

Analisis Pengaruh Isian Bahan Peledak Terhadap Tingkat Getaran Tanah (*Ground Vibration*) pada Kegiatan Peledakan di PT. Bukit Baiduri Energi Kodya Samarinda Kalimantan Timur

Analysis of the Effect of Explosives Filling on Ground Vibration Levels in Blasting Activities at PT. Bukit Baiduri Energi, Samarinda City, East Kalimantan

Woro Sundari¹, Steven Ferbyan Smaut Kapitan², Ika F.Krisnasiwi³,
Matilda Metboki⁴

Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Nusa Cendana^{1,2,3,4}
worosundari@gmail.com

Abstrak

Aktivitas peledakan pada kegiatan penambangan selalu menimbulkan kerusakan di sekitar dari lokasi peledakan, salah satunya adalah getaran tanah. Salah satu faktor yang menyebabkan tingkat getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan adalah jumlah isian bahan peledak. Jumlah isian bahan peledak yang digunakan jika tidak sesuai prosedur standar yang ditetapkan oleh pihak perusahaan akan mengakibatkan getaran tanah yang dapat merusak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh isian bahan peledak terhadap tingkat getaran tanah (*ground vibration*) pada kegiatan peledakan di PT. Bukit Baiduri Energi Kodya Samarinda, Kalimantan Timur. Analisis regresi linear dilakukan untuk menentukan nilai konstanta (k) dan nilai eksponen (e) yang selanjutnya akan dikakukan rekomendasi isian yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh pihak perusahaan yaitu maksimal 2 mm/s. Dari hasil analisis yang dilakukan didapatkan nilai k dan nilai (e), maka nilai PPV (*Peak Particle Velocity*) prediksi nantinya akan dibandingkan dengan nilai PPV secara aktual di lapangan. Dari hasil perbandingan data disimpulkan bahwa hasil nilai PPV yang diambil secara aktual berada dibawah standar dari pihak perusahaan yakni 2 mm/s. Oleh karena itu, kegiatan peledakan di daerah tersebut dikatakan aman berdasarkan standar (SNI 7571 : 2010) dan juga standar dari pihak perusahaan. Adapun jumlah isian maksimum bahan peledak per *delay* berdasarkan hasil perhitungan yaitu : jarak 200 m isian 5,41 kg; jarak 250 m isian 8,46 kg; jarak 300 m isian 12,18 kg; jarak 350 m isian 16,58 kg; jarak 400 m isian 21,66 kg; jarak 450 m isian 27,41 kg; jarak 500 m isian 33,84 kg; jarak 550 m isian 40,95 kg; jarak 600 m isian 48,73 kg; jarak 650 m isian 57,19 kg; jarak 700 m isian 66,33 kg; jarak 750 m isian 76,15 kg; jarak 800 m isian 86,64 kg; jarak 850 m isian 97,81 kg; jarak 900 m isian 109,65 kg; jarak 950 m isian 122,17 kg; dan 1000 m isian 135,37 kg.

Kata Kunci: isian bahan peledak, getaran tanah, *peak particle velocity*, peledakan, regresi linear

Abstract

Blasting activities in mining operations often cause damage to the surrounding area, one of which is ground vibration. One factor that influences the level of ground vibration produced by blasting is the amount of explosive charges used. If the amount of explosive charge does not comply with the standard procedures set by the company, the resulting ground vibration can exceed safe limits and potentially damage the surrounding environment. This research aims to analyze the effect of explosive charges on ground vibration levels during blasting activities at PT. Bukit Baiduri Energi, Samarinda City, East Kalimantan. Linear regression analysis was conducted to determine the values of the constant (k) and the exponent (e), which will then be used to recommend the appropriate charge according to the company's standard, which is a maximum of 2 mm/s. The analysis resultsshowed that the values of k and e were 11.36 and -0.390, respectively, with a coefficient of determination (R^2) of 0.064. After obtaining the values of k and e , the predicted PPV values will be compared with the actual PPV values in the field. The comparison concluded that the actual PPV values taken were below the company's standard of 2 mm/s. Therefore, the blasting activities in the area are considered safe based on the standards (SNI 7571:2010) and the company's standards. The maximum charge per delay based on the calculations is as follows: for a distance of 200 m, the charge is 5.41 kg; for 250 m, the charge is 8.46 kg; for 300 m, the charge is 12.18 kg; for 350 m, the charge is 16.58 kg; for 400 m, the charge is 21.66 kg; for 450 m, the charge is 27.41 kg; for 500 m, the charge is 33.84 kg; for 550 m, the charge is 40.95 kg; for 600 m, the charge is 48.73 kg; for 650 m, the charge is 57.19 kg; for 700 m, the charge is 66.33 kg; for 750 m, the charge is 76.15 kg; for 800 m, the charge is 86.64 kg; for 850 m, the charge is 97.81 kg; for 900 m, the charge is 109.65 kg; for 950 m, the charge is 122.17 kg; and for 1000 m, the charge is 135.37 kg.

Keywords: explosive charge, ground vibration, peak particle velocity, detonation, linear regression

PENDAHULUAN

Kegiatan pengupasan tanah penutup baik *overburden* maupun *interburden* merupakan aktivitas yang selalu dilakukan dalam dunia pertambangan. Apabila pengupasan tanah penutup tidak bisa dibongkar dengan metode menggunakan alat mekanis maka alternatif lain yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan menggunakan metode peledakan. Kegiatan peledakan sendiri merupakan kegiatan pemecahan atau pemberaian suatu material batuan dengan menggunakan bahan peledak dimana kegiatan peledakan ini akan memberikan hasil yang optimal apabila geometri peledakan dirancang dengan baik dan benar.

Salah satu perusahaan yang bergerak di industri pertambangan adalah PT.Bukit Baiduri Energi Samarinda, merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan batubara dan memegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) dan lokasi penambangan perusahaan ini berada di Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Adapun area penambangan yang dimiliki oleh PT.Bukit Baiduri Energi meliputi daerah Samarinda dan Tenggarong (Kabupaten Kutai Kertanegara) dengan luas ± 7081 Ha. Dalam kegiatan penambangan menggunakan metode peledakan terdapat beberapa geometri peledakan yang menunjang agar mendapat hasil peledakan yang sesuai harapan. Salah satunya berupa tingkat getaran tanah (*ground vibration*). Tingkat getaran tanah akibat peledakan bervariasi tergantung pada rancangan peledakan dan juga kondisi geologi dari batuanannya. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan kerusakan disekitar lokasi peledakan. Karena itu, keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan dari kegiatan peledakan tidak bisa diabaikan. Salah satu faktor yang menyebabkan tingkat getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan adalah jumlah isian bahan peledak. Jumlah isian bahan peledak yang digunakan jika tidak sesuai dengan prosedur standar yang ditetapkan oleh pihak perusahaan maka akan mengakibatkan getaran tanah yang melebihi standar, selain itu tentu saja akan berdampak pada daerah sekitar yang menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan, kesehatan manusia, dan keamanan pada bangunan-bangunan ataupun lereng-lereng tambang disekitarnya. Dan hasil dari kegiatan peledakan tersebut akan menimbulkan rambatan seismik yang menggambarkan perjalanan suatu energi melalui bumi dan mengakibatkan getaran pada massa batuan atau material disekitarnya.

METODOLOGI

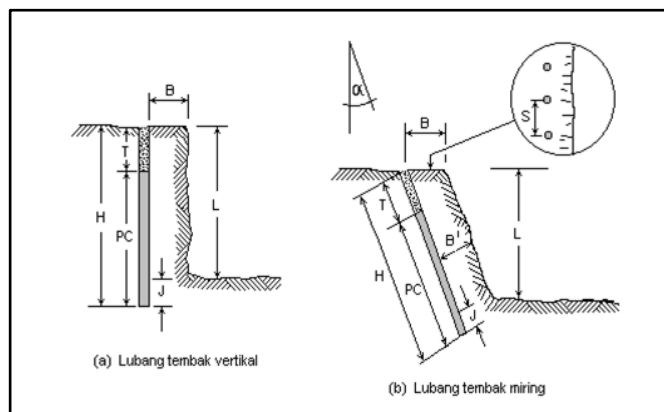
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, dalam hal ini pengumpulan dan pengolahan data berupa angka-angka. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi mengenai getaran tanah (*ground vibration*) dan pengumpulan data dilakukan langsung di lapangan dengan melihat kembali data primer yang ada dan menyiapkan literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini yaitu data sekunder.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan, yaitu observasi dan pengumpulan data langsung di lapangan berupa data geometri peledakan aktual, pola peledakan aktual, jumlah pemakaian *explosive*, dan nilai pengukuran getaran tanah (*ground vibration*) dari tempat peledakan,

Metode Analisis Data

Perhitungan geometri peledakan diperkenalkan oleh beberapa ahli diantaranya Andreson (1952), Prease (1955), R.L. Ash (1963), Langefors (1978), Konya (1972), Foldesi (1980), Olofsson (1990), dan Rustan (1990).



Gambar 1. Geometri Peledakan (Konya, 1972)

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bagian-bagian dari geometri peledakan dengan menggunakan sistem jenjang, dimana :

B	:	Burden	H	:	Tinggi jenjang
J	:	Subdrilling	L	:	Kedalaman lubang ledak
T	:	Stemming	PC	:	Powder column
S	:	Spacing	B'	:	Burden semu

Jarak *burden* yang baik adalah jarak dimana energi bisa menekan batuan secara maksimal sehingga pecahnya batuan dapa sesuai dengan fragmentasi batuan yang direncanakan dengan mengupayakan sekecil mungkin terjadinya *fly rock*. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung *burden* C.J. Konya (1972):

$$B = 3,15 \times De \times \sqrt[3]{\frac{SGe}{SGr}}$$

Dimana :

- B : *burden* (m)
- De : diameter lubang tembak (m)
- SGe : *specific gravity* bahan peledak
- SGr : *specific gravity* batuan yang diledakkan

Spacing (S) adalah jarak antara lubang tembak dalam satu baris (*row*) dan diukur sejajar terhadap *pit wall*. Apabila jarak sapsi terlalu kecil akan menyebabkan batuan hancur menjadi halus, disebabkan karena energi yang menekan terlalu kuat. Biasanya *spacing* tergantung pada *burden*, kedalaman lubang bor, letak primer, waktu tunda (*delay time*) dan arah struktur bidang batuan. Berikut persamaan untuk menghitung *spacing* Jika ledakan serentak dalam satu baris lubang ledak (*instantaneous*) / (*row by row*) :

$$H < 4B, S = \frac{H + 2B}{3}; H > 4B = 2B$$

Jika ledakan beruntun dalam tiap baris lubang ledak (*delay*)

$$H < 4B, S = \frac{H + 7B}{8}; H > 4B = 1,4B$$

Dimana :

- B : *burden* (m)

Subdrilling (J) merupakan bagian dari panjang lubang ledak yang terletak lebih rendah dari lantai jenjang. *Subdrilling* diperlukan agar batuan dapat meledak secara keseluruhan dan terbongkar tepat pada batas lantai jenjang. Berikut persamaan untuk menghitung *subdrilling* :

$$J = 0,3 \times B$$

Dimana :

- J : *subdrilling* (m)
- B : *burden* (m)

Stemming (T) adalah tempat material penutup di dalam lubang bor, yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak. *Stemming* berfungsi agar terjadi keseimbangan tekanan dalam lubang ledak dan mengurung gawsgas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal. *Stemming* yang cukup Panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkahan apabila energi ledak tidak mampu untuk menghancurkan batuan disekitar *stemming* tersebut. Sedangkan *stemming* yang cukup pendek dapat mengakibatkan tumbuhnya batuan *fly rock* dan pecahan batuan akan menjadi kecil. Berikut persamaan untuk penentuan tinggi *stemming*:

- Untuk batuan *massive*, T = B
- Untuk bantuan berlapis, T = 0,7 B

Kedalaman lubang ledak tergantung pada ketinggian *bench*, *burden*, dan arah pemboran. Kedalaman lubang tembak merupakan penjumlahan dari besarnya *stemming* dan panjang kolom isian bahan peledak. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung kedalaman lubang tembak :

Untuk lubang ledak vertikal

$$L = H + J$$

Untuk lubang ledak miring

$$L = \frac{L}{\cos \alpha} + J$$

Dimana :

- H : tinggi jenjang (m)
- L : kedalaman lubang ledak (m)
- J : *subdrilling* (m)
- α : sudut kemiringan lubang ledak terhadap bidang vertikal

Panjang kolom isian (PC) merupakan panjang lubang isian pada lubang yang akan diisi bahan peledak. tingkat material pengisi yang tidak stabil adalah kontras antara kedalaman lubang ledak dan *stemming*. Teknik peledakan Konya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$PC = H - T$$

Dimana :

- PC : panjang kolom isian (m)
- H : tinggi jenjang (m)
- T : *stemming*

Dalam menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam setiap lubang ledak maka langkah yang dilakukan terlebih dahulu adalah menentukan *loading density* (de). Adapun persamaan *loading density* sebagai berikut :

$$de = 0,508 \times De^2 \times SGe$$

Dimana :

- de : *loading density* (kg/m)
- De : diameter lubang ledak (inch)
- SGe : *specific gravity* bahan peledak

Powder factor adalah suatu bilangan yang menyatakan perbandingan antara penggunaan bahan peledak terhadap jumlah material yang diledakkan atau dibongkar dalam kg/m^3 , berdasarkan jenis batuan yang akan diledakkan. Nilai *powder factor* yang disarankan menurut Jimeno (1995) dapat dilihat pada **Tabel 1** dan dapat dihitung dengan persamaan :

$$PF = \frac{E}{V} = \frac{de \times PC \times n}{V}$$

Dimana :

- PF : *powder factor* (kg/m^3)
- E : jumlah bahan peledak yang digunakan (kg)
- V : volume batuan yang terbongkar (kg)
- de : *loading density* (kg/m)
- PC : panjang kolom isian (m)
- n : jumlah lubang ledak

Tabel 1. *Powder Factor* (Jimeno, 1995)

<i>Type of rock</i>	UCS (Mpa)	<i>Powder factor</i> (kg/m^3)
<i>Massive high strength rock</i>	50 - >100	0,6 - 1,5
<i>Medium strength rock</i>	25 - 50	0,3 - 0,6
<i>Highly fissured rock</i>	<5 - 25	0,1 - 0,3

Getaran tanah (*ground vibration*) peledakan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor yang dapat dikontrol dan faktor yang tidak dapat dikontrol. Yang dimaksud faktor yang tidak dapat dikontrol adalah faktor geologi dan geomekanik batuan. Faktor yang dapat dikontrol yaitu jumlah muatan bahan peledak perwaktu tunda, jarak lokasi peledakan, dan waktu tunda (*delay period*). Sedangkan faktor yang tidak dapat dikontrol yaitu faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusai, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara alamiah. Variabel yang tidak dapat dikontrol antara lain karakteristik massa batuan, struktur geologi dan pengaruh air.

Scale distance dipakai untuk memprediksi persamaan kecepatan partikel puncak (*peak particle velocity*) ketika jumlah muatan bahan peledak per waktu tunda dan jarak peledakan berubah-ubah atau bervariasi. Pada penelitian ini digunakan pendekatan dimana hubungannya dinyatakan dalam persamaan :

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

Dimana :

- SD : *scale distance*
 D : jarak lokasi peledakan kelokasi pengukuran
 W : berat bahan peledak per waktu tunda (kg)

Prediksi besarnya getaran tanah menurut U.S.Bureau of Mines. Penelitian yang ekstensif telah menunjukkan hubungan matematika antara tingkat vibrasi, jumlah isian bahan peledak per waktu tunda dan jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran getaran peledakan. The U.S. Bureau of Mines Bulletin 656 (Nicholas and Duvall, 1971) menetapkan ketiga hubungan tersebut sebagai berikut :

$$PPV = K x \left(\frac{D}{W}\right)^e$$

$$PPV = K x SD^e$$

Dimana :

- PPV : prediksi *peak particle velocity* (mm/s)
 D : jarak dari peledakan kelokasi pengukuran
 W : berat isian bahan peledak per *delay* (kg)
 SD : *scale distance*
 e : *slope factor exponen* atau konstanta
 K : kecepatan partikel intersep

Analisis regresi non-linear menurut Sulaiman (2004) dan Sudjana (1992), adalah suatu metode untuk mendapatkan model non-linear yang menyatakan hubungan variabel terikat (y) dan variabel bebas (x). Regresi non-linear dapat mengestimasi model hubungan variabel x dan y dalam bentuk non-linear dengan keakuratannya yang baik karena dalam mengestimasi model dipakai iterasi algoritma. Penelitian ini menggunakan regresi non-linear geometrik dikarenakan pengaruh hubungan antara SD dan PPV untuk mendapatkan nilai K dengan keakuratan yang baik.

$$b = \frac{n (\sum \log Xi \log Yi) - (\sum \log Xi) (\sum \log Yi)}{n (\sum \log^2 Xi) - (\sum \log Xi)^2}$$

$$\log a = \frac{\sum \log Yi}{n} - b \frac{\sum \log Xi}{n}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Peledakan

Geometri peledakan merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh dalam perancangan peledakan untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang diinginkan. Penentuan geometri peledakan disesuaikan dengan kondisi material yang akan diledakan. Geometri peledakan yang diterapkan pada kegiatan peledakan saat ini meliputi *burden*, *spacing*, diameter lubang, berat bahan peledak per lubang dan jumlah lubang ledak.

Tabel 2. Geometri Peledakan Aktual

No.	Parameter	Tanggal				
		11/05/2024	20/05/2024	22/05/2024	25/05/2024	29/05/2024
1.	<i>Burden</i> (B), m	5	5	5	5	5
2.	<i>Spacing</i> (S), m	6	6	5	5	5
3.	Diameter lubang (De), m	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
4.	Berat bahan peledak (We), kg/lubang	22	21,9	26,5	25,4	25,2
5.	Jumlah lubang ledak	240	280	80	200	260
6.	Kedalaman lubang ledak (L), m	5,8	5,4	6,7	6,5	5,9

Lubang ledak memiliki kedalaman yang berbeda-beda dimana hal ini dipengaruhi oleh kondisi batuan yang berada di lokasi tersebut. Oleh karena itu, apabila kondisi batuan keras maka alt bor sulit untuk menggali lebih dalam, serta, pada saat kegiatan pemboran dan mata bor sudah mendekati *expose* Batubara maka harus dihentikan pemboran karena material yang ingin diberaiakan adalah *overburden* yang menutupi *expose* batubara tersebut. Litogoli pada daerah penelitian didominasi oleh batuan pasir dan batuan lempung.

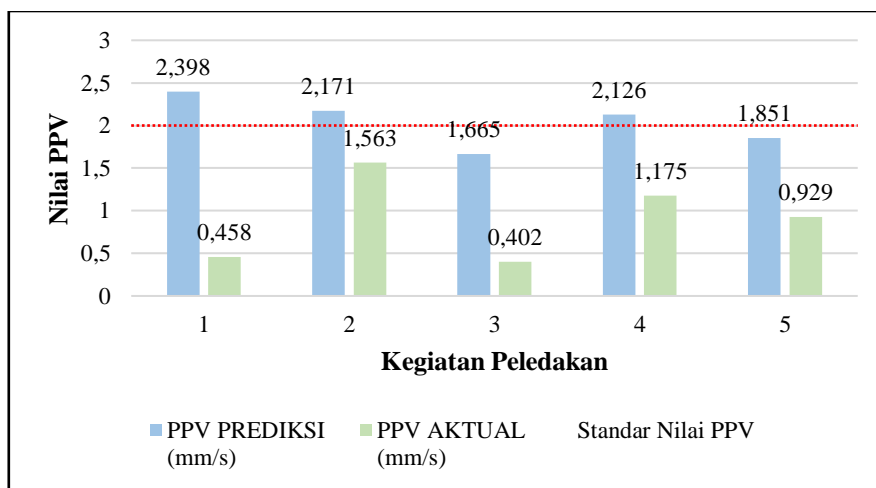
Berdasarkan kedalaman tersebut, akan mempengaruhi banyaknya bahan peledak yang akan digunakan untuk kegiatan peledakan.

Pemboran dan Peledakan

Pada pit Maratua A9 kegiatan pemboran menggunakan alat bor berjenis Furukawa HCR L100 dan juga Epiroc T50 dengan diameter bit sebesar 5 inch atau 127 mm. Kedua alat ini memiliki kinerja yang dimana jika alat bor berjenis Furukawa HCR L100 dapat menggali lubang bor hingga kedalaman 7 meter sesuai dengan kebutuhan Perusahaan, akan tetapi aktualnya lubang yang terbentuk memiliki kedalaman maksimal 6,7-6,8 m dikarenakan pada saat pemboran, *subdrilling* sisa pemboran akan berada di dalam lubang tersebut jika batang bor diangkat atau sisa hasil bor terjatuh ke dasar lubang bor. Sedangkan untuk alat bor jenis Epiroc T50 memiliki kemampuan untuk menggali lubang bor hingga kedalaman 5 meter sesuai dengan kebutuhan Perusahaan. Akan tetapi, sama seperti jenis Furukawa, pada aktualnya lubang yang terbentuk memiliki kedalaman maksimal 4,7-4,8 m dikarenakan pada saat pemboran, *subdrilling* sisa pemboran akan berada di dalam lubang tersebut jika batang bor diangkat atau sisa hasil bor terjatuh ke dasar lubang bor.

Perbandingan PPV (*Peak Particle Velocity*) Prediksi dan PPV (*Peak Particle Velocity*) Aktual

Pengukuran getaran tanah (*ground vibration*) dilakukan pada pit maratua A9 dari kegiatan peledakan yang dilakukan. Pengukuran getaran tanah dilakukan selama 5 hari dengan jarak dan jumlah lubang ledak yang bervariasi terlihat pada Tabel 3. Perbandingan antara PPV prediksi dan PPV aktual dilakukan untuk mengetahui seberapa besar selisih perhitungan diantara keduanya. Berikut merupakan hasil pengamatan PPV prediksi dan PPV aktual di Pit Maratua A9



Gambar 2. Perbandingan antara PPV Prediksi dan PPV Aktual

Hasil PPV prediksi dan PPV aktual menyatakan bahwa tidak ada nilai PPV aktual yang melebihi standar, dimana kegiatan peledakan pertama memiliki rasio perbandingan yang cukup jauh, hal ini disebabkan karena pada saat pengukuran untuk kegiatan peledakan pertama memiliki lubang ledak yang lebih dalam sehingga nilai PPV aktual lebih kecil dibandingkan dengan PPV prediksi dari kegiatan peledakan pertama. Nilai PPV prediksi tertinggi berada pada kegiatan peledakan pertama, dimana diakibatkan karena jarak pengukuran yang lebih dekat jika dibandingkan dengan kegiatan peledakan lain karena jarak juga sangat berpengaruh dengan nilai PPV yang dihitung.

Tabel 3. Pengukuran Getaran Tanah (*ground vibration*)

Tanggal	Jumlah lubang	Jarak (m)
11 Mei 2024	240	253
20 Mei 2024	280	325
22 Mei 2024	80	706
25 Mei 2024	200	370
29 Mei 2024	260	525

Perhitungan Rekomendasi Isian Maksimum Bahan Peledak

Tabel 4. Rekomendasi isian maksimum bahan peledak

Jarak (m)	Isian Bahan Peledak Maksimum (kg)
200	5,41
250	8,46
300	12,18
350	16,58
400	21,66
450	27,41
500	33,84
550	40,95
600	48,73
650	57,19
700	66,33
750	76,15
800	86,64
850	97,81
900	109,65
950	122,17
1000	135,37

Pada Tabel 4 diatas, didapatkan rekomendasi jumlah isian maksimum bahan peledak per *delay* berdasarkan jarak untuk mendapatkan hasil nilai PPV dari kegiatan peledakan di Pit Maratua A9 dibawah dan atau sesuai dengan ketentuan yang sudah ditetapkan oleh perusahaan (2 mm/s). Dan untuk perbedaan isian bahan peledak pada setiap jarak tersebut diakibatkan karena perbedaan nilai jarak serta nilai konstanta dan eksponen yang berbanding terbalik dengna isian bahan peledak (\sqrt{w}) berdasarkan rumus dasaran untuk menentukan nilai PPV ($PPV = k (\frac{D}{\sqrt{w}})^e$). Berikut merupakan Tabel perbandingan rekomendasi isian maksimum bahan peledak menggunakan *software blastware 10* dan menggunakan perhitungan manual.

Tabel 5. Perbandingan Rekomendasi Isian Maksimum Bahan Peledak

Jarak (m)	Isian Bahan Peledak Maksimum (kg)	
	<i>Software Blastware 10</i> ($k = 11,36 \frac{Kg}{s} e = -0,390$)	Perhitungan Manual ($k = 11,48 \frac{Kg}{s} e = -0,39260$)
200	5,41	5,44
250	8,46	8,51
300	12,18	12,25
350	16,58	16,67
400	21,66	21,78
450	27,41	27,56
500	33,84	34,03
550	40,95	41,18
600	48,73	49,00

Jarak (m)	Isian Bahan Peledak Maksimum (kg)	
	<i>Software Blastware 10</i> ($k = 11,36 \frac{Kg}{s} e = -0,390$)	Perhitungan Manual ($k = 11,48 \frac{Kg}{s} e = -0,39260$)
650	57,19	57,51
700	66,33	66,70
750	76,15	76,57
800	86,64	87,12
850	97,81	98,35
900	109,65	110,26
950	122,17	122,85
1000	135,37	136,36

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software blastware 10*, didapatkan nilai $k = 11,36$ dan nilai $e = -0,390$. Sementara itu, hasil perhitungan secara manual memberikan nilai $k = 11,48$ dan nilai $e = -0,39260$. Dari perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa meskipun terdapat sedikit perbedaan antara kedua metode, hasil perhitungan keduanya cukup konsisten dan berada dalam rentang yang dapat diterima. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti presisi perhitungan pada *software* atau pendekatan yang digunakan dalam perhitungan manual.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terhadap kegiatan peledakan di PT. Bukit Baiduri Energi dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perbandingan antara nilai PPV yang diambil di lapangan secara aktual dengan nilai PPV prediksi yang dihitung menggunakan pendekatan PPV disimpulkan bahwa hasil nilai PPV yang diambil secara aktual berada dibawah standar nilai pihak perusahaan yakni 2 mm/s, dengan itu maka kegiatan peledakan di daerah tersebut dikatakan aman. Oleh sebab itu dapat juga diambil kesimpulan bahwa jarak untuk melakukan kegiatan peledakan pun bisa di *reduce* dari sebelumnya jika memperhatikan dengan saksama jumlah isian bahan peledak yang digunakan
2. Mengacu pada standar (SNI 7571 : 2010) dan juga standar dari pihak perusahaan bahwa nilai 2 mm/s merupakan nilai PPV maksimal, maka jumlah isian maksimum bahan peledak per delay berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software blastware 10* adalah sebagai berikut; jarak 200 m isian 5,41 kg; jarak 250 m isian 8,46 kg; jarak 300 m isian 12,18 kg; jarak 350 isian 16,58 kg; jarak 400 isian 21,66 kg; jarak 450 isian 27,41 kg; jarak 500 m isian 33,84 kg; jarak 550 m isian 40,95 kg; jarak 600 m isian 48,73 kg; jarak 650 m isian 57,19 kg; jarak 700 m isian 66,33 kg; jarak 750 m isian 76,15; jarak 800 m isian 86,64 kg, jarak 850 m isian 97,81 kg; jarak 900 m isian 109,65 kg; jarak 950 m isian 122,17 kg; dan jarak 1000 m isian 135,37 kg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang sudah terlibat dalam penulisan artikel ini, terutama PT.Bukit Baiduri Energi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian. Penulisan artikel inipun masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kemajuan penulis pada masa mendatang. Kiranya artikel ini dapat bermanfaat bagi segala pihak yang membutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara Rochsyi., 2017. "*Teknik Peledakan*". Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah No.009/32.02/BDT/2017
- Ash, R.L., 1990. *Design of Blasting Round*, "Surface Mining", B.A. Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, pp. 565-584
- Bhandari, S. (1997). "*Engineering Rock Blasting Operations*". A.A Balkeman, Rotterdam, Netherlands.

- Hidayat, Wahyu, Hasyim, Ibnu, Kurniawan, Evie. (2022). “*Pelaksanaan Kegiatan Peledakan Dalam Upaya Pembersihan Over Burden (OB)*”. JPG (Jurnal Geologi Pertambangan) ISSN 1978 – 0672
- Hustrulid, W. (1999). “*Blasting Principles for Open Pit Mining*”. Rotterdam, Netherlands: A. A. Balkema.
- Jimeno, 1995. “*Drilling and Blasting of Rocks*”. S.A Company, USA
- Koesnaryo. (2001). “*Rancangan Peledakan Batuan (Design of Rock Blasting)*”. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran”. Yogyakarta.
- Koesnaryo. (1998). “*Bahan Peledak dan Metode Peledakan*”. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasioanl Veteran”. Yogyakarta, Halaman 1 – 2 .
- Konya, C.J. 1990. *Blast Desgn, Continental Development*, Montville, Ohio
- Marsalin., 2005. Geometri Peledakan Menurut Anderson, Program Studi Pertambangan, Universitas Veteran Republik Indonesia, Makasar
- Mochammad Ariefudin Zuhri, Dkk. 2018. “*Pengaruh Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration) Akibat Peledakan Area PT. Rinjani Kartanegara, Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*”. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, Vol. 6, No. 1, Juni 2018: 11-16.
- Morhard, Robert C. (1987). “*Explosives and Rock Blasting*”. Lawrenceburg, KY: Blasters Tool & Supply Co.
- Richard, Alan B.,Adrian J.Moore. 2005. “*Golden Pike Cut Back Fly Rock Control and Calbiration of a Predictive Model*”. Terrock Consulting Engineers, Australia.
- Rolansyah, Deni, Dkk. 2021. “*Analisis Getaran Tanah (Ground Vibration) Terhadap Area Pemukiman Pada Operasi Peledakan Tambang Batubara Pit 2 Banko Barat*”. MINING INSIGHT, Vol. 02, No. 02, September 2021, 133-146
- SNI 7571-2010, Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan.