

**OPTIMALISASI TEKNIK PELEDAKAN PADA AREA
DEKAT PEMUKIMAN DALAM RANGKA
KONSERVASI CADANGAN BATUBARA**

Rusadi Apriansyah*, Arintoko Saputro, Elfizar Diando

Divisi Mining and Support, PT. Berau Coal

**E-mail: Rusadiapriansyah@beraucoal.co.id*

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan telah terbukti dapat memberikan sumbangsih positif terhadap ekonomi area sekitar, sekaligus memberikan dampak negatif pada pemukiman/lingkungan sekitar. Salah satu dampak negatifnya yakni getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan pertambangan, terutama pada lokasi pertambangan yang berdekatan dengan area pemukiman. Pit C2 Site Sambarata Mine Operation PT. Berau Coal adalah salah satu area pertambangan yang arah penambangannya mendekati pemukiman (500-150 meter dari pemukiman), serta menerapkan metode peledakan dalam proses pemberaian batuan. Berdasarkan hasil survei fisik pemukiman mengacu pada SNI 7571: 2010 tentang standar baku mutu terhadap tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang, diketahui kelas bangunan berada pada kelas 2 yang berarti getaran tanah maksimal yang diperbolehkan dari kegiatan peledakan $\leq 3,0$ mm/s. Namun getaran tanah dari kegiatan peledakan pada jarak 500-150 meter dari lokasi peledakan lebih dari 3,0 mm/s. Selain itu, apabila mengacu pada KEPMEN No.1827/K/30/MEM/2018 Hal 79 sub point 9 tentang pengupasan tanah penutup mempersyaratkan adanya kajian teknis jika kegiatan peledakan dilakukan pada jarak kurang dari 500 meter dari manusia. Berdasarkan pemaparan diatas, maka dilakukan optimalisasi teknik peledakan dalam rangka mengurangi getaran tanah agar sesuai dengan nilai ambang batas SNI 7571: 2010 ($\leq 3,0$ mm/s) dan pemenuhan terhadap regulasi KEPMEN No.1827/K/30/MEM/2018 sehingga kegiatan peledakan dan pertambangan dapat dilakukan dalam rangka konservasi cadangan batubara pada area penambangan yang berjarak 150-500 meter dari pemukiman. Adapun optimalisasi teknik peledakan yang dilakukan yakni pengaturan isian bahan peledak, kustomisasi delay/rangkaian peledakan, penggunaan air deck, dan substitusi material stemming menggunakan batu pecah (gravel). Optimalisasi tersebut terbukti dapat menghasilkan getaran tanah yang berada dibawah nilai ambang batas (PVS $\leq 3,0$ mm/s) sesuai SNI 7571 : 2010 pada radius 500-150 meter dari pemukiman sehingga kegiatan penambangan/peledakan dapat tetap dilakukan dan cadangan batubara sebesar 660.580 ton dapat dikonservasi.

Kata Kunci : Peledakan, Getaran peledakan, Pemukiman,

ABSTRACT

Mining activities have been proven to be able to make a positive contribution to the economy of the surrounding area, as well as to have a negative impact on community. One of the negative impacts is ground vibrations resulting from blasting activities, especially at mining locations near from community. Pit C2 Site Sambarata Mine Operation PT. Berau Coal is one of the mining areas where the mining direction is close to communtiy (500-150 meters from community), and applies the blasting method in the rock scattering process. Based on the results of the physical survey of the settlement referring to SNI 7571: 2010 concerning the quality standards for blasting vibration levels in mining activities, it is known that the building class is in class 2 which means the maximum permissible ground vibration from blasting activities is 3.0 mm/s. However, ground vibration from blasting activities at a distance of 500-150 meters from the blasting location is more than 3.0 mm/s. In addition, when referring to KEPMEN No.1827/K/30/MEM/2018 Page 79 sub point 9 concerning stripping of overburden requires a technical study if the blasting activity less than 500 meters from community/humans. Based on the above explanation, the blasting technique was optimized in order to reduce ground vibration to match the threshold value of SNI 7571: 2010 (≤ 3.0 mm/s) and comply

with the *KEPMEN regulation No. 1827/K/30/MEM/2018* so that *Blasting and mining activities can be carried out in the context of conserving coal reserves in mining areas that are 150-500 meters away from community. The optimization of the blasting technique carried out is setting the explosive charge, customization of the delay/detonation sequence, the use of air decks, and substitution of stemming material using crushed stone (gravel). This optimization is proven to produce ground vibrations that are below the threshold value (PVS 3.0 mm/s) according to SNI 7571: 2010 at a radius of 500-150 meters from community blasting activities can still be carried out and coal reserves of 660,580 tons can be conserved.*

