

Analisis Dampak Getaran Peledakan terhadap Bangunan pada Peledakan Batu gamping di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Provinsi Sumatera Selatan

¹Maya Tri Ananda Putri, ²Yuliadi, ³Dwihandoyo Marmer

^{1,2}*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116*

³*Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia*

Email: mayatriananda.43@gmail.com

Abstract. Ground vibration measurements were carried out to determine the peak particle velocity (PPV) from the period of December 2016 to January 2017 at three different locations, Pusar II, Pusar III, and Talang Jawa. From this blast vibration measurements, it can be seen that none exceeds the PVS threshold value according to the reference of SNI 7571:2010 3rd class building ie 5 mm/s with the value of PVS ranged from 0,222 – 3,170 mm/s and the average PVS value is 1,086 mm/s. The most frequent PVS value are 0,5 – 1 mm/s, while the frequency of PVS that rarely arise is 1,5 – 3 mm/s. From these peak particle velocity data, analysis was done by using Blastware software to obtain the formula between PPV and scaled distance (SD) at each location; Pusar II $PPV = 228,7 (SD)^{-1.104}$, Pusar III $PPV = 120,0 (SD)^{-1.006}$, and Talang Jawa $PPV = 212,5 (SD)^{-1.153}$. Based on blast vibration analysis results that are below the PVS threshold, tie up design can be done simultaneously in one day of blasting with the appropriate tie up design plan using either electric or nonelectric detonators. In one example of tie up recommendation on DES_13, tie up recommendation 1 and 2 is obtained with maximum charge per delay 25,1 kg x 3 holes yielding PPV prediction that is equal to $\pm 4,8$ mm/s at 212 m. From analysis result of PPV prediction using USBM formula, PPV prediction correction of Pusar II is 5,82% - 77,91%; Pusar III 1,43% - 72,24%; and Talang Jawa 0,51% - 27,57%. These correction errors can occur due to several factors such as errors in measurements and rock conditions and structures contained in the study area.

Keywords: Blasting, Ground Vibration, Peak Particle Velocity, Tie Up.

Abstrak. Pengukuran *ground vibration* dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *peak particle velocity* (PPV) pada periode waktu Desember 2016 sampai dengan Januari 2017 pada tiga lokasi berbeda yaitu Pusar II, Pusar III, dan Talang Jawa. Dari kegiatan pengukuran getaran peledakan yang dilakukan di tiga lokasi berbeda, dapat diketahui bahwa seluruh data PVS berada di bawah ambang batas yang mengacu pada SNI 7571:2010 bangunan kelas 3 yaitu 5 mm/s dengan nilai PVS berkisar antara 0,222 – 3,170 mm/s dan nilai rata-rata PVS yaitu 1,086 mm/s. Frekuensi PVS yang paling sering timbul yaitu sebesar 0,5 – 1 mm/s, sedangkan frekuensi PVS yang jarang timbul yaitu sebesar 1,5 – 3 mm/s. Data PVS tersebut kemudian dilakukan analisis menggunakan *software* Blastware untuk mengetahui hubungan antara PPV dan *scaled distance* (SD) pada masing-masing lokasi pengukuran yaitu Pusar II $PPV = 228,7 (SD)^{-1.104}$, Pusar III $PPV = 120,0 (SD)^{-1.006}$, dan Talang Jawa $PPV = 212,5 (SD)^{-1.153}$. Berdasarkan hasil analisis getaran peledakan yang berada di bawah ambang batas PVS, maka desain *tie up* dapat dilakukan secara sekaligus dalam satu hari peledakan dengan rencana desain *tie up* yang telah sesuai menggunakan detonator listrik maupun nonel. Pada salah satu contoh rekomendasi *tie up* pada DES_13, didapatkan hasil rekomendasi *tie up* 1 dan 2 dengan jumlah maximum *charge per delay* yaitu 25,1 kg x 3 lubang menghasilkan prediksi PPV yaitu sebesar $\pm 4,8$ mm/s pada jarak 212 m. Dari hasil perhitungan prediksi PPV menggunakan rumus USBM, didapatkan hasil koreksi perhitungan prediksi PPV Pusar II yaitu 5,82% - 77,91%; Pusar III 1,43% - 72,24%; dan Talang Jawa 0,51% - 27,57%. Koreksi kesalahan perhitungan tersebut dapat terjadi akibat dari beberapa faktor diantaranya kesalahan dalam pengukuran maupun kondisi batuan serta struktur yang terdapat di daerah penelitian.

Kata Kunci: Peledakan, Getaran Tanah, Peak Particle Velocity, Tie Up.

A. Pendahuluan

Kuari batugamping yang merupakan lokasi penambangan batugamping PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, terletak dekat dengan daerah pemukiman warga. Dikarenakan oleh jarak yang dekat ini, dampak getaran terhadap struktur bangunan yang dihasilkan harus lebih diperhatikan. Masalah yang sering timbul akibat besarnya getaran

yang ditimbulkan yaitu keretakan pada rumah warga dan berakhir pada tindak protes terhadap perusahaan dan tuntutan ganti rugi. Selama ini, kegiatan peledakan dilakukan secara bertahap dengan jumlah lubang ledak setiap inisiasi yang sedikit. Hal tersebut berakibat pada berkurangnya efisiensi waktu kegiatan peledakan serta energi peledakan yang dihasilkan tidak terdistribusi dengan baik. Untuk mengetahui besar kecilnya tingkat getaran peledakan yang dihasilkan perlu dilakukan pengukuran getaran dengan menggunakan alat yaitu Blastmate. Apabila nilai getaran peledakan melebihi standar yang telah ditetapkan perusahaan yaitu 5 mm/s maka perlu dilakukan pengkajian kembali. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian mengenai getaran peledakan yang dihasilkan serta dampaknya terhadap bangunan sekitar untuk dapat melakukan evaluasi desain *tie up*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana nilai PPV hasil getaran peledakan pada masing-masing lokasi pengukuran?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui tingkat getaran tanah dari rangkaian peledakan yang digunakan dengan menggunakan alat pengukur getaran ledakan.
2. Mencari nilai K dan e dari masing-masing lokasi pengukuran dengan menggunakan software Blastware.
3. Merencanakan serta mengevaluasi desain tie up yang akan digunakan setelah melakukan analisis getaran.
4. Memprediksi getaran peledakan yang akan terjadi dari pola peledakan yang telah dievaluasi, pada jarak tertentu

B. Landasan Teori

Ground vibration atau getaran tanah merupakan dampak dari kegiatan peledakan yang tidak dapat dihindari namun tidak diinginkan. Energi getaran yang berpindah melalui zona lemah, seperti kekar dan sesar, dapat menyebabkan kerusakan dan terkadang mengganggu aktivitas. Meminimalisir tingkat getaran tanah merupakan salah satu praktik peledakan yang baik, bukan hanya upaya untuk menghindari keluhan masyarakat.

1. Dampak Getaran Peledakan

Dampak dari getaran biasanya pertama muncul sebagai perpanjangan dari retakan lama. Karena plester umumnya merupakan material paling lemah pada sebuah bangunan sehingga plester merupakan material pertama yang membentuk retakan-retakan.

2. Faktor yang Mempengaruhi Getaran Peledakan

Tingkat hasil getaran dari suatu peledakan dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu muatan bahan peledak per waktu delay, waktu delay (length of delay) dan detonator accuracy (faktor dominan terkontrol). Selain itu tingkat getaran tanah juga dipengaruhi oleh jenis batuan/kondisi geologi (faktor dominan tidak terkontrol).

- a. Berat bahan peledak per waktu delay
- b. Jarak pengukuran dan kondisi struktur
- c. Lama waktu delay
- d. Panjang *stemming*
- e. Jenis material *stemming*
- f. Kemiringan lubang ledak
- g. Kedalaman lubang ledak
- h. *Cap scatter*

i. Karakteristik lapisan batuan

3. Ground Vibration Control

Desain peledakan merupakan kunci untuk mereduksi getaran yang ditimbulkan dari kegiatan peledakan, hal tersebut memungkinkan untuk mereduksi jumlah dari bahan peledakan yang diledakan pada satu waktu. Salah satu teknik mereduksi getaran adalah dengan delay blasting yakni dengan memperhatikan penggunaan nomor delay pada rangkaian peledakan. Apabila terdapat 0,008 sec (8 ms) pada rangkaian peledakan, maka pada pengukuran getaran hal tersebut diasumsikan merupakan peledakan tunggal.

4. Standar Tingkat Getaran

Untuk bisa menentukan potensi yang di akibatkan oleh getaran dapat di dasarkan atas unit kecepatan. Di Indonesia, parameter control tingkat getaran peledakan padat ambang terbuka terhadap bangunan diatur dalam Badan Standarisasi Nasional Indonesia 7571 tahun 2010 (Tabel 1).

Tabel 1. Kelas dan Jenis Bangunan serta *Peak Vector Sum*

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vector Sum (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang bendaharaga budaya (undang-undang no. 6 tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan batuan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lain-lain yang diadukan semen	3
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan batuan adukan semen diikat dengan sloop beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan batuan adukan semen sloop beton, kolom dan rangkai diikat dengan ring balok	7 – 20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan batuan adukan semen, sloop beton, kolom dan diikat dengan rangkai baja	12 - 40

C. Hasil Penelitian

Pengumpulan data hasil getaran peledakan dilakukan dalam periode Desember 2016 – Januari 2017 di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk, IUP Operasi Batugamping, dimana pengambilan data hasil getaran dilakukan pada saat kegiatan peledakan berlangsung. Pengukuran getaran tanah dilakukan menggunakan perangkat Blasmate III yang kemudian dikombinasikan dengan program Blastware untuk mengolah data hasil pengukuran. Dalam satu lokasi peledakan, dilakukan beberapa kali inisiasi dengan jumlah lubang ledak dalam satu kali inisiasi bervariasi dari 5 – 8 lubang. Sehingga dalam satu hari peledakan terdapat beberapa data getaran peledakan pula yang dihasilkan. Maka dari itu, dilakukan pemilihan data getaran peledakan yang akan digunakan untuk analisis dampak getaran.

Lokasi pengukuran getaran peledakan dilakukan pada Desa Puser sebanyak dua lokasi dan Desa Talang Jawa sebanyak satu lokasi. Lokasi-lokasi tersebut tepat berada daerah pemukiman warga yang posisinya berdekatan dengan batasan IUP operasi batu gamping sehingga efek getaran yang dihasilkan cenderung lebih dapat dirasakan.

Tabel 2. Koordinat Titik Pengukuran Getaran Peledakan

Lokasi	Posisi (UTM)			Jarak (m)	Ket.
	x	y	z		
Puser II	405174.0	9544074	39.12	450	DES_10 Blok 12/38
				393	JAN_03 Blok 37/53-54-62
				476	JAN_15 Blok 35/52
				289	JAN_16 Blok 35/54-49
Puser III	405015.7	9544346	42.31	174	DES_07 Blok 45/54
				268	DES_08 Blok 45/62
				212	DES_13 Blok 45/61-62

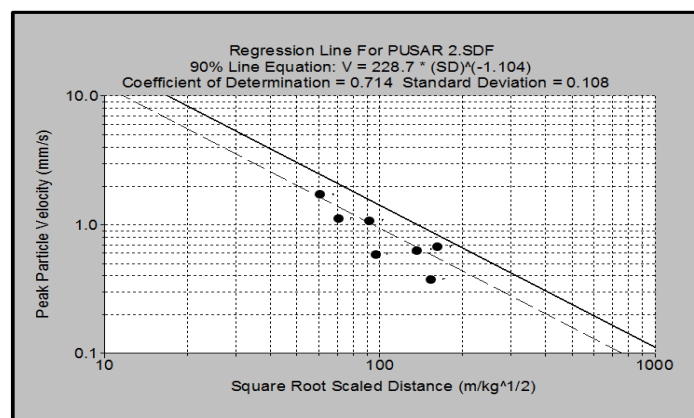
				311	JAN_05	Blok 54/62
Talang Jawa	406177.2	9543784	47.52	304	DES_18	Blok 9/9B-10B
				432	DES_22	Blok 9/17B
				347	DES_24	Blok 10/10B

Pengolahan Data Getaran Peledakan

Pengolahan data prediksi PPV dilakukan berdasarkan masing-masing lokasi pengukuran yaitu Puser II, Puser III, dan Talang Jawa yang dilakukan menggunakan *software* Blastware.

1. Puser II

Pada pengukuran di lokasi puser II dilakukan empat hari peledakan dengan jarak pengukuran 289 – 476 m. PVS yang dihasilkan pada lokasi pengukuran puser II ini berkisar antara 0,222 – 1,769 mm/s. Dari hasil kurva pada Gambar 1, di dapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD yaitu $V = 228,7 (SD)^{-1.104}$ dengan koefisien determinasi atau $R^2 = 0,714$. Dari hasil perhitungan prediksi PPV Puser II, di dapatkan distribusi koreksi perhitungan pada Tabel 3. Dapat dilihat bahwa pada perhitungan prediksi PPV pada DES_10_02 dan DES_10_09 memiliki koreksi perhitungan sebesar lebihdari 60% dengan nilai koreksi paling besar yaitu 77,91% sedangkan nilai koreksi paling kecil yaitu sebesar 5,82%.



Gambar 1. Kurva Hubungan PPV dan SD Puser II

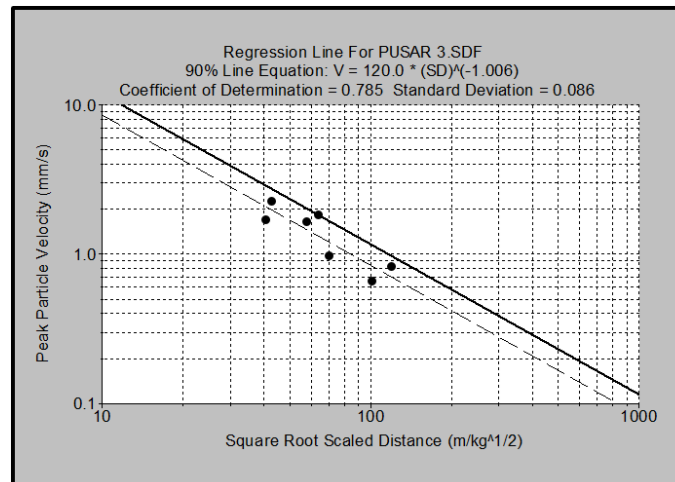
Tabel 3. Prediksi PPV Puser II

No	Tanggal	PPV (pred.) mm/s	PPV Actual mm/s	Koreksi Perhitungan (%)
1	DES_10_02	0.788	0.443	77.91
2	DES_10_09	1.327	0.773	71.73
3	JAN_03_04	0.886	0.78	13.59
4	JAN_03_12	1.848	1.188	55.56
5	JAN_15_05	0.740	0.700	5.82
6	JAN_16_08	2.184	1.796	21.62
7	JAN_16_12	1.383	1.164	18.85

2. Puser III

Pada pengukuran di lokasi puser III dilakukan empat hari peledakan dengan jarak pengukuran 174 – 311 m. PVS yang dihasilkan pada lokasi pengukuran puser III ini berkisar antara 0,243 – 3,168 mm/s. Dari hasil kurva pada Gambar 2, didapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD yaitu $V = 120,0 (SD)^{-1.006}$ dengan koefisien determinasi atau $R^2 = 0,785$. Dari hasil perhitungan prediksi PPV Puser III, didapatkan distribusi koreksi perhitungan pada Tabel 4. Dapat dilihat bahwa pada perhitungan prediksi PPV pada DES_07_04 dan DES _08_13 memiliki koreksi

perhitungan sebesar lebih dari 60% dengan nilai koreksi paling besar yaitu 72,24% sedangkan nilai koreksi paling kecil yaitu sebesar 1,43%.



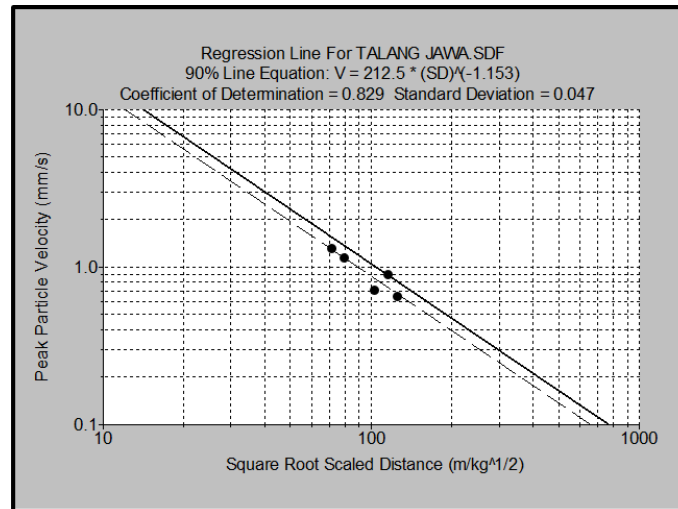
Gambar 2. Kurva Hubungan PPV dan SD PUSAR III

Tabel 4. Prediksi PPV PUSAR III

No	Tanggal	PPV (pred.) mm/s	PPV Actual mm/s	Koreksi Perhitungan (%)
1	DES_07_04	2.9091	1.736	67.57
2	DES_08_03	1.8582	1.832	1.43
3	DES_08_13	1.1523	0.669	72.24
4	DES_13_01	2.7728	2.464	12.53
5	JAN_05_06	1.6822	1.226	37.21
6	JAN_05_12	2.0628	1.700	21.34
7	JAN_05_13	0.9921	0.893	11.10

3. Talang Jawa

Pada pengukuran di lokasi Talang Jawa dilakukan tiga hari peledakan dengan jarak pengukuran 304 – 432 m. PVS yang dihasilkan pada lokasi pengukuran pUSAR III ini berkisar antara 0,311 – 2,699 mm/s. Dari hasil kurva di atas, didapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD yaitu $V = 212,5 (SD)^{-1.153}$ dengan koefisien determinasi atau $R^2 = 0,829$. Dari hasil perhitungan prediksi PPV PUSAR III, didapatkan distribusi koreksi perhitungan pada Tabel 5. Dapat dilihat bahwa pada perhitungan prediksi PPV memiliki nilai koreksi perhitungan paling besar yaitu 27,57% dan nilai koreksi paling kecil yaitu 0,51%. Dari perhitungan tersebut tidak ada nilai koreksi yang lebih besar dari 60%.

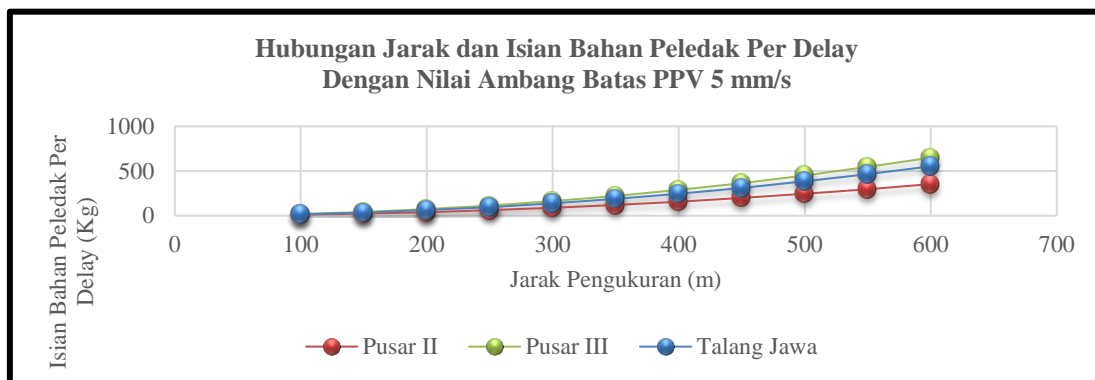


Gambar 3. Kurva Hubungan PPV dan SD Talang Jawa

Tabel 5. Prediksi PPV Talang Jawa

No	Tanggal	PPV (pred.) mm/s	PPV Actual mm/s	Koreksi Perhitungan (%)
1	DES_18_08	0.8848	1.018	-13.09
2	DES_18_12	1.5237	1.516	0.51
3	DES_22_07	1.0136	0.887	14.27
4	DES_24_07	1.3498	1.861	-27.47
5	DES_24_09	0.8146	0.833	-2.21
6	DES_24_13	1.3375	1.248	7.17

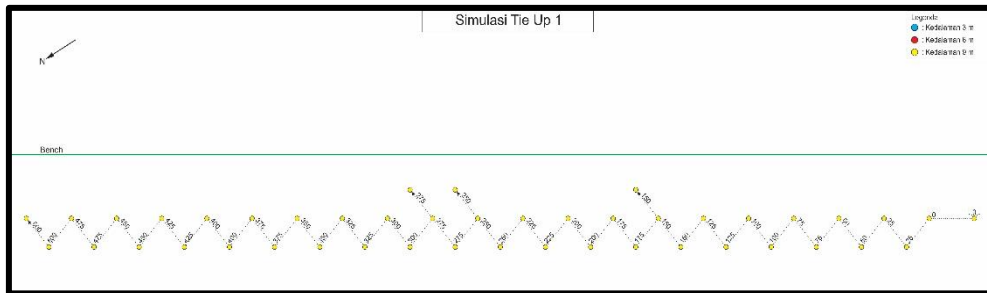
Analisis Hubungan Antara Jarak dan Bahan Peledak per Delay



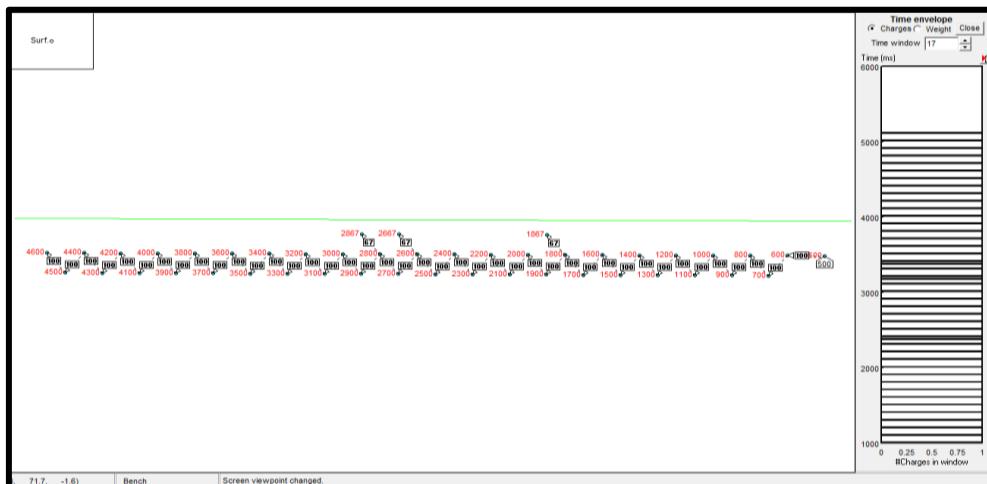
Gambar 4. Hubungan Jarak dan Isian Bahan Peledak per Delay

Rekomendasi Desain Tie Up

Rekomendasi *tie up* dilakukan untuk mengetahui kemungkinan-kemungkinan rangkaian *tie up* yang dapat digunakan dalam peledakan sehingga menghasilkan nilai getaran peledakan yang tidak melebihi ambang batas. Dalam kasus penelitian ini, dari semua data yang didapatkan tidak ada nilai getaran yang melebihi nilai ambang batas yaitu 5 mm/s, sehingga penelitian lebih terfokus kepada rangkaian *tie up* yang lebih efisien.



Gambar 5. Rekomendasi *Tie Up* Detonator Listrik



Gambar 6. Rekomendasi *Tie Up* Detonator Nonel

D. Kesimpulan

1. Dari kegiatan pengukuran getaran peledakan yang dilakukan di tiga lokasi berbeda yaitu Puser II, Puser III, dan Talang Jawa dapat diketahui bahwa seluruh data PVS berada di bawah ambang batas yang mengacu pada SNI 7571:2010 bangunan kelas 3 yaitu 5 mm/s dengan nilai PVS berkisar antara 0,222 – 3,170 mm/s dan nilai rata-rata PPV yaitu 1,086 mm/s. Frekuensi PPV yang paling sering timbul yaitu sebesar 0,5 – 1 mm/s. Sedangkan frekuensi PPV yang jarang timbul yaitu sebesar 1,5 – 3 mm/s.
2. Dari pengolahan data getaran peledakan dengan menggunakan software Blastware didapatkan nilai K dan e dari masing-masing lokasi pengukuran. Nilai K pada lokasi pengukuran Puser II yaitu 228,7 dengan nilai e yaitu -1,104. Nilai K pada lokasi pengukuran Puser III yaitu 120,0 dengan nilai e yaitu -1,006. Nilai K pada lokasi pengukuran Talang Jawa yaitu 212,5 dengan nilai e yaitu -1,153.
3. Berdasarkan hasil analisis getaran peledakan yang berada di bawah ambang batas PVS, maka desain tie up dapat dilakukan secara sekaligus dalam satu hari peledakan dengan rencana desain tie up yang telah sesuai menggunakan detonator listrik maupun nonel.
4. Dari hasil perhitungan prediksi PPV menggunakan rumus USBM, didapatkan hasil koreksi perhitungan prediksi PPV Puser II yaitu 5,82% - 77,91%; Puser III 1,43% - 72,24%; dan Talang Jawa 0,51% - 27,57%. Koreksi kesalahan perhitungan tersebut dapat terjadi akibat dari beberapa faktor diantaranya kesalahan dalam pengukuran maupun kondisi batuan serta struktur yang terdapat di daerah penelitian.

E. Saran

Dengan hasil PPV pada setiap pengukuran yang tidak lebih dari nilai ambang batas yaitu 5 mm/s, disarankan untuk melakukan peledakan secara sekaligus dalam satu hari peledakan untuk mengefisienkan waktu produksi. Selain itu juga disarankan untuk menggunakan detonator nonel agar peledakan dapat dilaksanakan dengan lebih aman tanpa resiko yang lebih besar seperti saat menggunakan detonator listrik.

Daftar Pustaka

- Bhandari, Sushil, 1997, *“Engineering Rock Blasting Operations”*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Carr D.D. and Rooney L.F.F., 1990, *“Limestone and Dolomit”*, Industrial Minerals.
- Hemphill, Gary B., 1980, *“Blasting Operations”*, McGraw-Hill Inc., US. Hal 143 - 150
- Hustrulid, W., 1999, *“Blasting Principles for Open Pit Mining Volume 1”*, Colorado School of Mines, Golden, Colorado.
- Jemino, Lopez Carlos, 1995, *“Drill and Blast of Rock”*, Revised and Updated Edition by A.A. Blaskena, Rotterdam, Netherlands.
- Konya, Calvin J., dkk, 1990, *“Surface Blast Design”*, Prentice-Hall Inc, New Jersey, USA.
- Olofsson, Stig O., 1988, *“Applied Explosive Technology for Construction and Mining”*, Nora Boktryckeri A. B.
- Persson, Per-Anders, dkk, 1992, *“Rock Blasting and Explosives Engineering”*, CRC Press Inc, US.
- Pfleider, Eugene P., 1968, *“Surface Mining”*, The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, Hal. 344 – 346, 355 – 357.
- Scott, Andrew, dkk, 1996, *“Open Pit Blast Design Analysis and Optimisation”*, Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, Queensland, Australia.
- Soetandi, Tarmizie, 1977, *“Laporan Konservasi Pertambangan Daerah Sumatera Selatan P.N Batubara Unit Produksi Bukit Asam dan PT Semen Baturaja”*, Direktorat Pertambangan Sub. Direktorat Konservasi, Jakarta. Hal. 120 - 129
- Standar Nasional Indonesia. 2010. Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.