merupakan salah satu perusahaan penambangan Batubara yang melakukan kegiatan peledakan dalam pengupasan overburden dan interburden dalam upaya pencapaian target produksi. Aktivitas penambangan dilakukan dengan menggunakan metode tambang terbuka (Open Pit Mining) untuk pengambilan bahan galian maka dilakukan pembongkaran lapisan tanah penutup (overburden dan interburden) dengan cara pemboran dan peledakan. Kegiatan peledakan dilakukan selain memperhatikan target produksi dan tinggi jenjang loadig juga harus diperhitungkan dampak dari peledakan itu sendiri terutama dalam hal getaran tanah (ground vibration) yang dapat menimbulkan efek negatif pada daerah sekitar jika melampaui standar yang telah ditetapkan (Intan Juita dkk, 2020). Peledakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya produksi. Produktivitas alat gali muat tersebut sangat berpengaruh besar terhadap laju produksi. Semakin besar produktivitas alat tersebut makin cepat sasaran produksi tercapai.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada lokasi PT. (PMSS) yang terletak pada koordinat (117° 05' 0,0" – 117° 56' 2" BT dan 00° 18' 00" – 00° 22' 30" LS). Wilayah Izin Usaha Pertambangan 96P 00174/ Sumsel PT. PMSS seluas 2973,6 ha. Penelitian dilakukan berada pada pemukiman penduduk di RT 05 pulau panggung dan RT 04 desa Merapi Barat, Kelurahan Merapi,

Kecamatan Muara Enim, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Yang merupakan pemukiman yang terdekat dari lokasi Peledakan Pit West PT. PMSS & BSS dengan jarak 2200 meter dari RT 05 pulau panggung dan 3000 meter dari RT 04.

2.2 Keadaan Topografi dan Morfologi

Keadaan morfologi daerah penelitian terdiri dari wilayah perbukitan bergelombang rendah hingga perbukitan bergelombang sedang. Kenampakan bentuk morfologi lembah sering dijumpai di sekitar daerah penelitian

2.3. Dasar Teori

2.3.1 Pengeboran

Dalam memilih alat bor, faktor – faktor yang harus diperhatikan antara lain geometri peledakan yang dipakai, jumlah volume batuan yang diledakkan, jenis batang dan kondisi lokasi penelitian.

2.3.2 Energi Peledakan

Jenis energi yang dilepaskan saat ledakan terjadi terdiri dari work energy dan waste energy. Work energy adalah energi peledakan yang penyebabnya terpecahnya batuan. Energi yang dihasilkan bahan peledak pada kegiatan peledakan hanya sebagian yang dikonsumsi untuk memecahkan batuan, sementara sisanya menjadi waste energy atau energi sisa (Fahlevi dkk, 2012).

2.3.3 Getaran Tanah (Ground Vibration)

Aktivitas peledakan dapat menghasilkan 2 macam gangguan yang dapat mempengaruhi lingkungan yaitu getaran tanah dan kebisingan. Besaran getaran tanah tergantung pada kuantitas bahan peledak, Consriction, Karakteristik batuan, Jarak dari lokasi peledakan, Geologi yang terdapat pada lapisan batuan bumi.

2.3.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Hasil Peledakan

a. Faktor Terkontrol yaitu Geometri Peledakan, Jenis bahan peledak, waktu tunda (delay time) dan jarak peledakan. b. Faktor Tak Terkontrol 1. Kondisi geologi batuan 2. Struktur diskontinuitas, Sifat dan Kekuatan batuan.

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang di gunakan adalah penelitian kuantitatif. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder.

1. Data primer diperoleh dari perhitungan dan pengamatan langsung di lapangan seperti data hasil pengukuran geometri aktual lubang ledak, jumlah isian bahan peledak dan PPV.
2. Data sekunder yang diperoleh dari perusahaan untuk penelitian ini adalah data spesifikasi bahan peledak, curah hujan, batuan, peta, lokasi penambangan dan topografi.