Keywords: Blasting, Vibration, Community,

A. PENDAHULUAN

Kegiatan Peledakan sangat erat kaitannya dengan efek peledakan itu sendiri seperti getaran peledakan, Pit C2 Sambarata Mine Operation merupakan salah satu area penambangan PT. Berau Coal yang arah penambangannya mendekati pemukiman dengan jarak terdekat mencapai 150 meter dari boundary pit. SNI 7571 : 2010 telah mengatur terkait nilai maksimum getaran peledakan terutama nilai batasan getaran peledakan terhadap bangunan sekitar, oleh karena itu dilakukan survey terhadap kualitas/kelas bangunan pada area sekitar area penambangan Pit C2. Berdasarkan hasil survey kualitas bangunan tersebut, diketahui bahwa kelas bangunan berada pada kelas 2 (Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen), sehingga batasan maksimal getaran yang dihasilkan dari kegiatan peledakan hanya sebesar 3,0 mm/s.



Gambar 1. Contoh Bangunan pada Area Sekitar Lokasi Penambangan/Peledakan

Tabel 1. Kelas dan Jenis Bangunan serta Peak Vector Sum dalam SNI 7571 : 2010

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vector Sum (mm/detik)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang benda cagar budaya (UU 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 baja	12-40

Dalam berbagai studi lapangan, telah sepakati bahwa terdapat dampak yang signifikan dari total berat

bahan peledak diledakkan dalam satu frekuensi/delay ledakan pada besarnya getaran ledakan yang dihasilkan pada jarak terdekat yang perlu diukur sebagai prediksi getaran berdasarkan berat bahan peledak maksimum per delay untuk berbagai jarak (Agrawal dan Mishra 2018c). Persamaan untuk memprediksi getaran tanah akibat ledakan yang paling banyak diterima/digunakan adalah persamaan square root scale distance yang dikembangkan oleh Biro Pertambangan Amerika Serikat (USBM) (Duvall dan Petkof 1959). Dengan persamaan berikut :

$$PPV = K \times \left(\frac{D}{\sqrt{Q_{max}}} \right)^n \quad (1)$$

Pada persamaan di atas menunjukkan bahwa PPV adalah kecepatan partikel puncak (mm/s), K dan n adalah konstanta situs, D adalah jarak dari lokasi peledakan ke titik pengukuran (meter), dan Qmax adalah berat bahan peledak maksimum per delay (Kg). Jika tetap menerapkan metode peledakan yang digunakan saat ini dengan menggunakan parameter teknis yang ada dan nilai konstanta batuan yang didapatkan dari analisis *signature hole* (K = 968, n = 1,5, Qmax = 60 kg, D = 150 meter), maka getaran peledakan yang dihasilkan akan mencapai 11,36 mm/s (jarak 150 meter) mengacu pada persamaan di atas. Sehingga dianggap perlu untuk dilakukan rekayasa teknis peledakan agar nilai getaran tanah yang dihasilkan masih sesuai dengan nilai ambang batas yang ditetapkan pada SNI 75711 : 2010 ($\leq 3,0$ mm/s), sehingga dapat dilakukan konservasi cadangan batubara sebesar 660.580 ton pada area tersebut. Selain itu, jika mengacu pada KEPMEN No. 1827/K/30/MEM/2018 Hal 79 Sub Point. ix tentang pengupasan tanah penutup yang mewajibkan melakukan/membuat kajian teknis jika peledakan akan dilakukan pada jarak kurang dari 500 meter terhadap manusia. Maka dirasa perlu untuk dilakukan optimalisasi kegiatan peledakan sebagai salah satu landasan kajian terknis tersebut.

B. METODOLOGI PENELITIAN

B.1. Metode Pengambilan Data

Sebelum melakukan pengumpulan data terlebih dahulu dilakukan studi literatur untuk mencari bahan-bahan pustaka yang bisa jadi rujukan dalam melakukan pengumpulan data-data dan metode yang relevan. Selanjutnya dilakukan pengambilan data, baik secara primer maupun sekunder. Adapun data-data yang dibutuhkan adalah:

- a. Data Karakteristik batuan
Pengumpulan data tahap awal terkait data karakteristik batuan pada area penelitian yang berupa densitas, jenis batuan, compressive strength, kohesi, dan stratigrafi. Data tersebut didapatkan secara langsung dari hasil kegiatan pengeboran dan pengujian laboratorium.
- b. Data Bahan Peledak
Data bahan peledak menggambarkan tentang sifat kekuatan dan karakter bahan peledak yang digunakan. Beberapa data yang diperlukan terkait karakter bahan peledak itu sendiri contohnya data velocity of detonation (VOD) dan data spesifikasi teknis bahan peledak itu sendiri.
- c. Data Peta dan Fisik Bangunan
Data peta lokasi penelitian diperlukan sebagai referensi gambaran situasi serta acuan jarak terhadap area kritis pada lokasi penelitian. Sedangkan untuk data fisik bangunan digunakan sebagai data assessment awal terkait nilai maksimum getaran tanah merujuk pada SNI 7571 : 2010
- d. Data getaran peledakan
Data getaran peledakan diperlukan sebagai data validasi terhadap hasil optimalisasi getaran peledakan, data ini diambil dari titik pengukuran yang berada pada daerah pemukiman. Data getaran peledakan diambil menggunakan alat micromate InstanTel serta diolah menggunakan software Blastware 10.74.

B.2. Optimalisasi Teknik Peledakan

Dalam rangka menurunkan nilai getaran tanah dari kegiatan peledakan, maka dilakukan beberapa optimalisasi teknik peledakan, adapun optimalisasi teknik peledakan yang dilakukan yakni :

a. Analisa Signature Hole

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa terdapat dua hal yang sangat signifikan berpengaruh terhadap getaran tanah yakni isian bahan peledak dan jarak lokasi peledakan terhadap titik pengukuran, selain itu faktor batuan juga berperan penting dalam menghasilkan getaran tanah dalam kegiatan peledakan. Oleh karena itu perlu diketahui Nilai Konstanta Batuan Site (K dan n) dari lokasi yang akan dilakukan penelitian yang diketahui melalui analisa *signature hole* untuk menentukan isian bahan peledak maximum.

Gelombang ledakan pada analisa *Signature hole* direkam di berbagai lokasi pengukuran untuk masing-masing serangkaian percobaan menunjukkan bahwa total berat bahan peledak yang diledakkan berbanding lurus dengan tingkat getaran yang dihasilkan pada jarak yang sama. (Murari, Arvind, Hemant, Pradeep : 2020). Berdasarkan persamaan analisis getaran tanah yang dikemukakan oleh Duvall dan Petkof, USBM : 1959 (Persamaan 1) yang dikombinasikan dengan nilai K dan n site (K = 968, n = 1,5), maka isian bahan peledak maksimum akan dibuat/dibagi berdasarkan jarak/zonasi area peledakan terhadap pemukiman. Sehingga didapatkan pembagian jarak/zonasi isian sebagai berikut :

Tabel 2. Isian Bahan Peledak Berdasarkan Radius dari Hasil Analisis *Signature Hole*

Jarak (m)	Radius (m)	Isian (kg)	K	n	Analisis PPV (mm/s)	Standar PPV	Deviasi
400	500-400	60	968	1,5	2,61	3,00	0,39
300	400-300	35	968	1,5	2,68	3,00	0,32
200	300-200	15	968	1,5	2,61	3,00	0,39
150	200-150	10	968	1,5	2,96	3,00	0,04

b. Air deck

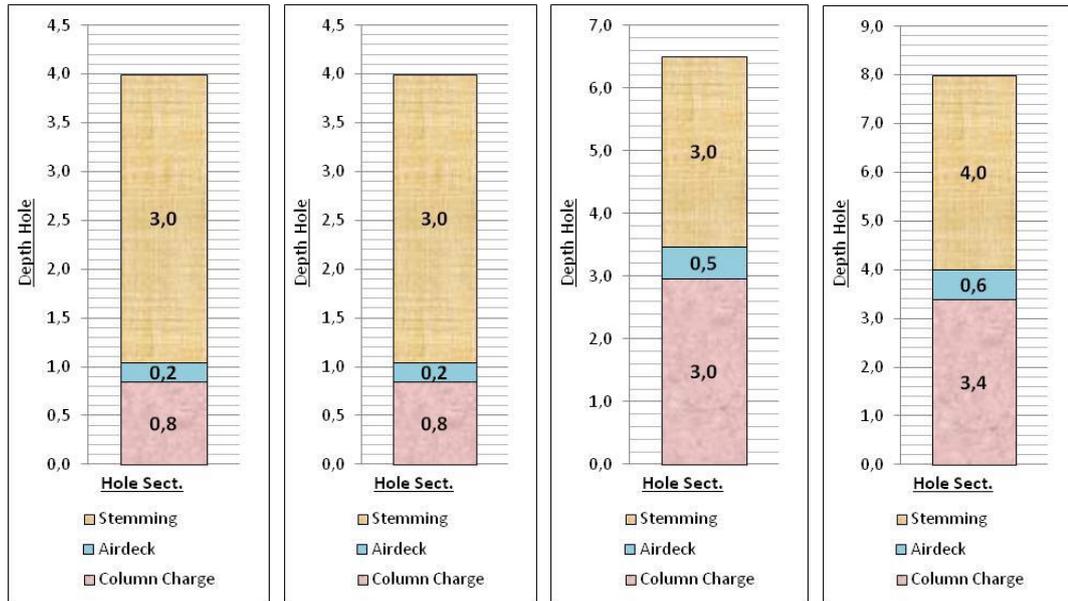
Kolom *air deck* sendiri merupakan kolom yang berisi ruang udara dalam lubang ledak. Pengaruh kebutuhan sehingga kebutuhan bahan peledak dapat dikurangi tanpa merubah performa dari peledakan itu sendiri. Pengurangan bahan peledak maksimal dalam peledakan airdeck yaitu sebesar 20%, dengan begitu penggunaan metode airdeck terhadap panjang kolom isian (PC) akan semakin kecil dikarenakan bahan peledak yang digunakan berkurang sekitar 20% (Mardinatul Arbi dkk. 2019). Telah banyak jurnal yang memaparkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara getaran dan berat total bahan peledak yang diledakkan per delay dalam jarak yang sama (Garai et al. 2018b, Singhetal. 1994, Singh 1998). Penggunaan *air deck* pada kasus ini selain digunakan untuk mengoptimalkan energi bahan peledak, *air deck* juga digunakan sebagai upaya untuk mengurangi efek getaran tanah sebagai efek dari pengurangan/pembatasan isian bahan peledak.



Gambar 2. *Air deck*

Berikut rencana desain isian bahan peledak dan *airdeck* yang akan digunakan pada setiap

jarak/radius yang telah disesuaikan dengan maksimal isian bahan peledak berdasarkan analisis *signature hole*:

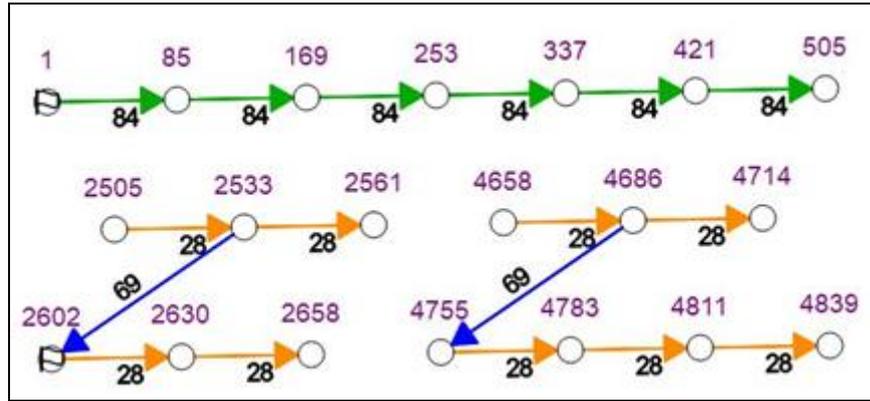


Gambar 3. Desain Geometri Peledakan menggunakan *Air deck* pada radius 150-200, 200-300, 300-400, 400-500 meter (berurut dari kiri ke kanan)

