

Analisis Upaya Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (*ground vibration*) Akibat Kegiatan Peledakan di Pit TSBC Tambang Air Laya Terhadap Perumahan Karyawan PT Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim Sumatera Selatan

M. Aldi Rizandi¹, Ag. Isjudarto¹, Erry Sumarjono¹

¹ Program Studi Magister Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : isjudarto@itny.ac.id

ABSTRAK

PT. Bukit Asam Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang batubara yang wilayah penambangannya terletak di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Kegiatan penambangan yang terjadi di PT. Bukit Asam Tbk terdiri dari penyelidikan umum, pembersihan area, pengeboran, peledakan, pemuatan serta pengangkutan bahan galian. Sistem penambangan yang digunakan di Pit Tambang Air Laya yaitu sistem tambang terbuka (*Surface Minning*) dan metode *open pit mining* dengan kegiatan. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui dampak dari adanya peledakan dan pengurangan tingkat getaran tanah yang membahayakan struktur bangunan serta aktivitas karyawan yang berada di lokasi sekitar. Metode menggunakan pendekatan analisis hubungan antara skala distance dan ppv. Hasil penelitian ini yaitu terdapat Peak partikel Velocity berada di bawah rekomendasi dari SNI 7471:2010 dan juga rekomendasi dari pihak perusahaan yaitu 3 mm/s. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat getaran tanah anatara lain jumlah isian muatan peledak dan jarak pengukuran dari lokasi peledakan, Rekomendasi untuk mendapatkan nilai ppv dibawah standar ataupun sesuai dengan rancangan yang ingin di buat yaitu di bawah 0,766 mm/s. dengan hasil yang di dapatkan dari hubungan antara sd dan ppv getaran untuk mendapatkan nilai konstanta dan eksponen yang di perlukan dalam memprediksi isian muatan bahan peledak anfo yang digunakan pada peledakan selanjutny. Maka, rancangan peledakan nilai yang di dapat pada jarak 1100 m dengan isian 40-45 kg ANFO, isian peledakan yang optimal untuk ppv di bawah 0,766 mm/s pada jarak 1200 m adalah 40-50kg ANFO, bahan isian yang optimal untuk ppv 0,766 mm/s pada jarak 1300 m adalah 40-60 kg dan bahan isian yang optimal untuk ppv 0,766 mm/s pada jarak 1400 m adalah 40-70 kg.

Kata Kunci : peledakan, getaran, skala distance, PPV, ANFO

ABSTRACT

PT. Bukit Asam Tbk is a coal mining company whose mining area is located in Tanjung Enim, South Sumatra. Mining activities that occur at PT. Bukit Asam Tbk consists of general investigation, area clearing, drilling, blasting, loading and transporting minerals. The mining system used at the Air Laya Mining Pit is an open mining system (Surface Mining) and an open pit mining with activities. The purpose of this study is to determine the impact of blasting and reducing the level of ground vibration that endangers the building structure and the activities of employees in the surrounding location. The method uses a relationship analysis approach between the distance and ppv scales. The results of this study are that there is a Peak particle Velocity under the recommendation of SNI 7471:2010 and also a recommendation from the company, which is 3 mm/s. Factors that affect the level of ground vibration include the amount of explosive charge and the measurement distance from the blasting location. Recommendations for getting a ppv value below the standard or in accordance with the design you want to make are below 0.766 mm/s. with the results obtained from the relationship between sd and ppv vibrations to obtain the constant and exponent values needed in predicting the charge of anfo explosives used in the next detonation. So, the blasting design value obtained at a distance of 1100 m with 40-45 kg ANFO loading, the optimal blasting charge for ppv below 0.766 mm/s at a distance of 1200 m is 40-50kg ANFO, the optimal filling material for 0.766 ppv mm/s at a distance of 1300 m is 40-60 kg and the optimal filling material for 0.766 mm/s ppv at a distance of 1400 m is 40-70 kg.

Keyword : blasting, vibration, distance scale, PPV, ANFO

1. PENDAHULUAN

PT. Bukit Asam Tbk. (PTBA) merupakan salah satu perusahaan pertambangan batubara terbesar di Indonesia. PTBA juga merupakan salah satu badan usaha milik negara yang merupakan produsen utama industri pertambangan batubara di Indonesia, terletak di Tanjung Enim, Lawang Kidul, Kabupaten MuaraEnim, Sumatera Selatan. PT. Bukit Asam memiliki tiga lokasi operasi, yakni Tambang Air Laya dengan Izin Usaha Pertambangan seluas 7.621 Ha, Tambang Muara Tiga Besar seluas 3.300 Ha, dan Tambang Banko Barat. 4.500 hektar. Sistem penambangan yang digunakan adalah sistem penambangan terbuka (*Surface Mining*) yang dipadukan dengan sistem *continuous mining*. Kegiatan penambangan ini terdiri dari penyelidikan umum, pembersihan area, pengeboran, peledakan, pemuatan serta pengangkutan bahan galian.

Daerah penelitian berada di dalam Izin Usaha Pertambangan (IUP) Air Laya. IUP Air Laya merupakan salah satu pit yang aktif beroperasi pada tahun 2019. Di dalam IUP Air Laya tersebut menjadi lokasi penelitian ini, yaitu berada di Pit Tambang Air Laya. Pada awalnya pit Tambang Air Laya ini merupakan area perumahan bagi karyawan pekerja tambang di PT. Bukit Asam, namun pada tahun 2018 area perumahan karyawan tersebut di relokasikan, karena terdapat bahan galian yang bernilai ekonomis dan menguntungkan bagi perusahaan. Sistem penambangan yang digunakan di Pit Tambang Air Laya yaitu sistem tambang terbuka (*Surface Mining*) dan metode *open pit mining* dengan kegiatan pembongkaran jenis batuan di daerah TSBC ini menerobos batuan muara enim yang mengandung batubara. Hal ini menyebabkan pembongkaran dilakukan menggunakan metode peledakan karena jenis batuan penutup termasuk dalam kategori keras untuk di beraikan.

Dari bentuk instruksi Andesit yang terdapat di Formasi Muara Enim, hanya di bawah *sill* Andesit yang terdapat lapisan batubara. Batuan Andesit ini berwarna kelabu tua, pejal, tekstur porfiritik. Peledakan dalam kegiatan pertambangan, selain bertujuan untuk memberaikan batuan juga akan menimbulkan perambatan gelombang seismik yang menggambarkan perjalanan energi melalui bumi dan menimbulkan getaran pada massa batuan atau material di sekitarnya. Permasalahan yang sering terjadi akibat dari kegiatan tersebut adalah getaran tanah (*ground vibration*) yang membahayakan struktur bangunan serta kestabilan lereng jika getaran tersebut tidak di kendalikan atau di kurangi tingkat getarannya maka akan mengganggu aktivitas permukiman karyawan di sekitar operasi peledakan. Faktor yang dapat di kendalikan yaitu pengurangan jumlah isian bahan peledak, diameter lubang bor atau geometri peledakan serta hubungan jarak *horizontal* antara titik ledak dengan permukiman terdekat.

2. METODE PENELITIAN

Ground Vibration adalah getaran bumi yang timbul sebagai akibat proses peledakan. Alat yang digunakan untuk Pengukuran *Ground Vibration* di PT. Bukit Asam Tbk. adalah *Ground Vibration Balst Mate III* buatan instantel Inc Canada yang dilengkapi dengan sebuah *geophone* dan *mic sound level*. Cara kerja dari alat ini yaitu gerakan tanah dan tekanan udara dari kegiatan peledakan diterima oleh *geophone*, diubah menjadi sinyal-sinyal elektrik, diproses dan disimpan didalam memori alat. Keluarannya berupa angka-angka atau *seismogram*. Beberapa hal yang mempengaruhi terjadinya *ground vibration* adalah kedalaman lubang bor, diameter lubang bor dan arah titik peledakan. Semakin dalam lubang bor dan semakin besar diameter, maka akan semakin kuat juga *ground vibration* yang ditimbulkan dan sebaliknya, sebaiknya geometri peledakan tersebut disesuaikan dengan daerah sekitar.

Cara – cara yang digunakan untuk mengurangi *ground vibration* tersebut adalah dengan memperhatikan kedalaman dan diameter lubang bor (sesuai dengan daerah sekitar) membuat arah peledakan menjauhi daerah pemukiman penduduk, menggunakan jeda delay terbesar, menerapkan cara – cara peledakan yang tepat dan menggunakan geometri peledakan yang tepat. Ketika bahan peledakan didalam lubang diledakan, maka timbul gelombang tekanan sangat kuat, yang kemudian bergerak di dalam badan batuan. Gelombang tekanan tersebut terdiri dari jenis, yaitu:

1. Gelombang *Longitudinal*, Gelombang yang menyebabkan partikel, batuan mengalami gerakan maju dan mundur sejaris dengan arah rambat gelombang
2. Gelombang *Transversal*, gelombang yang menyebabkan partikel batuan bergerak secara vertical naik turun tegak lurus dengan arah gelombang

Faktor-faktor yang dapat di control dari penyebab terjadinya *ground vibration* antara lain diameter lubang tembak, jeda waktu penyalaan, jumlah pengisian lubang ledak, penempatan primer, lantai jenjang kotor.

- a. Diameter lubang tembak mempengaruhi ukuran *fragmentasi* yang akan dihasilkan, juga tinggi jenjang yang akan terbentuk. Diameter lubang tembak yang terlalu besar akan mengakibatkan lubang ledak

tidak cukup menghasilkan *fragmentasi* yang baik, terutama pada batuan yang banya kekar dengan jarak kerapatan yang tinggi sehingga akan dapat mengakibatkan terjadinya *ground vibration*. Diameter lubangtembak juga dibatasi oleh tinggi jenjang dan juga mempengaruhi dalam penentuan geometri peledakan. Ukuran diameter lubang tembak merupakan factor yang penting dalam merancang suatu peledakan, karena akan mempengaruhi dalam penentuan jarak burden dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya, sehingga akan sangat berpengaruh terjadinya *fly rock*. Ukuran diameter lubang ledak berhubungan dengan *specific charge (loading density)*, sehingga besarnya diameter lubang ledak sangat berpengaruh terhadap besarnya *energy* yang akan timbul saat peledakan.

- b. Jeda Waktu Penyalaan (*delay*). Bila isian bahan peledak yang berdekatan dalam satu rangkaian dinyalakan secara terpisah, dengan selang waktu tunda yang cukup panjang untuk setiap isian bahan peledak, maka tidak akan terjadi interaksi antara gelombang *energy* yang di hasilkan bahan peledak. Bila selang waktu penyalaan isian bahan peledak di persingkat, maka akan berpengaruh terhadap hasil peledakan Untuk isian bahan peledak yang dinyalakan serentak, maka kekuatan aksi gelombang akan bertambah lebih besar.
- c. Jumlah Pengisian Lubang Ledak. Penyimpanan arah lubang ledak bias mengurangi atau menambah jarak burden dan kedalaman lubang tembak. Hal ini menjadi *factor* penting bagi kedalaman lubang, penyimpangan sedikit dari vertical ke arah puncak dinding dapat secara *drastic* mengurangi *burden* pada bagian lubang. Juru ledak dan kru peledakan harus melengkapi dan mengisi lubang-lubang ledak seperti yang di rencanakan. Ketika pengisian lubang, juru ledak atau kru peledakan harus sering mengecek bertambahnya kolom isian untuk menghindari kelebihan pengisian yang mengakibatkan hilangnya rongga, patahan atau genangan yang tidak diketahui lainnya. Kelebihan pengisian seperti ini akan menghasilkan perlepasan *energy* yang berlebihan.

Faktor Getaran yang Tidak Dapat di kendalikan

Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan yang dapat mempengaruhi terjadinya *ground vibration* hasil peledakan adalah struktur geologi batuan yang akan diledakan, struktur geologi batuan pada umumnya berpengaruh terhadap getaran hasil peledakan. Struktur geologi batuan yang mempengaruhi adalah struktur kekar, perlapisan. Pada operasi peledakan kekar dapat mempengaruhi perambatan *energy* dalam batuan. Jika perambatan gelombang *energy* menemui bidang kekar maka gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan dibiaskan dan diteruskan. Karena ada gelombang yang di teruskan maka kekuatannya akan berkurang. Terdapat nya struktur kekar, perlapisan, rongga dalam massa batuan akan mempengaruhi penyebaran *energy* peledakan, penentuan arah peledakan dan fragmentasi batuan.

Getaran tanah adalah gerakan bumi (*ground motion*) yang terjadi akibat perambatan gelombang seismic. Kegiatan peledakan akan selalu menghasilkan getaran atau gelombang seismic. Tujuan peledakan adalah umumnya untuk memecahkan batuan. Kegiatan ini membutuhkan sejumlah *energy* yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas elastis batuan. Apabila hal tersebut terjadi maka batuan akan pecah. Proses pemecahan akan berjalan terus sampai *energy* yang di hasilkan oleh bahan peledak makin lama makin berkurang dan menjadi kecil dari kekuatan batuan, sehingga proses pemecahan batuan akan berhenti. Energi yang tersisa akan menjalar melalui batuan, karena masih di dalam elastisitasnya. Standar Vibrasi adalah besar/kuat getaran yang diijinkan akibat dari kegiatan peledakan dimana tidak melewaati batas aman. Ada beberapa Standar yang di gunakan untuk melakukan standarisasi vibrasi peledakan yaitu acuan kriteria kerusakan, seperti Acuan Kriteria Kerusakan Akibat Getaran menurut keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. KEP-49/MENLH/1996 dan SNI 7571:2010 yang di gunakan untuk mengetahui ambang batas aman pada getaran akibat kegiatan peledakan.. PPV (*Peak Particle Velocity*) adalah kecepatan gerakan partikel batuan dari posisi nol meningkat ke maksimum dan kembali ke nol serta merupakan parameter penting dalam estimasi batu dan kerusakan structural. Sedangkan PVS (*Peak Vector Sum*) adalah *resultan vector* dari *Peak Particel Velocity* gelombang *Longitudinal, transversal dan vertical*. yang digunakan sebagai acuan adalah *Peak Particel Velocity* (PPV). Dalam perkembangannya, Indonesia kini telah memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk standar tingkat getaran peledakan pada kegiatan penambangan terbuka pada bangunan gedung yaitu SNI 7571:2010 yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Dengan SNI 7571:2010 perusahaan tambang terbuka di Indonesia sudah memiliki acuan pengendalian dampak dari kegiatan peledakan yang dilakukan.

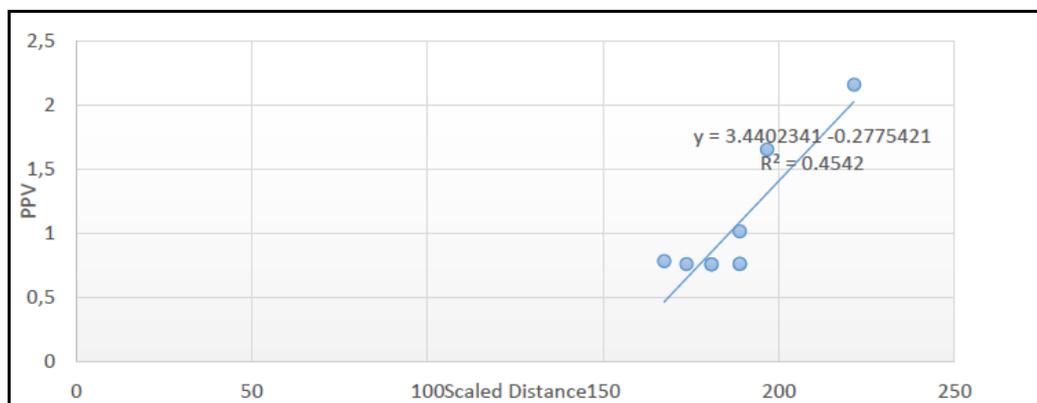
3. HASIL DAN ANALISIS

Pengamatan terhadap kegiatan peledakan dilakukan pada tanggal 11 maret sampai dengan 12 april 2021 yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam menjadi langkah awal pembahasan dalam penulisan makalah ini. Pengamatan dilakukan terhadap kegiatan peledakan di lapangan serta pengukuran getaran tanah menggunakan alat ukur Blasmate III seperti terlihat pada di bawah ini :

Tabel 1. Pengukuran getaran di Lapangan

Tanggal	PPV			PPV Triggered	PVS	Jarak	Isian Perlubang
	Trans	Vert	Long				
11 maret	1,653	0,382	0,506	1,653	1,78	1523	60
15 maret	0,508	0,254	0,761	0,761	0,83	1400	60
17 maret	1,543	2,158	2,158	2,158	2,84	1400	40
20 maret	0,634	0,382	0,785	0,785	0,78	1400	70
22 maret	0,382	0,382	0,763	0,763	0,78	1400	65
31 maret	0,507	0,382	0,763	0,761	0,86	1400	60
7 april	0,507	0,255	1,018	1,018	1,05	1400	55
8 april	0,507	0,382	0,763	0,763	0,79	1400	55
12 april	0,764	0,633	0,643	0,764	0,84	1400	55

Pada tabel di atas menunjukkan hasil Peak Partical Velocity (getaran) dalam sembilan kali pengukuran selama awal Bulan maret -april 2021. Dari hasil tersebut terlihat jelas bahwa semua pengukuran dilakukan pada jarak 1400-1523 m. Hal ini dikarenakan pengkajian dilakukan untuk mencari nilai getaran aman yang diminta perusahaan yaitu untuk bangunan yang berjarak sekitar 1000 m dari lokasi peledakan, dan juga disesuaikan dengan standar aman peledakan menurut SNI yaitu 5 mm/s. Dari sembilan kali pengukuran hasilnya masih dibawah batas aman ppv yang terbesar yaitu pada tanggal 17 maret 2021 sebesar 2,158 mm/s. Untuk itu perlu dilakukan penurunan tingkat getaran tanah dengan memenuhi rancangan dengan menghasilkan ppv di bawah 0,766 mm/s dengan jarak 1100 m-1400 m agar dapat mengurangi gangguan getaran akibat kegiatan peledakan di sekitar perumahan karyawan.



Gambar 1. Hubungan antara Scaled Distance dan PPV

Berdasarkan grafik di atas terdapat Nilai koefisiensi determinasi (R^2) sebesar 0.4542 dan nilai variable y sebesar -0,288 menyatakan bahwa korelasi negative dan kuat. Korelasi negative menyatakan bahwa setiap kenaikan X atau scala distance (SD) maka akan diikuti dengan nilai PPV. Korelasi kuat menyatakan pengaruh yang kuat dari perubahan nilai x atau SD terhadap nilai koefisien determinasi atau (R^2) = 0.4542 = 45,42%. Hal ini menyatakan nilai y atau ppv dapat ditentukan sebesar (45,42%) oleh nilai x atau SD. dimana nilai konstanta tersebut dapat digunakan untuk menghitung prediksi getaran yang akan dihasilkan pada peledakan selanjutnya.

Dengan menggunakan persamaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan prediksi nilai tingkat getaran tanah dengan mengatur nilai isian per delay pada rumus prediksi nilai ppv sehingga didapatkan isian yang optimum dengan jarak yang telah ditentukan. Berdasarkan rumus yang sama, dilakukan perhitungan nilai (K) pada data yang didapatkan selama bulan Maret hingga April 2021. diperoleh nilai (K) yaitu adalah 3,3302 dan nilai (e) -0,288 dengan contoh perhitungan sebagai berikut

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}}$$

$$SD = \frac{1400}{6}$$

$$SD = 180,739$$

$$PPV = 3,3302 (SD)^{-0,288}$$

$$PPV = 3,3302 (180,739)^{-0,288}$$

$$PPV = 0,746 \text{ mm/s}$$

Untuk mencapai target rancangan nilai ppv di bawah 0,766 mm/s pada jarak 1100 m – 1400 m dapat dilakukan dengan beberapa langkah di antaranya :

1. Geometri Peledakan, untuk geometri peledakan sama sekali tidak dirubah karena pertimbangan fragmentasi yang dihasilkan. Dengan demikian geometri yang digunakan masih sama yaitu berdasarkan perhitungan RL.Ash(1990).
2. Isian Bahan Peledak per Delay Pengurangan isian bahan peledak diharapkan mengurangi getaran. Dengan demikian dilakukan analisis berdasarkan Scale Distance dan PPV. cara Isian Bahan Peledak per Delay Pengurangan isian bahan peledak diharapkan mengurangi getaran. Dengan demikian dilakukan analisis berdasarkan hubungan Scale Distance dan PPV.
3. Pola Peledakan dan Penggunaan Delay Untuk pemakaian delay yang lebih besar dimaksudkan untuk menghindari terjadinya peledakan dua atau lebih lubang ledak sekaligus. Untuk usaha tersebut dapat memanfaatkan software Orica dalam blasting designnya sehingga diharapkan lubang ledak meledak satu per satu. Dengan keadaan demikian otomatis hanya satu atau dua lubang yang menghasilkan getaran dalam satu kali waktu tunda. Inilah yang diharapkan agar akumulasi getaran tersebut tidak membahayakan dan masih dalam batas aman yaitu dibawah 5 mm/s pada jarak 1100 m. Untuk hal ini dimanfaatkan program Orica Software untuk perancangan pola peledakan. pemakaian delay lebih besar yaitu 42, 67 ms dengan rangkaian zigzag , row by row dan echelon.

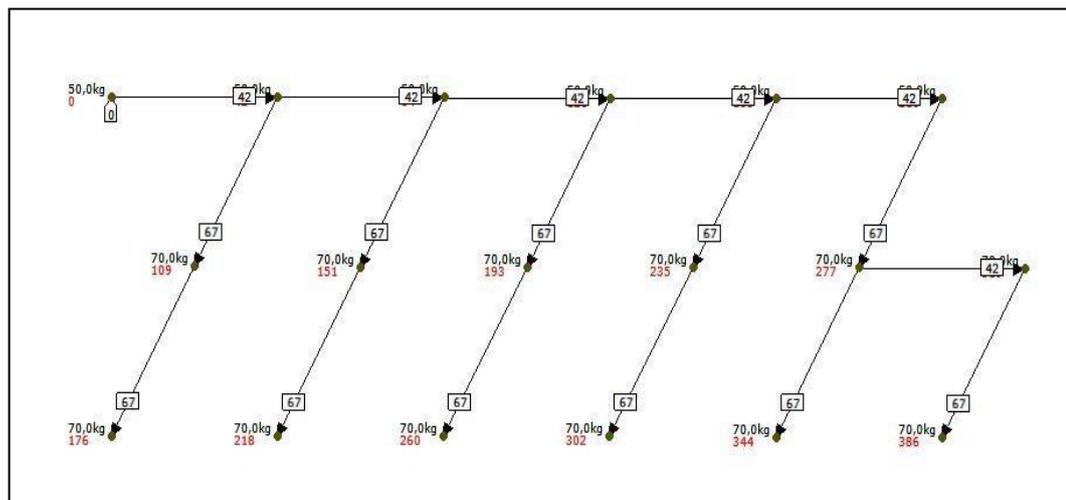
Berikut adalah hasil perhitungan isian perlubang dengan jarak 1100 m – 1400 m dapat dilihat pada table di bawah ini :

Table 2. Hasil Perhitungan Scale Distance

No.	Jarak (R) (m)	Isian/Delay (kg)	Scala Distance	PPV (mm/s)	Keterangan
1.	1523	60	196,618	1,653	Aman
2.	1400	60	180,739	0,761	Aman
3.	1400	40	221,359	2,158	Aman
4.	1400	70	167.332	0,785	Aman
5.	1400	65	173.648	0,763	Aman
6.	1400	60	180,739	0,761	Aman
7.	1400	55	188,775	1,018	Aman
8.	1400	55	188.775	0,763	Aman
9.	1400	55	1,88,775	0,643	Aman

Tabel 3. Hasil Pengukuran Getaran Tahap II

Tanggal	PPV			PPV Triggered	PVS	Jarak	Isian (Kg)
	Trans	Vert	Long				
11 maret	1,653	0,382	0,506	1,653	1,78	1523	60
15 maret	0,508	0,254	0,761	0,761	0,83	1400	60
17 maret	1,543	2,158	2,158	2,158	2,84	1400	40
20 maret	0,634	0,382	0,785	0,785	0,78	1400	70
22 maret	0,382	0,382	0,763	0,763	0,78	1400	65
31 maret	0,507	0,382	0,763	0,761	0,86	1400	60
7 april	0,507	0,255	1,018	1,018	1,05	1400	55
8 april	0,507	0,382	0,763	0,763	0,79	1400	55
12 april	0,764	0,633	0,643	0,764	0,84	1400	55



Gambar 4. Desain peledakan dengan variasi isian 50 kg dan 70 kg dengan pola Echelon

Dari desain variasi isian diharapkan dapat untuk mengurangi tingkat getaran tanah yang timbul akibat operasi peledakan dan disarankan apabila menggunakan variasi isian lubang ledak perbaris maka untuk menetapkan jumlah isian tersebut harus melihat tabel rekomendasi geometri peledakan. Hal pertama yang harus di lakukan harus mengetahui jarak lokasi peledakan dengan area perumahan karyawan. Setelah dapat jarak tersebut baru dapat di tentukan jumlah isian yang akan dipakai dalam variasi isian tersebut. Dianjurkan menggunakan isian maksimal sebagai acuan dalam membuat variasi ini. Kemudian isian maksimal tersebut divariasikan dengan isian dibawah isian maksimal agar hasil getaran tersebut cenderung berada diantara hasil getaran dari isian tersebut atau masih berada di bawah 0,766 mm/s. Sebagai contoh pada jarak 1100 m dengan isian maksimal yang dianjurkan adalah 45 kg dengan hasil ppv 0,765 mm/s. Divariasikan dengan isian dengan hasil ppv nya 0,750 mm/s. Diharapkan dari variasi tersebut getaran yang diperoleh berada diantara 0,750 mm/s sampai 0,765 mm/

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara analisis dan data penggunaan ground vibration di PT. Bukit Asam Tbk pada Pit TSBC Tambang Air Laya masih tergolong aman bagi lingkungan , karena nilai Peak partikel Velocity rata-rata selama penelitian masih berada di bawah rekomendasi dari SNI 7471:2010 dan juga rekomendasi dari pihak perusahaan yaitu 3 mm/s
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat getaran tanah antara lain jumlah isian muatan peledak dan jarak pengukuran dari lokasi peledakan, dimana semakin banyak bahan peledak yang digunakan perlubang maka tingkat getaran yang di dihasilkan semakin besar dan semakin jauh jarak pengukuran tingkat getar dari lokasi peledakan maka akan semakin kecil tingkat getaran yang di dihasilkan

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim eksplorasi PT. Bukit Asam yang telah melaksanakan kegiatan eksplorasi bersama penulis. Tak lupa pula penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan masukan dan kritikan terhadap makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ash, R.L., (1990). “ Design of Blasting Round, Surface Mining”, B.A Kennedy, Editor, Society of Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- [2] Jimeno, L.C., (1995) “ Drilling and Blasting of Rocks” Blaskena : Rotterdam, Netherlands.

-
- [3] SNI, Nomor 7571:2010. Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan, Badan Standarisasi Nasional (BSN), Bandung.
 - [4] Prima Yohan, 2018, Kajian Teknis Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration) Akibat Operasi Peledakan Pada Penambangan Batubara Di PT. Bukit Asam TBK, Tanjung Enim, Sumatera Selatan.
 - [5] Satuan Kerja Geologi 2007, PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim , Sumatera Selatan.
 - [6] Satuan Eksplorasi dan Geoteknik 2020 , PT. Bukit Asam, Tbk., PT. Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan.
 - [7] Muhindra, B.R., 2017, Analisis Upaya Pengurangan Tingkat Getaran Tanah Akibat Peledakan Dengan Radius 1500 m Pada Lapisan Interburden Pit 2 Terhadap Infrastrukture dan Pemukiman Warga di Sekitar P.T Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Universitas Sriwijaya, Palembang.