Data penelitian diolah dalam perhitungan statistik menggunakan persamaan R.L.Ash, perhitungan PPV dan nilai konstanta (K) menggunakan USBM Oriard' Formula dengan persamaan sebagai berikut :

Dimana :

$$PPV = K \left(\frac{d}{w^{1/3}} \right)$$

PPV = Peak Particle Velocity, (mm/s).

d = Jarak muatan maksimum terhadap area pengamatan, (m).

w = Total berat bahan peledak maksimum per periode tunda, (kg).

K, n = Nilai Konstanta yang diperoleh dari kondisi lokal dan kondisi peledakan.

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Penelitian

Tabel 1. Perhitungan getaran tanah dilakukan untuk memprediksi nilai PPV

Tanggal	Perancangan	Jarak	Sian/Delay	Scaled/Dista	Pola Peledakan	Jarak	PPV (mm/s)
17 Juli 2019	Aktual	1725	106,184	167,40	Echelon	1725	1,17
13 Agustus 2019	Perencanaan Ulang	1751	47,801	253,33	Box cut	1751	0,58

Dari tabel 1. Dapat dilihat pada tanggal 17 Juli 2019 menggunakan isian bahan ledak 53,092 kg/lubang dan memiliki lubang ledak yang bersamaan 2 sehingga menjadi 106,184 sedangkan pada tanggal 13 Agustus 2019 menggunakan isian bahan peledak 47,801 kg/lubang dengan tidak memiliki ledak bersamaan.

Kegiatan pengeboran dan peledakan menggunakan peralatan mekanis mesin bor jenis D245S dengan diameter 5–8 inch dengan udara bertekanan. Lapisan batuan interburden yang diledakkan adalah sandy-clay-siltstone dengan pola pemboran zig – zag (staggered pattern). Jarak getaran tanah dari peledakan terhadap perumahan warga $\pm 1.300 - \pm 2.300$ mm/s dengan kedalaman lubang bor rata – rata 8 meter dengan diameter $7\frac{7}{8}$ inchi (200 mm) dengan spasi antar bor 8 meter dan lubang yang terdekat dengan bidang bebas adalah 7 meter.

Polapeledakan adalah Box Cut dan Echelon dengan sistem penyalaan hole by hole. Pola peledakan yang arah pelemparan batuan menuju tengah sehingga tidak mengganggu area di sekitar dan memudahkan proses ripping-dozing oleh schovel PC 380. Pola Echelon adalah yang arah lemparan bantuannya menuju salah satu seperti area ledakan yang mendekati rumah warga. Digunakan pola Echelon agar inisiasi poin itu menjauhi warga dan getaran yang dihasilkan oleh proses peledakan dapat dikurangi.

Jumlah data getaran tanah yang diukur sebanyak 12 data, pengukuran dilakukan pada bulan Juli – Agustus 2019 dengan menggunakan Blastmate III dan Micromate. Jarak pengukuran antar lokasi peledakan dan lokasi pengukuran getaran tanah bervariasi yaitu $\pm 1300 - 1900$ m. Jarak pengukuran bervariasi karena lokasi peledakan yang tidak hanya dilakukan pada satu tempat dalam satu pit. Perhitungan jarak digunakan untuk mencari nilai scaled distance pada setiap pengukuran getaran tanah.

4.2 Data Aktua Lapangan

4.2.1 Getaran tanah berdasarkan Isian Bahan Peledak/ Delay

Yaitu dengan membandingkan getaran tanah yang dihasilkan dengan bobot isian bahan peledak/delay yang berbeda dan pada jarak pengukuran yang hampir sama.

4.2.2 Perhitungan Getaran Tanah

Perhitungan getaran tanah dilakukan untuk memprediksi nilai PPV pada Tabel. 1 pada kegiatan peledakan pada jarak pengukuran tertentu dengan menggunakan persamaan PPV teori Scaled Distance (B.V. Gokhale, 2010). Hasil pengukuran getaran tanah meliputi pengukuran peak particle velocity (PPV) pada tiga gelombang yaitu gelombang

transversal, vertikal dan longitudinal yang dibaca oleh alat Blasmate III merupakan hasil penjumlahan vektor dari ketiga gelombang tersebut.

