



## ANALISIS HASIL GETARAN PELEDAKAN MENGGUNAKAN BAHAN PELEDAK EMULSION UNTUK MENINGKATKAN CADANGAN TERTAMBANG

### EXPLOSIVE VIBRATION ANALYSIS WITH EMULSION EXPLOSIVE TO INCREASE MINED RESERVE

F.Wardhana<sup>1</sup>, M. T.Toha<sup>2</sup>, R.Juniah<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM. 32 Indralaya Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: <sup>1</sup>[fuadwardhanast@gmail.com](mailto:fuadwardhanast@gmail.com), <sup>2</sup>[ttoha@unsri.ac.id](mailto:ttoha@unsri.ac.id), <sup>3</sup>[restu\\_juniah@yahoo.co.id](mailto:restu_juniah@yahoo.co.id)

#### ABSTRAK

Semakin meningkatnya pertumbuhan pembangunan infrastruktur Indonesia, kebutuhan semen akan terus meningkat sehingga konsumsi batu kapur sebagai bahan baku utama dalam proses pembuatan semen akan meningkat pula. Kegiatan pembongkaran batu kapur yang dilaksanakan di Tambang Baturaja I salah satunya adalah menggunakan peledakan. Jarak aman peledakan yang diizinkan berdasarkan Kepmen ESDM Nomor 1827/K/30/MEM/2018 adalah 500 meter terhadap manusia dan/atau diperbolehkan berdasarkan kajian teknis. Untuk meningkatkan produksi batu kapur SMBR akan melakukan kegiatan peledakan pada jarak  $\pm 100$  meter dari pemukiman masyarakat. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis hasil pengukuran getaran peledakan akibat kegiatan peledakan sehingga diperoleh isian handak Emulsi per *delay* yang diizinkan untuk melakukan kegiatan peledakan pada jarak  $\pm 100$  meter. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh bahwa konstanta *site* spesifik untuk *k* adalah 44,64 dan untuk *n* adalah -0,8027. Sehingga isian bahan peledak *Emulsion* per *delay* yang diizinkan untuk dilakukan kegiatan peledakan adalah 11 kg/*delay* dengan *peak vector sum prediction* (PVS) adalah 2,9 mm/detik. Sehingga berdasarkan penelitian ini cadangan tertambang yang dapat diambil adalah 2.747.549 ton batu kapur.

**Kata Kunci:** Emulsion, Peledakan, Jarak Aman, Cadangan Tertambang

#### ABSTRACT

*Increasing development of Infrastructure in Indonesia, cement demand will be increasing that impacted to limestone consumption as a basic material in cement making process. One of the activities that using to loose limestone from source rock at First Baturaja Quarry is blasting. According to Decree of the Ministre of Energy and Minerals Resources Republic of Indonesia Number 1827/K/30/MEM/2018, safe distance for human detonation is 500 meters or based on technical study that have been done. In order to inrease limestone production SMBR intedens to conduct limestone blasting at distance  $\pm 100$  meters from residential area. The purpose of this research is to analyze explosive vibration of blasting effect, so maximum weight of explosive can be determined at distance  $\pm 100$  meters. Based on analyze that have been done shows that site specific constants of *k* and *n* is 44,64 and -0,8027. Weight of emulsion explosive that allowed to conduct blasting activity is 11 kg/*delay* with peak vector sum (PVS) prediction is 2,9 mm/s. 2,747,549 tons limestone can be extracted with this research.*

**Keywords:** *Emulsion, Blasting, Safe Distance, Mined Reserve*

#### PENDAHULUAN

Metode penambangan yang diterapkan di SMBR adalah metode *open pit* dengan sistem penambangan quarry [1].

Kegiatan pembongkaran merupakan salah satu tahapan penambangan yang dilakukan di Tambang Baturaja I. Metode pembongkaran batu kapur yang dilakukan meliputi *surface miner* dan *blasting* (peledakan) [2].

Peledakan adalah kegiatan pemberaian material atau batuan dengan bahan kimia yang menghasilkan ledakan [3]. Peledakan bertujuan untuk memberaikan batuan agar mempermudah proses pemuatan dan pengangkutan [4]. Faktor-faktor berupa karakteristik bahan peledak, *powder factor*, fragmentasi hasil peledakan, geometri peledakan, dan getaran tanah (*ground vibration*) menjadi hal yang penting untuk diperhatikan dalam kegiatan peledakan [3]. Bahan peledak yang diaplikasikan oleh SMBR adalah bahan peledak *Emulsion*. Spesifikasi *Emulsion* disajikan pada Tabel 1 [5].

**Tabel 1.** Spesifikasi *emulsion*

Spesifikasi	Nilai	Satuan
<i>Sensitized Density</i>	1,20	g/cc
<i>Emulsion Content</i>	70	Vol%
<i>Energy</i>	3,07	MJ/Kg
<i>RWS</i>	77	0%
<i>RBS</i>	123	0%
<i>VOD</i>	5300	m/s
<i>Min. Recommended Hole Diameter</i>	100	mm
<i>Water Resistance</i>	Excellent	-

Peledakan memberikan efek berupa kebisingan (*noise*), batuan terbang (*flying rock*), getaran tanah (*ground vibration*) dan tekanan udara (*air blast*) [6,7]. Kegiatan peledakan yang direncanakan di Tambang Baturaja I untuk meningkatkan produksi batu kapur adalah pada jarak  $\pm 100$  meter [8]. Hal ini tentu saja akan memberikan pengaruh negatif kepada masyarakat yang berada di sekitar Tambang Baturaja I, karena jarak peledakan yang dekat akan menyebabkan semakin besar potensi dampak negatif yang ditimbulkan [9].

Jarak aman peledakan yang diizinkan untuk manusia berdasarkan Kepmen ESDM No. 1827/K/30/MEM/2018 adalah 500 meter dan/atau berdasarkan kajian teknis yang sudah dilakukan. Kegiatan peledakan apabila akan dilakukan dengan jarak <500 meter dari jaringan listrik, rel kereta api, bendungan, serta bangunan public lainnya perlu dibuat kajian teknis [10].

SNI 7571:2010 mengatur mengenai ambang batas dari tingkat atau level getaran yang ditimbulkan dari suatu kegiatan peledakan. Bangunan dengan menggunakan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja dan termasuk di dalamnya bangunan berpondasi kayu yang lantainya diberi adukan semen, ambang batas getaran yang ditimbulkan untuk kriteria tersebut adalah maksimal pada *peak vector sum* (PVS) 3 mm/detik. Analisis mengenai getaran tanah ini penting dilakukan mengingat rencana perusahaan yang akan melakukan peledakan pada jarak  $\pm 100$  meter. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimalisir dampak atau efek negatif yang berpotensi terjadi dari getaran tanah

(*ground vibration*) agar tidak merusak bangunan dan meresahkan warga sekitar.

Getaran pada tanah (*ground vibration*) yang terjadi karena kegiatan peledakan tidak dapat dihindari, namun dapat dilakukan proses kontrol terhadap besar kecilnya efek getaran yang dihasilkan agar tidak memberikan efek yang berbahaya. Faktor yang mempengaruhi getaran tanah berupa faktor yang bisa dikontrol oleh manusia dan yang tidak bisa dikontrol oleh manusia. Faktor geomekanik massa batuan dan geologi dari lokasi peledakan merupakan faktor yang tidak dapat dikontrol. Sedangkan isian handak per *delay* (waktu tunda), perbedaan waktu *delay* dan jarak dari lokasi peledakan merupakan faktor yang dapat dikontrol.

Regulasi Pemerintah Indonesia yang mengatur tentang besarnya getaran tanah yang diperbolehkan terhadap bangunan yaitu SNI 7571: 2010. Ambang batas getaran tanah pada kegiatan penambangan dengan metode tambang terbuka terhadap bangunan disajikan pada Tabel 2 [11]:

**Tabel 2.** Ambang batas getaran pada kegiatan tambang terbuka terhadap bangunan

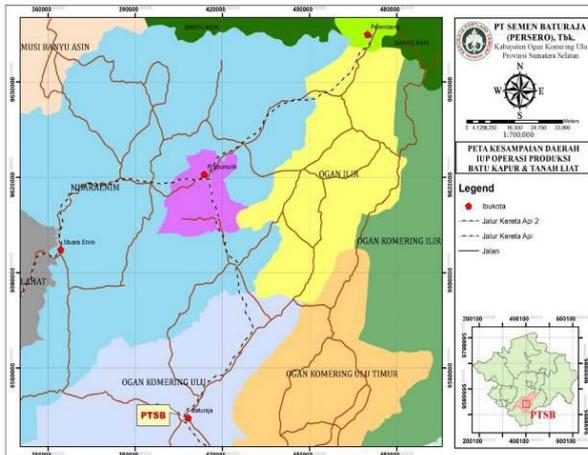
Kelas	Jenis Bangunan	PVS (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang benda cagar budaya (Undang-undang No. 6 Tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen	3
3	Bangunan dengan pondasi,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

Berdasarkan pengamatan di lapangan, kondisi bangunan termasuk kelas 2 dimana berupa bangunan berpondasi, pasangan bata dan adukan semen yang diikat dengan slop beton. Jika dikaitkan dengan Tabel 2, maka tingkat getaran tanah atau PVS maksimum yang diizinkan adalah 3 mm/s supaya bangunan milik warga di sekitar lokasi Tambang Baturaja I tidak mengalami kerusakan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Tambang Baturaja I SMBR secara administratif berada pada Kecamatan Baturaja Barat, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Provinsi

Sumatera Selatan. Peta kesampaian daerah disajikan pada Gambar 1 [12].



**Gambar 1.** Peta kesampaian daerah SMBR

Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati secara langsung kegiatan pembongkaran batu kapur dengan metode peledakan. Data primer pada penelitian ini berupa geometri peledakan, sistem *delay*, dan getaran tanah (*ground vibration*) yang diukur dengan *micromate<sup>III</sup>* dan *blastmate<sup>III</sup>*. Data sekunder berupa data geologi, spesifikasi bahan peledak, dan dokumen penunjang terkait penelitian.

Setelah semua data dibutuhkan sudah diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menganalisis data. Analisis data yang dilakukan berupa analisis getaran tanah, analisis hubungan antara jarak dengan *ground vibration*, uji statistik dan *scaled distance analysis* untuk rekomendasi isian handak per *delay*.

Pengaturan *scaled distance* adalah salah satu upaya atau cara yang dapat diterapkan untuk meminimalisir efek getaran tanah akibat peledakan [13]. Pers.(1) berikut dapat digunakan untuk menghitung *scaled distance* [14].

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}} \quad (1)$$

Keterangan:

- SD : *Scaled distance* (m/kg<sup>1/2</sup>)
- D : Jarak lokasi peledakan ke lokasi pengamatan (m)
- W : Isian handak per *delay* (kg)

Berdasarkan *scaled distance* yang diperoleh, maka dapat diprediksi besarnya efek getaran tanah (*ground vibration*) dengan menggunakan Pers.(2) berikut ini [15].

$$PPV = k (SD)^{-n} \quad (2)$$

Keterangan:

- PPV : *Peak particle velocity* (mm/s)
- SD : *Scaled distance* (m/kg<sup>1/2</sup>)
- K,n : Konstanta site spesifik

Estimasi cadangan tertambang dihitung menggunakan *software surpac*. Pengolahan data dimulai dengan pembuatan *database* kualitas *limestone* dengan memasukkan komposisi  $CO_3$  sebagai parameter kualitas semen yang telah ditentukan oleh pabrik. Kemudian ditampilkan lokasi persebaran *drillhole* yang juga merupakan lokasi persebaran sumberdaya *limestone* sesuai dengan *field* kualitas *limestone* berupa *range* kualitas *overburden*, *low grade*, *medium grade* dan *high grade*. *Block model* kemudian dibuat dimana telah dibatasi (*constrain*) dengan topografi, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pembuatan desain *pit*. Estimasi perhitungan cadangan kemudian dilakukan dengan metode *inverse distance* untuk memasukkan nilai kadar total karbonat ( $CO_3$ ) ke dalam tiap *block* pada *block model* yang dibatasi *constrain* (batasan) sumberdaya *limestone* tersebut dimana jarak maksimum pengaruh bor sejauh 200 m. *Constrain block model* sumberdaya *limestone* ini dibuat berdasarkan batas atas dan batas bawah dimana topografi IUP Baturaja I merupakan batas atasnya dan titik terendah dari masing-masing *drillhole* merupakan batas bawahnya. Hasil tonase serta kadar total karbonat desain *pit* ini diperoleh melalui hasil *report block model*.

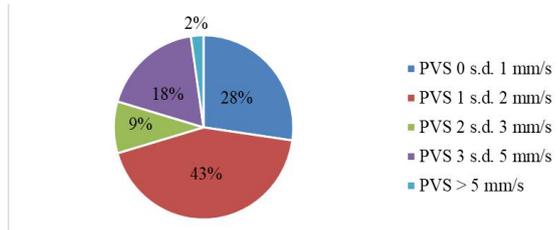
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketersediaan cadangan menjadi hal penting untuk dapat dilaksanakannya kegiatan penambangan batu kapur di SMBR [15]. Salah satu efek yang ditimbulkan oleh metode pemberaian material dengan kegiatan peledakan adalah getaran tanah [7]. Besaran maksimum (ambang batas) dari efek ini terhadap lokasi peledakan yang dekat dengan pemukiman adalah memiliki nilai PVS 3 mm/detik [14]. Jarak dari lokasi pemantauan ke lokasi peledakan getaran tanah pada jarak 156,6-567,39 meter dengan geometri peledakan secara umum pada saat penelitian di lapangan adalah diameter lubang bor (d) 3,5 inch, burden (B) 3,5 meter, spasi (S) 4 meter, kedalaman lubang ledak 6 meter dan tinggi kolom isian bahan peledak 3 meter dengan berat isian bahan peledak per lubang 22,41 kg menunjukkan getaran tanah (*ground vibration*) yang bervariasi.

Tingkat getaran tanah (*ground vibratizon*) yang terjadi sebagai dampak dari kegiatan peledakan menggunakan *emulsion* adalah 80% menghasilkan PVS ≤ 3 m/s dimana memenuhi ambang batas yang telah ditetapkan.

Hasil getaran tanah ini dipengaruhi oleh berbagai faktor di antaranya tingkat akurasi dan ketelitian dari alat ukur getaran tanah yang digunakan (*micromate<sup>III</sup>* dan *blastmate<sup>III</sup>*) dan kondisi dari keadaan geologi dari penelitian. Rincian presentase tingkat getaran tanah yang

dihasilkan dengan berbagai *range* nilai PVS disajikan pada Gambar 2.

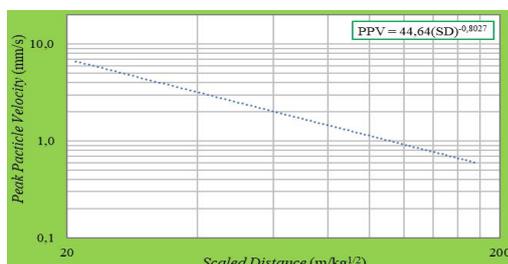


**Gambar 2.** Persentase *Peak Vector Sum* (PVS) menggunakan *emulsion*

Saat ini, area penambangan di Tambang Baturaja I semakin menyempit. Sehingga perlu dilakukan perluasan atau pelebaran ke arah pemukiman masyarakat agar cadangan tertambang batu kapur menjadi bertambah. Jarak antara pemukiman masyarakat dengan pit limit penambangan  $\pm 100$  meter. Analisis *scaled distance* penting dilakukan untuk memperoleh konstanta *site* spesifik yaitu  $k$  dan  $n$  yang akan digunakan untuk *peak vector sum prediction* (PVS) yang ditimbulkan akibat kegiatan peledakan.

Bangunan yang berpondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, dan termasuk bangunan dengan pondasi kayu dan lantainya diberi adukan semen termasuk dalam kelas 2 menurut SNI 7571:2010 dengan PVS senilai 3 mm/s untuk tingkat getaran tanah yang diizinkan. Oleh karena itu, analisis getaran tanah menggunakan bahan peledak *Emulsion* pada jarak  $< 100$  meter penting dilakukan, sehingga diperoleh rekomendasi jumlah bahan peledak per *delay* yang digunakan agar memenuhi “ambang” batas terhadap getaran tanah yang dihasilkan sesuai SNI 7571:2010.

Korelasi antara *scaled distance* terhadap PPV yang dianalisis menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Semakin besar nilai *scaled distance* maka nilai PPV semakin kecil dan sebaliknya semakin kecil nilai *scaled distance* maka semakin besar nilai PPV. Hubungan antara *scaled distance* terhadap PPV ditampilkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Korelasi *Scaled Distance* terhadap PPV

Pengolahan dan analisis data yang telah memperoleh nilai untuk konstanta  $k$  dan  $n$  senilai 44,64 dan -0,8027. Setelah diketahui nilai konstanta  $k$  dan  $n$ , maka dapat dilakukan prediksi terhadap *peak particle velocity* (PPV<sub>pred</sub>) yang ditimbulkan pada jarak  $\pm 100$  meter dari pemukiman masyarakat. Besarnya *peak particle velocity prediction* (PPV<sub>pred</sub>) ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** *Peak Particle Velocity Prediction* (PPV<sub>pred</sub>)

No	W (kg/delay)	D (m)	SD(m/kg <sup>0.5</sup> )	K	n	PPV <sub>pred</sub> (mm/s)
1	7	100	37,80	44,64	-0,8027	2,42
2	9	100	33,33	44,64	-0,8027	2,68
3	11	100	30,15	44,64	-0,8027	2,90
4	13	100	27,74	44,64	-0,8027	3,10
5	15	100	25,82	44,64	-0,8027	3,28
6	17	100	24,25	44,64	-0,8027	3,45
7	19	100	22,94	44,64	-0,8027	3,61
8	21	100	21,82	44,64	-0,8027	3,76
9	23	100	20,85	44,64	-0,8027	3,90
10	26	100	19,61	44,64	-0,8027	4,09

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat hubungan antara banyaknya bahan peledak *Emulsion* yang digunakan terhadap *peak particle velocity* (PPV) memiliki korelasi positif. Semakin banyak *Emulsion* yang digunakan semakin besar pula PPV yang dihasilkan.

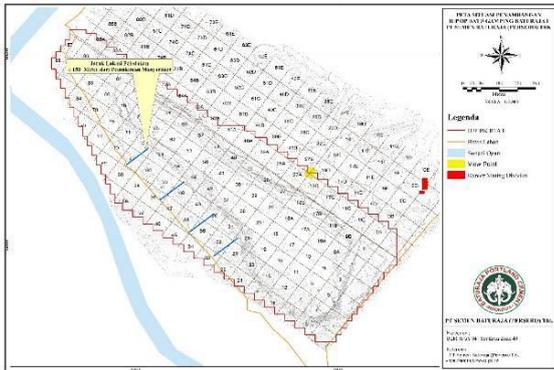
Berdasarkan ambang batas yang ditetapkan oleh SNI 7571:2010, maka banyaknya isian *Emulsion* per *delay* yang diizinkan adalah 11 kg dengan prediksi PPV senilai 2,9 mm/s dengan geometri yang digunakan adalah diameter lubang bor (d) 3,5 inch, burden (B) 3,5 meter, spasi (S) 4 meter, dan kedalaman lubang ledak 3 meter

Hal ini dimaksudkan agar tidak memberikan efek yang berbahaya terhadap masyarakat dan perusahaan dalam melakukan kegiatan peledakan memenuhi standar serta aturan yang berlaku. Oleh karena itu, pihak perusahaan harus melakukan kontrol terhadap banyaknya isian bahan peledak *Emulsion* yang digunakan, yaitu tidak lebih dari 11 kg/delay, sehingga PPV yang diperoleh tidak lebih dari ambang batas yang ditetapkan serta dapat meminimalisir potensi kerusakan bangunan milik warga di sekitar lokasi penambangan.

Selain itu, perusahaan harus dengan teliti mendesain *delay* peledakan yang akan digunakan. Hal ini dilakukan supaya tidak terdapat lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

Kegiatan peledakan yang dilaksanakan oleh SMBR saat ini berada pada jarak  $\pm 150$  meter dari pemukiman seperti terlihat pada Gambar 4. Kebutuhan akan batu

kapur yang meningkat menyebabkan perlunya perluasan area di bagian selatan pit agar cadangan yang dapat diambil meningkat.



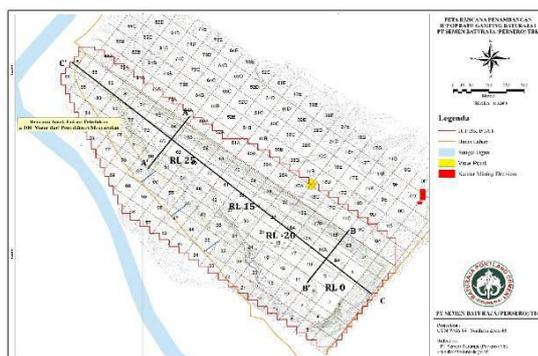
Gambar 4. Peta jarak lokasi peledakan

Berdasarkan kadar  $RCO_3$ , cadangan batu kapur yang digunakan dibagi menjadi 3 kelas yaitu *low grade* (71-81%), *medium grade* (81-83%) dan *high grade* (>83%). Cadangan tertambang yang dapat diambil berdasarkan desain pit 150 meter dari pemukiman masyarakat berdasarkan peta topografi November Tahun 2019 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Cadangan tertambang pada jarak 150 Meter

Material	Volume (BCM)	Tonase (Ton)
<i>Low Grade</i>	1.059.820	2.437.586
<i>Medium Grade</i>	946.449	2.176.832
<i>High Grade</i>	2.085.531	4.796.722
Total Batu Kapur	4.091.800	9.411.139

Cadangan tertambang batu kapur yang dapat diambil yaitu sebesar 9.411.139 ton dengan rincian *low grade* 2.437.586 ton, *medium grade* 2.176.832 ton, dan *high grade* 4.796.722 ton. SMBR berencana melakukan kegiatan pembongkaran batu kapur dengan cara peledakan pada jarak  $\pm 100$  meter dari pemukiman seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta rencana jarak lokasi peledakan

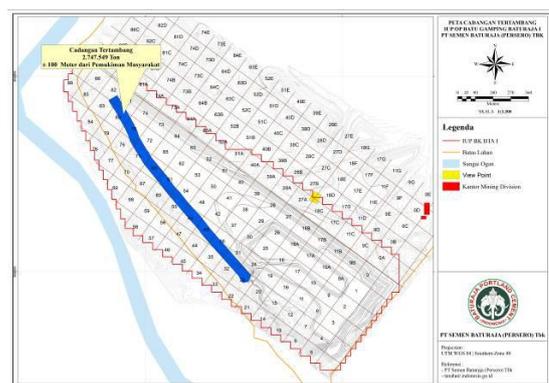
Cadangan tertambang berdasarkan desain pit  $\pm 100$  meter dari pemukiman masyarakat yang dapat diperoleh berdasarkan peta topografi November Tahun 2019 disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Cadangan tertambang pada jarak 100 Meter

Material	Volume (BCM)	Tonase (Ton)
<i>Low Grade</i>	1.365.100	3.139.730
<i>Medium Grade</i>	1.293.554	2.975.174
<i>High Grade</i>	2.627.733	6.043.785
Total Batu Kapur	5.286.386	12.158.688

Cadangan tertambang batu kapur yang dapat diambil yaitu sejumlah 12.158.688 ton dengan rincian *low grade* 3.139.730 ton, *medium grade* 2.975.174 ton, dan *high grade* 6.043.785 ton.

Berdasarkan analisis di atas diperoleh bahwa terdapat selisih cadangan tertambang yang diperoleh dengan desain jarak 100 meter dan 150 meter dari pemukiman masyarakat sejumlah 2.747.549 ton. Cadangan yang dapat diambil berdasarkan analisis getaran tanah yang telah dilakukan dapat diilustrasikan pada Gambar 6. Cadangan tertambang batu kapur yang dapat ditambang berdasarkan kajian jarak aman ditunjukkan dengan warna biru.



Gambar 6. Peta selisih cadangan tertambang

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa PVS yang ditimbulkan dengan penggunaan bahan peledak *Emulsion*, 80% masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan dan sisanya 20% berada di atas ambang batas. Jumlah penggunaan bahan peledak *Emulsion per delay* yang diizinkan adalah 11 kg/delay dengan  $PPV_{pred} 2,90$  mm/s, dimana berada di bawah dari ambang batas efek getaran yang ditimbulkan. Setelah dilakukan analisis getaran tanah akibat peledakan pada jarak  $\pm 100$  meter diperoleh cadangan tertambang yang dapat diperoleh sebesar 2.747.549 ton.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak manajemen SMBR atas kesempatan yang telah diberikan untuk melakukan kegiatan penelitian di lokasi Izin Usaha Pertambangan Batu Gamping SMBR. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada untuk DIPA-PNBP Universitas Sriwijaya yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Kompetitif Dosen Tahun 2019 dengan judul "Studi Komparatif Efektivitas Pembongkaran Batu Kapur Menggunakan Metode *Surface Miner* dan *Blasting* untuk Lingkungan Berkelanjutan di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk" dengan Ketua Peneliti Dr. Ir. Restu Junigah MT, IPM, dan anggota Prof. Dr. Is. H. M. Taufik Toha, DEA. dan Dr. Yuli Andriani, S.Si., M.Si., serta Hendry Irawan Manuhutu, S.T.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pujakesuma, R. S., Juniah, R. dan Handayani, H. E. (2018). Post-mining Land of Limestone Quarries for Sengon Plants in PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Indonesian of Environmental Management and Sustainability*, 12 (42): 13349-15464.
- [2] Rahmi, H. Susetyo, D., Juniah, R. (2019). Utilization Study of Void Mine For Sustainable Environment of The Limestone Mining Sector at PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Indonesian Journal of Management and Sustainability*. 3 (2): 541-59.
- [3] Koesnaryo, S. (2001). *Teori Peledakan*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara.
- [4] Maryura, R., Toha, MT., dan Sudjarmokno, D.. (2014), Kajian Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) Pada Operasi Peledakan Interburden Bc2 Tambang Batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim. *Jurnal Ilmu Teknik FT UNSRI*. 2 (1).
- [5] PT Dahana (Persero). (2012). *Dahana Bulk Emulsion Explosives*. Subang: Dahana.
- [6] Akande J.M., Aladejare A.E. , Lawal A.I. (2014). Evaluation of the Environmental Impacts of Blasting in Okorusu Fluorspar Mine, Namibia. *International Journal of Engineering and Technology*. 4 (12): 101-108.
- [7] Lubis, J. F., Toha, T., Ngudiantoro. (2017). Analysis of Blasting Effect to The Environment Around Blasting Areas of PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*. 3 (1): 27-30.
- [8] PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. (2018). *Studi Kelayakan Tambang Batu Kapur*. Palembang: SMBR.
- [9] Lubis, J. F., Toha, T., Ngudiantoro. (2018). Study of Ground Vibration Reduction Using Fault Tree Analysis Method on Blasting Activity in PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Sriwijaya Journal of Environment*. 3(1) , 27-30.
- [10] Pemerintah Indonesia. (2018). Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827K/230/MEM/204185 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. *Lembaran Negara RI 2018*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- [11] Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 7571:2010 Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- [12] Juniah, R., Didik, S., dan Rahmi, H (2019). Technical Review Of Land Usage Of Former Limestone Mine For Rubber Plantation In PT Semen Baturaja Tbk For Sustainable Mining Environment. *ICASMI 2018. IOP<sup>+</sup> Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1338 012024*. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1338/1/01202.
- [13] Cahyadi, R., Toha, T., dan Komar, S.. (2017). Analisis Korelasi Scaled Distance terhadap Getaran Tanah pada Operasi Peledakan Batu Kapur PT Semen Baturaja (Persero). *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 8(2), 26-38.
- [14] Dowding, Charles H. (1984). *Effects of Repeated Blasting on a Wood Frame House*. USA: Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement.
- [15] Siskind, DE., Stagg, MS., Kopp, JW., dan Dowding, CH.. (1980). *Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting*. Bureau of Mines: Technical Report. US Department of the Interior.