c. Detonator Elektronik

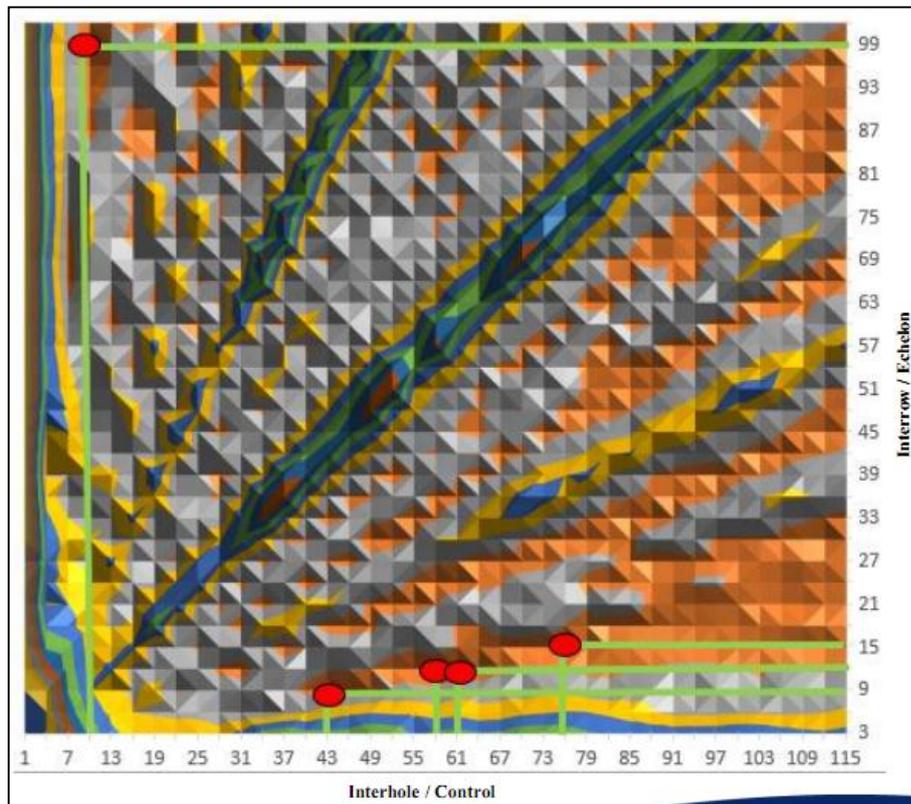
Getaran yang dihasilkan dari single hole delay dengan peledakan multi hole delay dengan isian yang sama akan mengasilkan efek peledakan yang berbeda secara signifikan (Agrawal dan Mishra 2018b, 2019, Garai dkk. 2018a). Pada sudut pandang yang lain, pengaturan waktu tunda yang sesuai dengan waktu rambatan getaran akan secara signifikan mengurangi vibrasi tanpa mempengaruhi fragmentasi hasil peledakan (Singh dkk. 2019). Detonator elektronik mempunyai papan sirkuit elektronik yang dapat diprogram sehingga waktu tunda akan menjadi presisi karena diatur lewat mekanisme komputerisasi. Akurasi waktu tunda ini akan membantu mendapatkan hasil peledakan yang lebih terkontrol. Berbeda dengan detonator nonel yang waktu tundanya telah ditentukan pada saat pembuatan, setiap unit detonator elektronik dapat diprogram waktu tundanya sesuai dengan yang diinginkan pengguna. Waktu tunda juga dapat diberikan lebih dahulu ke detonator, bahkan beberapa hari sebelum peledakan, sehingga menyediakan fleksibilitas kepada pengguna. Dengan fleksibilitas yang ada serta keakurasian yang tinggi dari waktu tunda, efek peledakan terhadap lingkungan lebih terkontrol seperti getaran peledakan, bentuk dan pergerakan dari hasil peledakan, stabilitas lereng dampak dari peledakan, dan juga ukuran fragmentasi yang diinginkan. (Aris dan Radja : 2019).

Pengaplikasian EDD yang rencananya akan diterapkan pada pada area Pit C2 SMO-BC dikombinasikan dengan metode rangkaian *buffer zone*, metode ini membagi lubang ledak dalam beberapa segmen dan melakukan peledakan pada segmen yang terdekat dari titik pengukuran sehingga segmen tersebut berfungsi sebagai bidang penahan/release zone vibrasi peledakan.



Gambar 4. Desain Peledakan Elektronik dengan Kombinasi *Buffer Zone*

Selain itu, dari hasil analisis *signature hole* dapat diketahui kombinasi waktu tunda yang paling optimum, sehingga jika dikombinasikan dengan waktu tunda detonator elektronik yang dapat dikustomisasi maka akan didapatkan getaran tanah yang paling optimum sesuai dengan karakteristik batuan sekitar.



Gambar 5. Histogram Optimasi Kombinasi Waktu Tunda

d. Gravel Stemming

Stemming yakni menyimpan material di atas bahan peledak dalam lubang ledakan (NPS, 1999; de Graaf, 2013). *Stemming* biasanya menggunakan yang berasal dari material hasil pengeboran, kerikil, atau pasir. Stemming dapat mengefisienkan penggunaan energi yang digunakan untuk pemecahan batu dan menahan keluarnya gas berbahaya ketika bahan peledak diledakkan (Boshoff dan Webber-Youngman, 2011). *stemming ejection* dari bahan peledak utama mengakibatkan hilangnya energi ledakan dan pelepasan yang cepat dari gas ke atmosfer. Hal ini menyebabkan ledakan udara, gelombang kejut yang dihasilkan dari peledakan yang biasanya disertai dengan *flyrock* (de Graaf, 2013). *Stemming* yang buruk juga berkontribusi pada fragmentasi yang buruk, *overbreak*, *flyrock*, *Airblast* dan getaran tanah yang mempengaruhi lingkungan sekitar (Sereme et al., 2019).

Material Stemming harus memiliki kekuatan geser yang tinggi dan kepadatan untuk meningkatkan efektivitas ledakan (BME, 2018). Menurut Lusk dan Worsley (2013), Penetapan diameter stemming menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Stemming Material Size} = \frac{1}{8} \times D \quad (2)$$

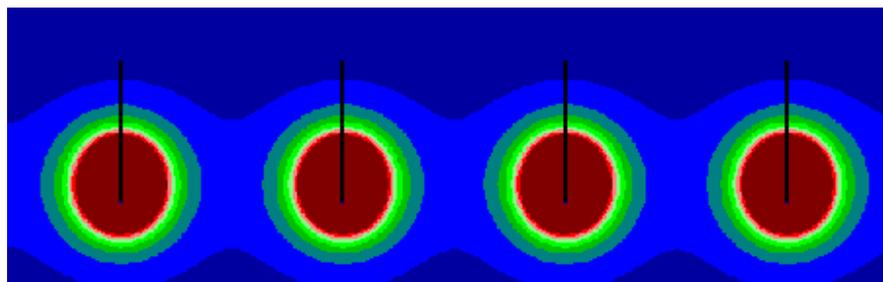
Material hasil pengeboran dapat digunakan baik dalam kondisi basah atau kering, tetapi dalam kondisi basah material ini menjadi kurang efektif daripada pada saat kondisi kering karena berkurangnya kemampuan *interlocking* kemampuan (BME, 2018). Batu hancur (*Gravel*) adalah material stemming yang paling efektif karena sifat *interlocking*nya dan dapat diproduksi ke dalam ukuran yang diinginkan (de Graaf, 2013). Material *gravel* yang rencananya akan digunakan pada area peledakan dapat dilihat gambar berikut :



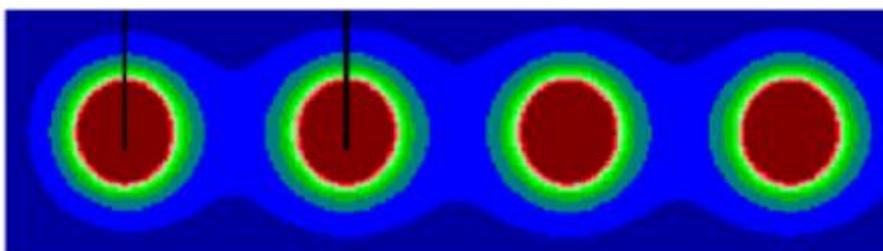
Gambar 6. *Gravel* Dengan Ukuran Butir 1/8 Diameter Lubang Ledak

e. Analisis Distribusi Energi

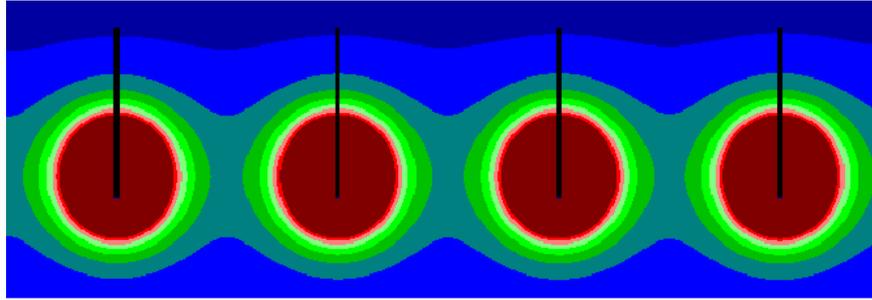
Setelah dilakukan analisis konfigurasi geometri peledakan, isian optimum bahan peledak, dan prediksi getaran tanah, maka selanjutnya dilakukan analisis distribusi energi untuk memastikan kekuatan bahan peledak mampu memberai batuan. Analisis dilakukan menggunakan *software* Viewshot 3D.



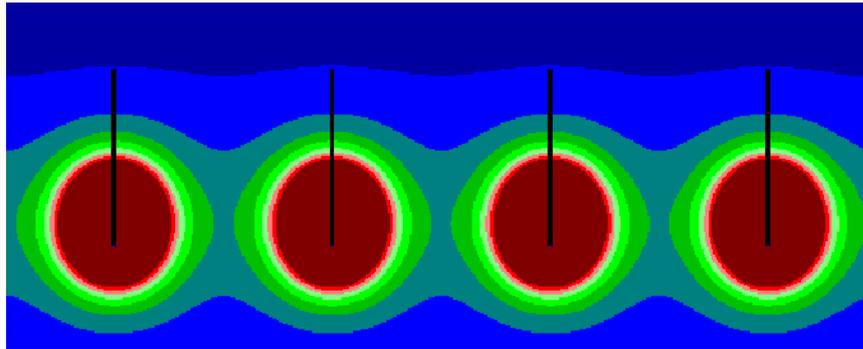
Gambar 7. Hasil Analisis Distribusi Energi pada Konfigurasi Peledakan Radius 150-200 m



Gambar 8. Hasil Analisis Distribusi Energi pada Konfigurasi Peledakan Radius 200-300 m



Gambar 9. Hasil Analisis Distribusi Energi pada Konfigurasi Peledakan Radius 300-400 m

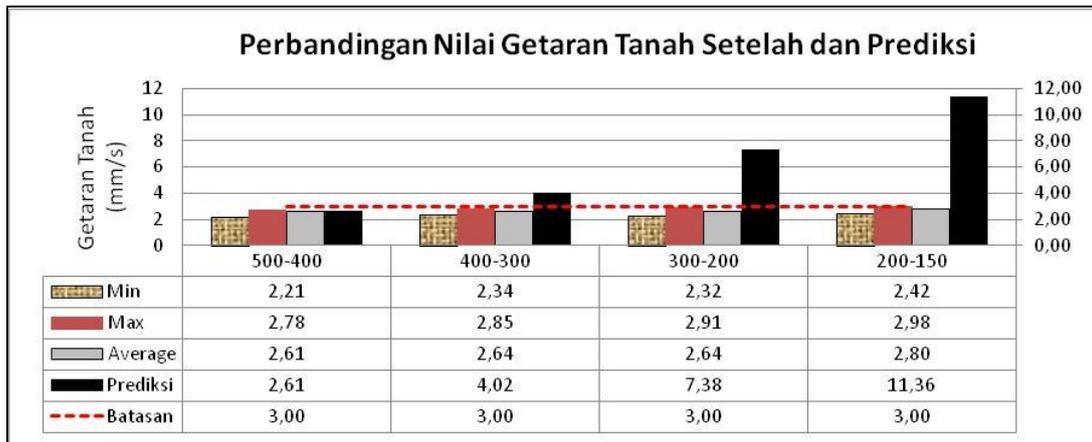


Gambar 10. Hasil Analisis Distribusi Energi pada Konfigurasi Peledakan Radius 400-500 m

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

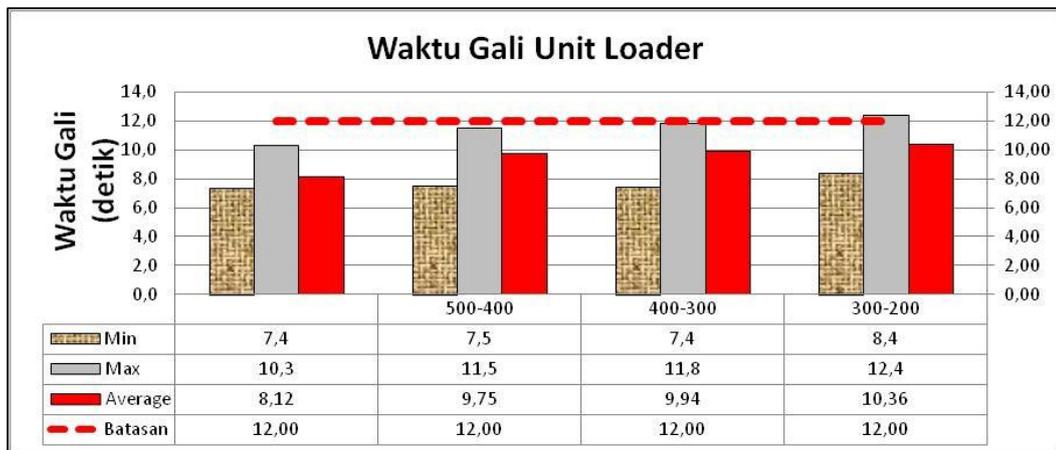
Isian bahan peledak perdelay merupakan sumbangsih terbesar dalam menghasilkan vibrasi peledakan terutama pada lokasi peledakan yang berdekatan dengan pemukiman. Terdapat hubungan linear antara vibrasi peledakan dan isian bahan peledak (Mishra A.K et. Al : 2020). Geometri yang sesuai dengan UCS batuan akan mempengaruhi optimalisasi dan efisiensi bahan peledak baik dari segi blastilabitly maupun secara cost (Goshtashbi K dan Dehkharghani A.A : 2020) oleh karena diperlukan optimalisasi penggunaan energi bahan peledak sebab akan dilakukan pengurangan bahan peledak dalam rangka mengurangi efek vibrasi terhadap pemukiman. Selain itu diperlukan juga beberapa upaya dalam optimalisasi energi bahan peledak seperti Stemplug, Electronic Detonator, dan substitusi material stemming. Penggunaan stemplug dapat berimbas pada saving cost dan perbaikan fragmentasi material peledakan (Rehman A dan Emad M.S : 2021) Selain itu Penggunaan stemplug juga dapat mengoptimisasi energy dari bahan peledak (Arbi. M dkk : 2019). selain itu perlu dilakukan substitusi material stemming dari material cutting menjadi gravel. Stemming tidak ada hubungannya terhadap Vibrasi namun secara langsung akan berhubungan dengan Airblast dan kualitas material peledakan (Mpofu. M et. al : 2021).

Beberapa rujukan literatur diatas senada dengan hasil penelitian kali ini, dimana terjadi penurunan nilai getaran tanah akibat upaya optimalisasi teknis peledakan yang dilakukan. Mulai dari analisis/optimalisasi isian bahan peledak, pengaturan waktu tunda sesuai karakter pengantaran gelombang pada batuan, rekayasa rangkaian peledakan, penggunaan *airdeck*, hingga substitusi material *stemming*. Penurunan nilai getaran tanah dari kegiatan optimalisasi teknik peledakan, dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai Getaran Tanah Setelah Optimalisasi dan Prediksi

Terlihat bahwa dengan menerapkan beberapa optimalisasi teknis, nilai getaran tanah berhasil dilakukan perbaikan/diturunkan dari sebelumnya (berdasarkan analisis/prediksi). Adapun deviasi terbesar antara nilai aktual dan prediksi terjadi pada area peledakan dengan zona/jarak 200-150 meter (jarak terdekat), indikasi awal dikarenakan adanya faktor elastisitas batuan lapisan atas serta posisi elevasi lokasi peledakan yang secara langsung berperan terhadap daya hantar yang baik pada bidang permukaan batuan. Deviasi nilai getaran terkecil berada pada area peledakan dengan zonasi/jarak terjauh, hal tersebut disebabkan oleh adanya faktor beda elevasi yang sangat jauh antara lokasi peledakan dengan titik pengukuran getaran/pemukiman, hal ini lah yang meperkecil kemampuan daya rambat getaran pada perlapisan batuan. Dari segi kualitas material peledakan yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 12. Grafik Waktu Gali Unit Loader

Dari grafik waktu gali unit loader terlihat bahwa kualitas material blasting pada semua radius masih memenuhi syarat / spesifikasi, hal ini terlihat dengan digging time yang secara rata-rata masih

D. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Optimalisasi sisi teknis dapat berdampak langsung pada konservasi cadangan, terutama pada area penambangan yang berdekatan dengan pemukiman.
2. Dari hasil optimalisasi teknik peledakan, getaran tanah pada radius terdekat (200-150 meter dari pemukiman) dapat diturunkan dari 11,36 menjadi 2,98 di angka maksimal, sehingga dapat dijadikan salah satu landasan kajian teknis kegiatan peledakan pada radius < 500 meter dari manusia sesuai dengan KEPMEN No.1827/K/30/MEM/2018.

3. Isian bahan peledak dan jarak berperan besar dalam menghasilkan getaran tanah dalam kegiatan peledakan
4. Energi bahan peledak dapat dioptimalkan Dengan melakukan pengaturan delay yang sesuai terhadap karakteristik batuan, pengaplikasian *airdeck*, dan substitusi material *stemming* yang baik.
5. Kualitas material blasting dapat terjaga sesuai batasan waktu gali dengan melakukan optimalisasi kegiatan peledakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami sampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada PERHAPI karena telah menyelenggarakan TPT XXXI PERHAPI 2022. Selanjutnya ucapan terima kasih kepada jajaran Manajemen dan Karyawan PT. Berau Coal Khususnya pada area Kerja Samarata Mining Operation dan Blasting Operation yang telah membantu terlaksananya improvement ini. Tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada mitra kerja pada area Pit C2 Samarat Mining Operation PT. SIS, PT. MTN, dan PT. DnX Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbi, M. Isnaya, M.S. Mahmud. (2019): Penerapan Metode Airdeck Untuk Optimasi Dan Efisiensi Pada Kegiatan Peledakan Pertambangan Batubara, *Prosiding TPT XXVIII PERHAPI*, **Vol. 2019**
- Badan Standarisasi Nasional. (2010): SNI 7571 Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan.
- Duvall, W.I. and Fogelson, D.E. (1962): Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibrationl, *US Bureau Mines*, **46 P**.
- Goshtasbi, K. Dehkarghani, A.A. (2020): A New Technical and Economic Model to Calculate Specific Charge and Specific Drilling Using Hole Diameter, Bench Height, Uniaxial Compressive Strength, and Joint Set Orientation, *Journal of Mining and Environment*, **Vol. 2020**.
- Hermawanto, A. Putra, R. (2019): Peningkatan Kualitas Fragmentasi dan Digging Time Dengan Menggunakan Detonator Elektronik di Pit CMD PT. KPC, *Prosiding TPT XXVIII PERHAPI*, **Vol. 2019**
- Mpofu, M. Maphalala, B. (2021): The influence of stemming practice on ground vibration and air blast, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, **Vol 121**.
- Roy, M.P. Mishra, A.K. Agrawal, H. Singh, P.K (2020): Blast Vibration Dependence on Total Explosives Weight in Open-Pit Blasting, *Arabian Journal of Geosciences*, **Vol 13**.
- Rehman, A.U. Emad, M.Z. (2021): Improving the environmental and economic aspects of blasting in surfacemining by using stemming plugs, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, **Vol 121**.