Peledakan pada tanggal 9 Juli 2019 pada pukul 13.00 wib tercatat 3 gelombang seismik yang direkam oleh Blasmate III yaitu gelombang transversal 0,762 mm/s,

gelombang vertikal 0,508 mm/s dan gelombang longitudinal 0,889 mm/s sehingga diperoleh nilai PVS sebesar 0,916 mm/s. Berikut hasil pengukuran getaran tanah dari bulan Juli hingga Agustus 2019 (tabel. 2).

Tabel 2. Hasil Pengukuran Getaran Tanah

No	Tanggal	Lokasi Peledakan	Jarak pengukuran (m)	Isian (kg)	Gelombang (mm/s)			Scaled Distance	PPV (mm/s)
					Trans	Vert	Long		
1	17-07-2019	Pit West	1725	106,184	1,016	0,575	0,889	167,40	1,17
2	17-07-2019	Pit West	1935	106,184	1,182	0,575	0,678	187,78	1,15
3	19-07-2019	Pit West	1613	53,0920529	0,381	0,254	0,508	221,40	0,57
4	10-08-2019	Pit West	1335	53,0920529	0,762	0,508	0,889	183,16	0,91
5	11-08-2019	Pit West	1375	53,0920529	0,762	0,635	0,889	188,75	1,05
6	12-08-2019	Pit West	1763	47,8010476	0,508	0,254	0,508	255,07	0,55
7	13-08-2019	Pit West	1751	47,8010476	0,508	0,254	0,508	253,33	0,58
8	14-08-2019	Pit West	1671	47,8010476	0,508	0,381	0,762	241,75	0,88
9	16-08-0,5082019	Pit West	1683	47,8010476	0,508	0,254	0,508	243,40	0,53
10	17-080,969-20190,859	Pit West	1698	47,8010476	0,508	0,254	0,508	245,59	0,71
11	18-08-0,7252019	Pit West	1332	53,0920529	0,599	0,670	0,969	182,79	0,99
12	19-08-2019	Pit West	1307	53,0920529	0,631	0,591	0,859	179,33	0,89
13	20-08-2019	Pit West	1391	53,0920529	0,528	0,552	0,725	190,85	0,87

Tabel 3. Prediksi PPV dengan ketentuan Sale Distance

No	Tanggal	Jarak pengukuran (m)	Isian (kg)	koefisien			Scaled Distance	Prediksi PPV Teoritis (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)	penyimpangan	% Error
				k	m	x					
1	17-07-2019	1725	106,184	1140	1,5	2	167,40	0,53	1,17	0,64	64
2	17-07-2019	1935	106,184	1140	1,5	2	187,78	0,44	1,13	0,69	69
3	18-07-2019	1613	53,092	1140	1,5	2	221,37	0,35	0,57	0,22	22
4	10-08-2019	1335	53,092	1140	1,5	2	183,16	0,46	0,91	0,45	45
5	11-08-2019	1375	53,092	1140	1,5	2	188,75	0,44	1,05	0,61	61
6	12-08-2019	1763	47,801	1140	1,5	2	255,07	0,28	0,55	0,27	27

7	13-08-2019	1751	47,801	1140	1,5	2	253,33	0,28	0,58	0,30	30
8	15-08-2019	1671	47,801	1140	1,5	2	241,75	0,30	0,88	0,58	58
9	16-08-2019	1683	47,801	1140	1,5	2	243,40	0,30	0,53	0,23	23
10	17-08-2019	1698	47,801	1140	1,5	2	245,59	0,30	0,71	0,41	41
11	18-08-2019	1332	53,092	1140	1,5	2	182,79	0,46	0,99	0,53	53
12	19-08-2019	1307	53,092	1140	1,5	2	179,33	0,47	0,89	0,42	42
13	20-08-2019	1391	53,092	1140	1,5	2	190,85	0,43	0,87	0,44	44
Rata - rata								0,39	0,83	0,44	44

Tabel 4. Hasil Perhitungan Prediksi Getaran Tanah Dengan Analisis Regresi Power

No	Tanggal	Jarak pengukuran (m)	Isian (kg)	Koefisien			Scaled Distance	Prediksi PPV Teoritis (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)	penyimpangan	% Error
				k	m	x					
1	17-07-2019	1725	106,184	2896,8	1,534	2	167,40	1,12	1,17	0,05	5
2	17-07-2019	1935	106,184	2896,8	1,534	2	187,78	0,94	1,13	0,19	19
3	18-07-2019	1613	53,092	2896,8	1,534	2	221,37	0,73	0,57	-0,16	-16
4	10-08-2019	1335	53,092	2896,8	1,534	2	183,16	0,98	1,09	0,11	11
5	11-08-2019	1375	53,092	2896,8	1,534	2	188,75	0,93	1,03	0,10	10
6	12-08-2019	1763	47,801	2896,8	1,534	2	255,07	0,59	0,77	-0,18	-18
7	13-08-2019	1751	47,801	2896,8	1,534	2	253,33	0,60	1,77	1,17	117
8	15-08-2019	1671	47,801	2896,8	1,534	2	241,75	0,64	1,30	-0,66	-66
9	16-08-2019	1683	47,801	2896,8	1,534	2	243,40	0,63	2,10	1,47	147
10	17-08-2019	1698	47,801	2896,8	1,534	2	245,59	0,62	0,57	0,05	5
11	18-08-2019	1332	53,092	2896,8	1,534	2	182,79	0,98	1,05	0,07	7
12	19-08-2019	1307	53,092	2896,8	1,534	2	179,33	1,01	0,50	0,51	51
13	20-08-2019	1391	53,092	2896,8	1,534	2	190,85	0,92	1,60	0,32	32
Rata - rata								0,79	1,08	0,30	29,59

Tabel 5. Koordinat Lokasi Peledakan

No	Tanggal	Koordinat Pit		Koordinat Monitoring		Jarak Pengukuran (m)	PPV (mm/dtk)
		Easting	Northing	Easting	Northing		
1	17-07-2019	368846	9581480	368541	9583178	1725	1,17
2	17-07-2019	368846	9581480	367351	9582709	1935	1,13
3	18-07-2019	369195	9581704	368541	9583178	1613	0,57
4	10-08-2019	368934	9581898	368540	9583173	1335	0,91
5	11-08-2019	368986	9581872	368540	9583173	1375	1,05
6	12-08-2019	369056	9581488	368540	9583173	1763	0,55
7	13-08-2019	369017	9581489	368540	9583173	1751	0,58
8	15-08-2019	369021	9581560	368540	9583173	1671	0,88

9	16-08-2019	369022	9581562	368540	9583173	1683	0,53
10	17-08-2019	368988	9581533	368540	9583173	1698	0,71
11	18-08-2019	369069	9581949	368540	9583173	1332	0,99
12	19-08-2019	368961	9581933	368540	9583173	1307	0,89
13	20-08-2019	368920	9581840	368540	9583173	1391	0,87

Tabel 6. Perbandingan Bobot Isian Bahan Peledak terhadap PPV

No	Tanggal	Lokasi Peledakan	Jlm. Lubang	Isian/Lubang			konversi dalam kg			Lubang yg meledak bersamaan	Isian/lubang (kg)	Isian/Delay (kg)	PPV (m/s)
				Dayagel (gr)	AN (kg)	FO (L)	Dayagel (gr)	AN (kg)	FO (L)				
1	17-07-2019	Pit West	40	182	50	3,638	0,182	50	2,91	2	53,092	106,184	1,17
2	17-07-2019	Pit West	40	182	50	3,638	0,182	50	2,91	2	53,092	106,184	1,13
3	19-07-2019	Pit West	55	182	50	3,638	0,182	50	2,91	1	53,092	53,092	0,57
4	10-08-2019	Pit West	60	182	50	3,638	0,182	50	2,91	1	53,092	53,092	0,91
5	11-08-2019	Pit West	60	182	50	3,638	0,182	50	2,91	1	53,092	53,092	1,05
6	12-08-2019	Pit West	45	182	45	3,390	0,182	45	2,71	1	47,894	47,801	0,55
7	13-08-2019	Pit West	60	182	60	3,274	0,182	45	2,62	1	47,801	47,801	0,58
8	14-08-2019	Pit West	50	182	50	3,274	0,182	45	2,62	1	47,801	47,801	0,88
9	16-08-2019	Pit West	50	182	50	3,2738	0,182	45	2,62	1	47,801	47,801	0,53
10	17-08-2019	Pit West	60	182	60	3,2738	0,182	45	2,62	1	47,801	47,801	0,71
11	18-08-2019	Pit West	50	182	50	3,6376	0,182	50	2,91	1	53,092	53,092	0,99
12	19-08-2019	Pit West	60	182	60	3,6376	0,182	50	2,91	1	53,092	53,092	0,89
13	20-08-2019	Pit West	80	182	80	3,6376	0,182	50	2,91	1	53,092	53,092	0,87

BAB V PENUTUP**5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa pengukuran getaran tanah akibat peledakan menurut SNI 7571:2010, karakteristik tingkat getaran tanah hasil peledakan pada Pit West Elektrifikasi Site PMSS menunjukkan masih berada dalam kondisi aman dengan baku tingkat getaran sebesar 1,50 mm/s.
2. Untuk mengetahui hubungan antara nilai PPV hasil peledakan dan scaled distance, digunakan analisis regresi dengan kurva berpangkat (regresi power). Hasil analisis regresi power dari data pengukuran PPV didapatkan persamaan $Y = 2896,8x^{-1,543}$ dengan koefisien R^2 sebesar 0,7001. Dari persamaan tersebut dapat diketahui hubungan antara PPV dan SD yaitu $PPV = 2896,6xSD^{-1,543}$ dengan nilai koefisien K sebesar 2896,8 dan nilai

koefisien m sebesar -1,543. Koefisien R^2 menunjukkan bahwa 70,01% nilai PPV dipengaruhi scaled distance.

3. Nilai rata-rata PPV yang di dapatkan dari hasil 13 data adalah 0,87 mm/s dengan kisaran jarak 1307m – 1935m dan dari hasil ini masih tergolong aman.
4. Faktor – faktor utama yang mempengaruhi tingkat getaran tanah hasil dari kegiatan peledakan Pit West Elektrifikasi adalah :
 - a. Jarak lokasi peledakan dengan pemukiman warga yang semakin dekat
 - b. Sistem waktu tunda peledakan nonel yang memiliki kemungkinan untuk beberapa lubang meledak bersamaan dan bobot isian bahan peledak per waktu tunda yang semakin banyak karena adanya lubang yang meledak bersamaan

5.2 Saran

1. Sebelum melakukan kegiatan peledakan, sebaiknya dilakukan simulasi rangkaian pada bantuan aplikasi untuk menghindari adanya kemungkinan lubang yang meledak bersamaan
2. Muatan isian bahan peledak tidak bolehterlalu over charge agar getaran peledakan akan kecil

Daftar Pustaka

- Fahlevi, R, Sulistianto, B. Dan Husni, B, 2012 “Perangkat Lunak analisis getaran tanah akibat ledakan, jurnal ITM, 192, 61-62
- Instantel. 2015. “Blassmate III Operator Manual” Canada: Instantel Inc
- Konya, C.J dan Walter E.J. 1990 “Surface Blast Design, New Jersey, USA. Prentince Hall Englewood Cliffs
- Intan Juita , Gusman Mulya “Analisis Ground Vibration pada Kegiatan Peledakan Overburden di Pit Timur PT Kuansing Inti Makmur, Jobsite Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi” Jurnal Bina Tambang, Vol. 6, No.5. ISSN: 2302-3333
- Saptomo, Singgih, 2006 “Teknik Peledakan. Jurusan TeknikPertambangan , Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta