

## DAMPAK PELEDAKAN *OVERBURDEN* TERHADAP KESELAMATAN KERJA DI PT. BUKIT ASAM, TBK

W. Apriani<sup>1</sup>, M. Asof<sup>2</sup>, Mukiat<sup>3</sup>

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

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: \*[widyahinatamiapriani@gmail.com](mailto:widyahinatamiapriani@gmail.com), <sup>2</sup>[marwan\\_asof@yahoo.com](mailto:marwan_asof@yahoo.com), <sup>3</sup>[mukiats@yahoo.com](mailto:mukiats@yahoo.com)

### ABSTRAK

PT. Bukit Asam, Tbk adalah salah satu perusahaan tambang batubara dengan sistem tambang terbuka. Salah satu cara pembongkaran *overburden* di Pit 2 Banko Barat dengan metode pemboran dan peledakan. Peledakan di PT. Bukit Asam menggunakan geometri peledakan aktual rata-rata yang digunakan yaitu diameter 200,03 mm, burden 6,0 m, spasi 7,0 m, stemming 4,8 m, kedalaman lubang ledak 7,0 m, dan tinggi kolom isian 2,18 m dengan *powder factor* 0,12 kg/bcm. Berdasarkan analisis jarak lemparan *flyrock* tidak memenuhi syarat batas aman dengan rata-rata jarak *flyrock* aktual 306,33 m yang berada diantara 250-300 m. Peledakan yang dilakukan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk yang berjarak 300-500 m menghasilkan getaran tanah dan kebisingan yang tinggi. Berdasarkan analisis getaran tanah tidak memenuhi syarat batas aman dengan rata-rata tingkat getaran aktual 5,13 mm/s yang melebihi bakumutu 3 mm/s berdasarkan dari standar perusahaan yang menggunakan standar SNI 7571 tahun 2010. Berdasarkan analisis kebisingan tidak memenuhi syarat batas aman dengan rata-rata tingkat kebisingan aktual 90,71dB yang melebihi bakumutu 70 dB berdasarkan Kepmen LH No 48 tahun 1996 dan 60-70 dB berdasarkan Kepmen Kesehatan No. 718 Tahun 1987. Salah satu cara meminimalisir dampak peledakan yaitu dengan menggunakan *air deck*.

**Kata-kata kunci:** Peledakan, K3, Batu terbang, Getaran, Kebisingan, *Air deck*

### ABSTRACT

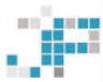
*PT. Bukit Asam, Tbk is one of the coal mining companies with an open pit mining system. One way of overburden dismantling in Pit 2 Banko Barat's by drilling and blasting methods. Blasting at PT. Bukit Asam uses actual blasting geometry on average that's used in diameter 200,03 mm, burden 6,0 m, space 7,0 m, stemming 4,8 m, depth of explosive hole 7,0 m, and column height 2,18 m with powder factor 0,12 kg/bcm. Based on distance analysis, flyrock throws don't meet the safe boundary conditions the average distance of the actual flyrock 306,33 m which's between 250-300 m. Blasting at Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk, which's 300-500 m away produces ground vibrations and high noise. Based on vibration analysis didn't meet the safe boundary conditions the average 5,13 mm/s which exceeded 3 mm/s based on company standards using the SNI 7571 of 2010. Based on noise analysis didn't meet the safe boundary requirements the average 90,71 dB which exceeds 70 dB based on Kepmen LH No. 48 of 1996 and 60-70 dB based on Kepmen Kesehatan No. 718 of 1987. One way to minimize the impact of blasting's use the deck water.*

**Keywords :** *Blasting, K3, Flyrock, Vibration, Noise, Air deck*

### PENDAHULUAN

PT. Bukit Asam merupakan salah satu perusahaan tambang batubara terbesar di Indonesia yang menggunakan peledakan untuk memberai suatu batuan. Lokasi peledakan berada di Pit 2 Banko Barat. Dalam

kegiatan penambangan, perusahaan menetapkan metode pemboran dan peledakan dalam proses pembersihan batuan maupun tanah. Sehingga menimbulkan dampak negatif akibat dari kegiatan peledakan, seperti *flyrock*, *ground vibration* dan kebisingan [1].



Pola peledakan adalah suatu urutan waktu peledakan antara lubang-lubang ledak dalam satu baris dengan lubang ledak pada baris berikutnya ataupun antara lubang ledak yang satu dengan lubang ledak yang lainnya. Peledakan atau pemberaian batuan ini perlu dilakukan untuk mempermudah pekerjaan penggalian dan pemuatan. Pola peledakan berdasarkan arah runtuh material hasil peledakan dibedakan menjadi *box cut* (arah runtuh batuan ke depan dan membentuk kotak), *echelon cut* (arah runtuh batuan ke salah satu bidang bebas) dan *v cut* (arah runtuh batuan ke depan dan membentuk v) [2].

Distribusi bahan peledak adalah faktor penting dalam menentukan berhasil atau tidaknya suatu peledakan. Sehingga diharapkan agar seluruh energi bahan peledak pada saat kegiatan peledakan bisa digunakan secara maksimal untuk sejumlah volume batuan yang akan diledakkan sehingga dapat bermanfaat secara teknis dan ekonomis [3].

Waktu tunda (*delay time*) adalah jeda waktu ledakan diantara lubang-lubang ledak yang dibutuhkan saat akan meledakkan batuan dengan urutan ledakan. Fungsinya adalah untuk mengurangi jumlah muatan yang meledak dalam waktu bersamaan dan memberikan jeda waktu pada material yang berada disekitar bidang bebas untuk meledak dengan sempurna, serta untuk memberikan ruang bebas baru untuk baris lubang yang akan diledakkan berikutnya. Waktu tunda diantara lubang-lubang ledak dan rangkaian insiasi memainkan peran penting dalam kegiatan peledakan karena dapat mengurangi berat isian bahan peledak per lubang dan konsekuensinya [4].

*Flyrock* adalah fragmentasi batuan yang terlempar akibat hasil peledakan. Fragmentasi batuan ini apabila terlempar melebihi radius aman dapat mengakibatkan kerusakan untuk alat mekanis dan dapat mengakibatkan cedera bahkan kematian untuk manusia. Hal inilah yang menyebabkan efek *flyrock* menjadi salah satu perhatian utama pada setiap kegiatan peledakan [5].

*Flyrock* dapat kita minimalisirkan dampaknya dengan cara mengetahui faktor yang mempengaruhi *flyrock*, yaitu dengan memperhatikan geometri peledakan dan bahan peledaknya [5].

Getaran adalah gerakan bolak-balik suatu massa melalui keadaan seimbang terhadap suatu titik acuan. Getaran seismik merupakan getaran tanah yang di akibatkan oleh keadaan alam dan kegiatan manusia. Getaran kejut adalah getaran yang berlangsung secara tiba-tiba dan sesaat. Bakumutu getaran kejut merupakan batas maksimal yang diperbolehkan untuk tingkat getaran mekanik dari usaha atau aktivitas pada media padat agar tidak mengakibatkan gangguan terhadap kenyamanan

dan kesehatan serta keadaan bangunan yang ditimbulkan setelah aktivitas peledakan [6].

*Ground vibration* dapat kita minimalisirkan dampaknya dengan cara mengetahui faktor yang mempengaruhi *ground vibration*, yaitu dengan memperhatikan jumlah bahan peledak dan jarak dari lokasi peledakan [7].

Bising adalah campuran dari berbagai suara yang tidak dikehendaki ataupun yang merusak kesehatan, saat ini kebisingan merupakan salah satu penyebab penyakit lingkungan yang penting. Bising, biasanya didefinisikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki (*unwanted sound*) atau biasa diartikan suatu fenomena lingkungan yang bisa terjadi sepanjang hidup kita. Definisi lain dari bising (*noise*) lainnya adalah bunyi (*sound*) yang secara sosial atau medis tidak diinginkan (*undesirable*) [8].

Faktor yang mempengaruhi timbulnya dampak negatif peledakan tergantung pada geometri peledakan, bahan peledak dan jarak aktual lapangan. Perhitungan geometri peledakan dan bahan peledak yang perlu diperhatikan yang dimana akan meningkatkan produksi, karena geometri peledakan dan jumlah bahan peledak yang dihabiskan sangat mempengaruhi fragmentasi yang dimana juga mempengaruhi *flyrock*, *ground vibration* dan kebisingan [9].

Geometri peledakan adalah dimensi yang bertujuan bagi perencanaan peledakan yang sangat mempengaruhi untuk mengatur kualitas dari peledakan. Beberapa parameter dari geometri peledakan yaitu *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, *column charge* dan kedalaman lubang ledak [9].

Burden merupakan variabel yang sangat penting dalam merencanakan suatu peledakan. Untuk menghitung burden digunakan Pers. 1 [9].

$$B = \frac{K_b \times d_e}{12} \quad (1)$$

*Spacing* merupakan parameter untuk jarak antara lubang ledak dalam satu baris, yang perlu diperhatikan dalam memperkirakan ukuran *spacing* ada atau tidaknya keterkaitan antar lubang tembak. Untuk menghitung *spacing* dapat diketahui dengan perkalian antara nilai *spacing ratio* dengan nilai *burden* digunakan Pers. 2 [9].

$$S = K_s \times B \quad (2)$$

*Stemming* adalah bagian dari lubang ledak yang tidak terisi bahan peledak, tetapi diisi dengan material berupa *cutting* hasil dari pengeboran lubang tersebut, batu *overburden* hasil dari proses *crushing*, dan material lepas lainnya. Untuk menghitung *stemming* dapat ditentukan dengan perkalian antara nilai *burden* dan koefisien *stemming* digunakan Pers. 3 [9].

$$T = Kt \times B \quad (3)$$

*Subdrilling* adalah kelebihan kedalaman yang dibuat pada bagian bawah batas *floor* jenjang dan diisi dengan bahan peledak. Untuk menghitung *Subdrilling* dapat ditentukan dengan perkalian antara nilai koefisien *subdrilling* dan nilai *burden* digunakan Pers. 4 [9].

$$J = K_j \times B \quad (4)$$

Kedalaman lubang ledak merupakan kedalaman lubang yang akan diledakkan. Untuk menghitung kedalaman lubang dapat ditentukan dengan perkalian antara nilai *burden* dan koefisien kedalaman lubang digunakan Pers. 5 [10].

$$H = K_l \times B \quad (5)$$

*Powder column* (tinggi kolom isian) merupakan selisih dari kedalaman lubang ledak dengan *stemming*. Untuk menghitung kedalaman lubang dapat ditentukan dengan pengurangan pada kedalaman lubang ledak dengan *stemming* digunakan Pers. 6 [4].

$$P_c = H - T \quad (6)$$

Bahan peledak memiliki sifat, karakter, jenis, dan cara pendistribusian bahan peledak seperti tinggi *powder column*, *powder factor*, *loading density* dan berat bahan peledak [4].

Berat bahan peledak dalam satu kolom isian bahan peledak yang dapat dihitung berdasarkan dari diameter bahan peledak, *density* bahan peledak dan panjang kolom isian bahan peledak. Untuk mengetahui berat bahan peledak (*loading factor*) setiap satu lubang ledak dapat dihitung dengan digunakan Pers. 7 [4].

$$E = P_c \times d_e \quad (7)$$

*Loading density* merupakan parameter untuk berat bahan peledak setiap meter pada kolom isian. Untuk menghitung *loading density* ini dapat digunakan Pers. 8 [4].

$$d_e = 0,34 \times D^2 \times SG \times 1,48 \quad (8)$$

*Powder factor* adalah suatu bilangan yang menunjukkan jumlah bahan peledak yang digunakan untuk membongkar sejumlah volume batuan. Untuk menghitung *powder factor* ini dapat digunakan Pers. 9 [9].

$$P_f = n \times \frac{E}{V} \quad (9)$$

Volume adalah jumlah material yang didapatkan dari proses kegiatan penambangan dan peledakan. Untuk

menghitung volume material ini dapat digunakan Pers. 10 [9].

$$V = (A \times H) \times \rho \quad (10)$$

Meminimalisir dampak dari getaran dan kebisingan maka perlu kita memprediksi jarak *flyrock* agar dampak yang ditimbulkan dari kegiatan peledakan itu tidak merugikan perusahaan. Untuk memprediksi jarak *flyrock* ini dapat digunakan Pers. 11 [10].

$$L_{\max} = \frac{(k)^2}{9,8} \times \left(\frac{\sqrt{de}}{T}\right)^{2,6} \quad (11)$$

*Scaled distance* (SD) adalah parameter untuk dimensi jarak pengukuran getaran tanah. Untuk SD yang tinggi akan lebih aman, karena semakin jauh jarak pengukuran terhadap titik peledakan akan lebih aman dibandingkan dengan jarak pengukuran yang lebih dekat. *Scaled distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak digunakan Pers. 12 [11].

$$SD = \frac{d}{\sqrt{w}} \quad (12)$$

*Peak Particle Velocity* (PPV) adalah kecepatan maksimum untuk menghitung suatu tingkat getaran di suatu tempat yang bergantung dai jarak pengukuran terhadap titik dan banyaknya bahan peledak yang menggunakan *delay* dengan menggunakan Pers. 13 [12].

$$PPV = K \left(\frac{D}{\sqrt{w}}\right)^\beta \quad (13)$$

*Peak Vector Sum* (PVS) adalah jumlah resultan dari tiga gelombang yang dihasilkan yaitu transversal, longitudinal, dan vertikal digunakan Pers. 14 [13].

$$PVS = \sqrt{T^2 + V^2 + L^2} \quad (14)$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di PT. Bukit Asam, Tbk. berada di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi tersebut dihubungkan dengan jalan darat ke arah Barat Daya sejauh 200 Km dan jalan kereta api sejauh 165 Km dari kota Palembang. Penelitian dilakukan di Pit 2 Banko Barat. Luas area kerja pada unit *surface miner* yaitu  $\pm 7.700$  Ha. Penelitian dilaksanakan pada 4 Februari 2019 hingga 4 Maret 2019. Tahapan penelitian dilakukan untuk menganalisis dampak negatif dari peledakan sehingga dapat meningkatkan keselamatan kerja yang berpengaruh terhadap produksi yang diharapkan:

### 1. Studi Literatur

Studi literatur berupa dengan mencari teori-teori yang dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan dari

data yang akan dilakukan penelitian. Berupa pengertian mengenai *flyrock*, *ground vibration* dan kebisingan, faktor penyebab munculnya dampak negatif akibat peledakan dan dampak yang ditimbulkan dari peledakan.

## 2. Penelitian Lapangan

Penelitian lapangan yang dilaksanakan seperti pengamatan langsung pada keadaan umum pada lokasi penelitian yang dilihat terhadap kegiatan peledakan di lokasi Pit 2 Banko Barat dan keadaan lapangan. Berdasarkan dari permasalahan dari peledakan, maka dicari apa saja permasalahannya melalui orang yang bekerja tambang di PT. Bukit Asam, Tbk.

## 3. Pengambilan Data

Data dibagi menjadi dua macam ialah berupa data primer maupun data sekunder.

### 3.1. Data Primer

Data primer merupakan data yang berasal dari hasil survei di lapangan, dokumentasi aktivitas, dan tanya jawab juga diskusi dengan pengawas bagian tambang, manager operasional, junior manager, *foreman* maupun pekerja-pekerja tambang (operator). Data yang diambil secara aktual meliputi: Data jarak *flyrock*; Data *scaled distance*; Data *peak particle velocity*; Data kebisingan.

### 3.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang dihasilkan dari literatur dan data arsip dari perusahaan untuk membantu dalam kebutuhan penelitian, meliputi: Peta lokasi penelitian; Penampang litologi Banko Barat; Data geometri peledakan; Data distribusi bahan peledak; Data spesifikasi bahan peledak

## 4. Pengolahan Data

Tahapan yang dilakukan dalam analisis data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data dari lapangan, sehingga dari data tersebut didapatkan penyelesaian masalah. Setelah itu dilanjutkan dengan mengelompokkan dan mengolah data, dikarenakan penelitian terdiri dari beberapa variabel seperti *burden*, spasi, *stemming*, tinggi jenjang, *powder factor* dan jarak *flyrock*, *scaled distance*, gelombang transversal, gelombang vertikal dan gelombang horizontal, *peak particle velocity*, dan kebisingan, dari data secara teoritis maupun dari data secara aktual.

## 5. Analisis Data

Analisis data dengan mengevaluasi dari dampak negatif dari peledakan dengan mengetahui faktor penyebab timbulnya dampak negatif dari peledakan yang bertujuan untuk meminimalisir dampak negatif agar target produksi meningkat serta menganalisis dampak negatif dari peledakan yang bertujuan untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja dilingkungan sekitar aktivitas peledakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Dampak Negatif Peledakan

Pola peledakan yang digunakan oleh juru ledak PT Bukit Asam di lokasi penambangan elektrifikasi Pit 2 Banko Barat adalah pola *box cut* dan *echelon cut* dengan sistem penyalan *hole by hole*. Pola *box cut* adalah pola peledakan yang arah lemparan batuan nya menuju ke tengah sehingga tidak mengganggu area di sekitar dan memudahkan proses *ripping* dan *dozing* menggunakan alat bulldozer. Pola *echelon* adalah pola yang arah lemparan batuan nya menuju salah satu sudut bidang bebasnya. Pola *echelon* ini akan digunakan di saat-saat tertentu seperti area ledakan yang mendekati rumah warga, digunakan pola *echelon* agar inisiasi poin (arah lemparan batuan) itu menjauhi warga dan getaran yang dihasilkan oleh proses peledakan dapat dikurangi. Kegiatan peledakan yang dilakukan di tambang batubara adalah untuk memenuhi jumlah *overburden* terbongkar dan batubara tertambang. Penelitian dilakukan dengan melakukan 30 percobaan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.

#### a. *Flyrock*

Penelitian dilakukan dengan melakukan 30 percobaan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Jarak *flyrock* diambil dari tempat terjauh arah ledakan sampai pusat ledakan *overburden*. Cara mengukurnya dengan menggunakan meteran dan dengan cara pengukuran tidak baku yaitu menggunakan berapa langkah yang dibutuhkan dari jarak *flyrock* hingga pusat ledakan. Jarak aman yang ditetapkan PT. Bukit Asam, Tbk selama ini berada diantara 250 m - 300 m untuk manusia dan alat. Berdasarkan rata-rata dari 30 percobaan maka didapatkanlah jarak untuk *flyrock* sebesar 306,33 m, maka dapat disimpulkan bahwasannya jarak *flyrock* di PT. Bukit Asam, Tbk tidak memenuhi syarat batas aman untuk keselamatan karena berada melebihi bakumutu untuk jarak aman dari perusahaan, yang dapat menimbulkan kerusakan pada alat-alat, kerusakan pada gedung dan dapat menciderai seseorang bahkan sampai kematian apabila jarak *flyrock* ini melebihi bakumutu yang seharusnya.

#### b. *Ground Vibration*

Penelitian dilakukan dengan melakukan 30 percobaan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Cara mengukurnya dengan menggunakan *blastmate III* dan dengan menggunakan alat *blastmate III* yang di telah ditampilkan di monitor dan di input di *software blatsware*. Tingkat getaran yang ditetapkan PT. Bukit Asam, Tbk selama ini berada di bakumutu 3 mm/s. Berdasarkan rata-rata dari 30 percobaan maka didapatkanlah tingkat getaran sebesar 5,13 mm/s, maka dapat di simpulkan bahwasannya tingkat getaran di PT. Bukit Asam, Tbk tidak memenuhi syarat aman untuk keselamatan karena berada melebihi bakumutu untuk tingkat getaran dari perusahaan, yang dapat

menimbulkan kerusakan bangunan dan getaran tanah yang menyebabkan tanah longsor pada *bench* yang ada disekitar yang dapat menciderai seseorang bahkan sampai dapat menyebabkan kematian apabila getaran ini melebihi bakumutu yang seharusnya.

### c. Kebisingan

Penelitian dilakukan dengan melakukan 30 percobaan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Cara mengukurnya dengan menggunakan *blastmate III* dan dengan menggunakan alat *blastmate III* yang di telah ditampilkan di monitor dan di input di *software blatsware*. Pada tingkat kebisingan PT. Bukit Asam, Tbk mengikuti Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48 tahun 1996 yang berada di bakumutu 70 dB. Berdasarkan rata-rata dari 30 percobaan maka didapatkanlah tingkat kebisingan sebesar 90,71 dB, maka dapat disimpulkan bahwasannya tingkat kebisingan di PT. Bukit Asam, Tbk tidak memenuhi syarat aman untuk kesehatan karena berada melebihi bakumutu untuk tingkat kebisingan dari perusahaan yang mengikuti Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48 tahun 1996, yang dapat menimbulkan kerusakan pada pendengaran yang serius pada manusia bahkan sampai menyebabkan kematian apabila kebisingan ini melebihi bakumutu yang seharusnya dan dalam jangka waktu yang panjang.

### 2. Faktor Yang Mempengaruhi Timbulnya Dampak Negatif Peledakan

Kegiatan peledakan yang dilakukan di tambang batubara adalah untuk memenuhi jumlah *overburden* terbongkar dan batubara tertambang. Penelitian dilakukan dengan melakukan 30 percobaan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Maka didapatkanlah data peledakan aktual rata-rata berdasarkan dari lapangan untuk geometri peledakan dan jarak *flyrock*, spesifikasi bahan peledak, *ground vibration* dan kebisingan antara lain sebagai berikut:

#### a. *Flyrock*

**Tabel 1** Geometri peledakan aktual rata-rata di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk

	JL	D (mm)	B (m)	S (m)	H (m)	T (m)	PC (m)	FD (m)
Total	1520	6000,9	180	197	210	142,7	65,4	9190
Rata-rata	50,7	20003	6	6,57	7	4,76	2,18	306,33

**Tabel 2** Spesifikasi bahan peledak rata-rata di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk

	AN (kg)	FO (kg)	PG (kg)	E (kg)	de (kg/m)	V (bcm)	PF (kg/bcm)
Total	1460	84	300	46405,7	750	418950	3,52
Rata-rata	48,7	2,8	10	1846,9	25	13965	0,14

### b. *Ground Vibration* dan Kebisingan

**Tabel 3** Jarak aktual area *blasting* dengan titik pengukuran getaran dan kebisingan

	PVS			Jarak (m)	PPV (mm/s)	SD	Kebisingan (dB)
	Trans	Vert	Horz				
Total	32,84	26,72	38,9	11860	153,94	1516,13	2721,36
Rata-rata	1,09	0,89	1,30	395,33	5,13	50,54	90,71

### 3. Dampak Peledakan Terhadap Keselamatan Kerja

Berikut dampak dari aktivitas peledakan dan solusi cara meminimalisir dampak dari aktivitas peledakan tersebut terhadap keselamatan kerja yang sangat berpengaruh dan berdampak terhadap produktivitas perusahaan antara lain, yaitu:

#### a. *Flyrock*

**Tabel 4** Analisis data aktual dengan bakumutu dari perusahaan

Blast Number	Jumlah Lubang	PF (kg/bcm)	FD (m)	Bakumutu <i>Flyrock</i>	Keterangan
BN 1	50	0.11	307	300	Tidak aman
BN 2	35	0.15	328	300	Tidak aman
BN 3	60	0.10	284	300	Aman
BN 4	50	0.12	325	300	Tidak aman
BN 5	55	0.11	319	300	Tidak aman
BN 6	60	0.10	284	300	Aman
BN 7	55	0.11	309	300	Tidak aman
BN 8	50	0.12	313	300	Tidak aman
BN 9	60	0.09	285	300	Aman
BN 10	65	0.08	275	300	Aman
BN 11	50	0.12	314	300	Tidak aman
BN 12	60	0.09	280	300	Aman
BN 13	50	0.11	321	300	Tidak aman
BN 14	65	0.08	300	300	Tidak aman
BN 15	65	0.08	289	300	Aman
BN 16	35	0.15	338	300	Tidak aman
BN 17	35	0.15	339	300	Tidak aman
BN 18	35	0.15	340	300	Tidak aman
BN 19	35	0.15	339	300	Tidak aman
BN 20	50	0.11	308	300	Tidak aman
BN 21	65	0.08	272	300	Aman
BN 22	50	0.11	309	300	Tidak aman
BN 23	50	0.12	315	300	Tidak aman
BN 24	35	0.18	234	300	Aman
BN 25	35	0.18	332	300	Tidak aman
BN 26	65	0.09	281	300	Aman
BN 27	65	0.09	280	300	Aman
BN 28	35	0.18	345	300	Tidak aman
BN 29	50	0.11	312	300	Tidak aman
BN 30	50	0.11	313	300	Tidak aman

Berdasarkan analisis data dari tabel yang didapat dari lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa untuk jarak *flyrock*, yaitu berada melebihi bakumutu dari perusahaan. Berarti peledakan yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam berdasarkan jarak *flyrock* tidak lokasi di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk tidak memenuhi syarat batas aman untuk keselamatan, walaupun beberapa peledakan masih ada yang berada di batas aman, dapat untuk meningkatkan produktivitas disarankan agar jarak aman dapat diturunkan sehingga alat tidak perlu beredar terlalu jauh dan tidak memakan waktu lama untuk mengevakuasi pasca peledakan.

1. Solusi Untuk Mengatasi Jarak Lemparan *Flyrock*  
 Untuk mengatasi jarak aman pada kegiatan peledakan *overburden*, perlu dilihat faktor-faktor terjadinya *flyrock*.

1.1. *Stemming* Dan *Loading Density* Ideal

Pada penelitian ini, target jarak lemparan *flyrock* pada peledakan *overburden* adalah di sekitar antara 150 m hingga 180 m. Maka pada metode ini akan dicoba beberapa percobaan sebanyak 20 percobaan untuk mendapatkan *stemming* dan *loading density* yang tepat maka digunakan Pers. [11]

**Tabel 5** Ukuran *stemming* terhadap jarak *flyrock*

Loading Density (kg/m)	Stemming (m)	Flyrock Distance (m)
25	2,0	530
	2,50	297
	2,75	232
	3,0	185
	3,50	124
	3,75	103
	4,0	87
	4,50	64
	4,75	56
	5,0	49

Ukuran *stemming* yang sesuai dengan target jarak lemparan *flyrock* adalah berkisar dari 3,5 m - 3,75 m

**Tabel 6** Besar *loading density* terhadap jarak *flyrock*

Stemming (m)	Loading Density (kg/m)	Flyrock Distance (m)
3,5	26	130
	27	137
	28	143
	29	150
	30	156
	31	164
	32	170
	33	177
	34	185
	35	192

Berdasarkan dari percobaan di atas bisa kita tarik kesimpulan bahwa jarak aman *flyrock* dapat diturunkan dengan mengubah ukuran *stemming* dan *loading density*.

1.2. Geometri Peledakan Ideal

Tujuan penelitian ini agar jarak lemparan *flyrock* bisa diturunkan dibawah 200 m.

a. *Burden*

Maka *burden* yang di usulkan pada geometri usulan ini sebesar 5 m dengan menggunakan Pers. 1 [5]

b. *Space (S)*

Maka panjang *spacing* yang diusulkan pada geomteri usulan ini sebesar 7,5 m dengan menggunakan Pers. 2 [5]

c. Diameter lubang ledak (D)

Maka panjang diameter lubang ledak yang diusulkan pada geometri usulan ini sebesar 200 mm dengan menggunakan Pers. 8 [6]

1.3. *Delay time*

Tinggi rendahnya nilai *delay time* yang digunakan juga dapat menentukan besar kecilnya *flyrock*, tingkat getaran tanah dan kebisingan. Semakin tinggi nilai *delay time* yang digunakan maka *flyrock* yang dihasilkan juga dapat dikurangi. Karena waktu penjalaran pada *surface delay* yang lebih lama sehingga dapat mengurangi lubang ledak yang meledak secara bersamaan dan kebisingan pun dapat dikurangi. Jadi lebih efektif dalam menggunakan *delay time* dengan nilai waktu tunda yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *delay time* dengan waktu tunda yang lebih kecil.

1.4. Penggunaan *Air Deck*

Penggunaan *air deck* menunjukkan pada kolom isian (PC) pada peledakan *air deck* berkurang yang semula rata-rata 2,18 m relatif menurun menjadi 1,18 m karena adanya *air deck*. Untuk memperkuat hasil penurunan perbaikan jarak *flyrock* dilakukan pengukuran secara langsung menggunakan meteran pada proses peledakan *air deck*. Berdasarkan data setelah menggunakan *bottom air deck* ini hasil peledakan ini menghasilkan rata-rata jarak lemparan batuan relatif menurun kurang lebih 60%. Hasil ini sangat diharapkan dengan dikaitkan kestabilan lingkungan mengingat daerah peledakan tidak jauh dari pemukiman warga.

b. *Ground Vibration*

**Tabel 7** Analisis data aktual dengan bakumutu getaran

Blast Number	Jarak (m)	PPV (mm/s)	Bakumutu Getaran (Kepmen LH)	Keterangan	PPV (mm/s)	Bakumutu Getaran (SNI)	Keterangan
BN1	410	4,67	10	Aman	4,67	3	Tidak aman
BN2	380	5,36	10	Aman	5,36	3	Tidak aman
BN3	400	4,96	10	Aman	4,96	3	Tidak aman
BN4	350	5,95	10	Aman	5,95	3	Tidak aman
BN5	300	7,65	10	Aman	7,65	3	Tidak aman
BN6	350	6,08	10	Aman	6,08	3	Tidak aman
BN7	390	5,10	10	Aman	5,10	3	Tidak aman
BN8	420	4,51	10	Aman	4,51	3	Tidak aman
BN9	300	7,22	10	Aman	7,22	3	Tidak aman
BN10	490	3,37	10	Aman	3,37	3	Aman
BN11	500	3,35	10	Aman	3,35	3	Aman
BN12	320	6,83	10	Aman	6,83	3	Tidak aman
BN13	380	5,44	10	Aman	5,44	3	Tidak aman
BN14	410	4,51	10	Aman	4,51	3	Tidak aman
BN15	480	3,58	10	Aman	3,58	3	Aman
BN16	390	5,04	10	Aman	5,04	3	Tidak aman
BN17	370	5,58	10	Aman	5,58	3	Tidak aman
BN18	380	5,36	10	Aman	5,36	3	Tidak aman
BN19	410	4,67	10	Aman	4,67	3	Tidak aman
BN20	320	6,91	10	Aman	6,91	3	Tidak aman
BN21	420	4,32	10	Aman	4,32	3	Tidak aman
BN22	380	5,30	10	Aman	5,30	3	Tidak aman
BN23	370	5,46	10	Aman	5,46	3	Tidak aman
BN24	470	3,90	10	Aman	3,90	3	Tidak aman
BN25	430	4,35	10	Aman	4,35	3	Tidak aman
BN26	390	4,82	10	Aman	4,82	3	Tidak aman
BN27	310	7,18	10	Aman	7,18	3	Tidak aman
BN28	370	5,64	10	Aman	5,64	3	Tidak aman
BN29	480	3,59	10	Aman	3,59	3	Tidak aman
BN30	490	3,25	10	Aman	3,25	3	Aman

Berdasarkan analisis data dari tabel yang didapat dari lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa untuk getaran berada di bawah bakumutu yaitu kecepatan getaran maksimum 10 mm/detik untuk bangunan dalam kondisi teknis baik, ada kerusakan-kerusakan kecil seperti adanya plesteran yang retak berdasarkan Kepmen LH No.49 tahun 1996. Berarti peledakan yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam, Tbk berdasarkan tingkat getaran tanah untuk lokasi di Pit 2 Banko Barat tergolong masih aman.

Berdasarkan analisis data dari tabel yang didapat dari lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa untuk getaran berada melebihi bakumutu yaitu kecepatan getaran maksimum 3 mm/detik untuk jenis bangunan menggunakan pondasi, dengan pasangan bata dan adukan semen, serta bangunan menggunakan pondasi kayu dengan lantai yang diberikan adukan semen berdasarkan SNI 7571 tahun 2010. Berarti peledakan yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam berdasarkan tingkat getaran untuk lokasi di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk tidak memenuhi syarat batas aman untuk keselamatan walaupun peledakan ada yang berada di batas aman dari SNI.

### 1. Solusi Untuk Mengatasi Tingkat Getaran

Untuk mengatasi keamanan para pekerja pada kegiatan peledakan *overburden*, maka harus dilihat faktor-faktor terjadinya getaran.

#### 1.1. Perencanaan Powder Factor

*Powder factor* (PF) merupakan perbandingan antara volume bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang akan diledakan. Perencanaan *powder factor* yang tepat juga akan menghasilkan peledakan yang bernilai ekonomis. Standar PF yang ditentukan oleh pihak perusahaan adalah 0,19 kg/bcm. Untuk itu PF di *setting* agar nilainya tidak melebihi dari 0,19 kg/bcm. PF rata-rata yang didapatkan selama pengambilan data adalah 0,14 kg/bcm. Semakin rendah nilai *powder factor* yang ditentukan, maka tingkat getaran yang dihasilkan juga semakin rendah.

#### 1.2. Penggunaan Delay Time

Tinggi rendahnya nilai *delay time* yang digunakan juga dapat menentukan besar kecilnya *flyrock*, tingkat getaran tanah dan kebisingan. *Delay time* yang sering digunakan sebagai *surface* adalah 42 ms, 67 ms, 109 ms, dan 3000 ms sebagai jeda. Karena waktu penjalaran pada *surface delay* yang lebih lama sehingga dapat mengurangi lubang ledak yang meledak secara bersamaan dan getaran pun dapat dikurangi. Jadi lebih efektif dalam menggunakan *delay time* dengan nilai waktu tunda yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *delay time* dengan waktu tunda yang lebih kecil.

#### 1.3. Penggunaan Air Deck

Penggunaan *air deck* menunjukkan pada kolom isian (PC) pada peledakan *air deck* berkurang yang semula 1,8

– 3,2 m relatif menurun 45,9% menjadi 0,8 – 3,2 m karena adanya *air deck*. Untuk memperkuat hasil penurunan perbaikan getaran tanah (*ground vibration*) dilakukan pengukuran secara langsung menggunakan alat *blastmate III* pada proses peledakan *air deck*. Data hasil pengukuran secara langsung menggunakan *blastmate III* dimana data hasil peledakan ini menghasilkan rata-rata kecepatan getaran batuan relatif menurun kurang lebih 48,3%. Hasil ini sangat diharapkan dengan dikaitkan kestabilan lingkungan mengingat daerah peledakan tidak jauh dari pemukiman warga.

Penggunaan *air deck* ini lebih cocok dilakukan dibandingkan harus mengurangi jumlah bahan peledak karena fragmentasi yang dihasilkan dapat berupa bongkahan besar lain dengan penggunaan *air deck*, peledakan yang tetap sama dan hasil bahkan dapat lebih baik dari pada peledakan sebelumnya. Maka sangat di anjurkan untuk perusahaan menggunakan *air deck* karena dapat mengurangi dampak dari aktivitas peledakan baik itu *flyrock*, *ground vibration* maupun kebisingan.

### c. Kebisingan

**Tabel 8** Analisis data aktual dengan bakumutu kebisingan

Blast Number	Jarak (m)	Kebisingan (dB)	Bakumutu Suara (Kepmen LH)	Keterangan	Kebisingan (dB)	Bakumutu Suara (Kepmen Kes)	Keterangan
BN1	410	88,85	70	Tidak aman	88,85	60-70	Tidak aman
BN2	380	92,43	70	Tidak aman	92,43	60-70	Tidak aman
BN3	400	89,71	70	Tidak aman	89,71	60-70	Tidak aman
BN4	350	92,78	70	Tidak aman	92,78	60-70	Tidak aman
BN5	300	95,41	70	Tidak aman	95,41	60-70	Tidak aman
BN6	350	92,84	70	Tidak aman	92,84	60-70	Tidak aman
BN7	390	89,93	70	Tidak aman	89,93	60-70	Tidak aman
BN8	420	88,49	70	Tidak aman	88,49	60-70	Tidak aman
BN9	300	95,23	70	Tidak aman	95,23	60-70	Tidak aman
BN10	490	87,41	70	Tidak aman	87,41	60-70	Tidak aman
BN11	500	87,39	70	Tidak aman	87,39	60-70	Tidak aman
BN12	320	94,93	70	Tidak aman	94,93	60-70	Tidak aman
BN13	380	92,47	70	Tidak aman	92,47	60-70	Tidak aman
BN14	410	88,51	70	Tidak aman	88,51	60-70	Tidak aman
BN15	480	87,68	70	Tidak aman	87,68	60-70	Tidak aman
BN16	390	89,83	70	Tidak aman	89,83	60-70	Tidak aman
BN17	370	92,57	70	Tidak aman	92,57	60-70	Tidak aman
BN18	380	92,42	70	Tidak aman	92,42	60-70	Tidak aman
BN19	410	88,85	70	Tidak aman	88,85	60-70	Tidak aman
BN20	320	95,01	70	Tidak aman	95,01	60-70	Tidak aman
BN21	420	88,27	70	Tidak aman	88,27	60-70	Tidak aman
BN22	380	90,01	70	Tidak aman	90,01	60-70	Tidak aman
BN23	370	92,50	70	Tidak aman	92,50	60-70	Tidak aman
BN24	470	87,89	70	Tidak aman	87,89	60-70	Tidak aman
BN25	430	88,31	70	Tidak aman	88,31	60-70	Tidak aman
BN26	390	89,01	70	Tidak aman	89,01	60-70	Tidak aman
BN27	310	95,13	70	Tidak aman	95,13	60-70	Tidak aman
BN28	370	92,61	70	Tidak aman	92,61	60-70	Tidak aman
BN29	480	87,71	70	Tidak aman	87,71	60-70	Tidak aman
BN30	490	87,18	70	Tidak aman	87,18	60-70	Tidak aman

Berdasarkan analisis data dari tabel yang didapat dari lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa untuk tingkat kebisingan tidak memenuhi syarat batas aman untuk

kesehatan yang berada melebihi bakumutu yaitu tingkat kebisingan maksimum 70 dB untuk kawasan industri berdasarkan Kepmen LH No 48 tahun 1996.

Berdasarkan analisis data dari tabel yang didapat dari lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa untuk tingkat kebisingan tidak memenuhi syarat batas aman untuk kesehatan yang berada melebihi bakumutu yaitu tingkat kebisingan maksimum 60-70 dB untuk kawasan industri berdasarkan Kepmen Kesehatan No. 718 tahun 1987.

Peledakan yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam. Tbk berdasarkan tingkat kebisingan yang rata-ratanya melebihi baku mutu, namun kebisingan yang ditimbulkan adalah bersifat implusif atau kebisingan yang mengakibatkan seseorang terkejut, kebisingan ini ditimbulkan dari aktivitas peledakan, jadi kebisingan yang ditimbulkan tidak secara terus-menerus yang menyebabkan fungsi alat pendengaran hilang (cacat permanen).

### 1. Solusi Untuk Mengatasi Tingkat Getaran

Untuk mengatasi keamanan para pekerja pada kegiatan peledakan *overburden*, maka harus dilihat faktor-faktor terjadinya kebisingan.

#### 1.1. Perencanaan Powder Factor

*Powder factor* merupakan perbandingan antara volume bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang akan diledakan. Sama seperti getaran, perencanaan *powder factor* yang tepat juga akan menghasilkan peledakan yang bernilai ekonomis. Semakin rendah nilai *powder factor* yang di ditentukan, maka tingkat kebisingan yang dihasilkan juga semakin rendah. Maka dari itu perencanaan *powder factor* sangat penting untuk meminimalisir getaran maupun kebisingan agar bahaya yang ditimbulkan oleh kebisingan tersebut dapat dikurangi.

#### 1.2. Penggunaan Delay Time

Tinggi rendahnya nilai *delay time* yang digunakan juga dapat menentukan besar kecilnya *flyrock*, tingkat getaran tanah dan kebisingan. Semakin tinggi nilai *delay time* yang digunakan maka kebisingan yang dihasilkan juga dapat dikurangi. Karena waktu penjarangan pada *surface delay* yang lebih lama sehingga dapat mengurangi lubang ledak yang meledak secara bersamaan dan kebisingan pun dapat dikurangi. Jadi lebih efektif dalam menggunakan *delay time* dengan nilai waktu tunda yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *delay time* dengan waktu tunda yang lebih kecil.

#### 1.3. Penggunaan Air Deck

Penggunaan *air deck* menunjukkan pada kolom isian (PC) pada peledakan *air deck* berkurang yang semula 1,8 – 3,2 m relatif menurun 45,9% menjadi 0,8 – 3,2 m karena adanya *air deck*. Untuk memperkuat hasil penurunan perbaikan kebisingan dilakukan pengukuran secara langsung menggunakan alat *blastmate III* pada

proses peledakan *air deck*. Data hasil pengukuran secara langsung menggunakan *blastmate III* dimana data hasil peledakan ini menghasilkan rata-rata kebisingan relatif menurun kurang lebih 31,4%. Hasil ini sangat diharapkan dengan dikaitkan kestabilan lingkungan mengingat daerah peledakan tidak jauh dari pemukiman warga.

### d. Hasil Analisis Dampak Peledakan Terhadap Kesehatan Dan Keselamatan Kerja

Berdasarkan dari analisis yang telah dilakukan maka dapat dilanjutkan dengan mengkaji analisis tersebut apakah masih dalam batas aman atau melebihi batas aman berdasarkan standar yang telah ditetapkan yaitu *flyrock*, *ground vibration* dan kebisingan, yang kemudian dilakukan pengkajian data dengan mengambil rata-rata dari setiap data yang telah di analisis lalu membandingkan antara data aktual dan data hasil analisis tersebut melalui penjelasan dari tabel berikut:

**Tabel 9** Kajian dampak peledakan berdasarkan standar yang telah ditetapkan

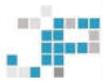
Dampak Peledakan	Hasil	Standar	Keterangan
1. <i>Flyrock</i>	306,33 m	250 m -300 m	Tidak aman
	124 m	250 m -300 m	Aman
2. <i>Ground Vibration</i>	5,13 mm/s	3 mm/s	Tidak aman
	2,65 mm/s	3 mm/s	Aman
3. Kebisingan	90,71 dB	60 dB – 70 dB	Tidak aman
	65,69 dB	60 dB – 70 dB	Aman

Jadi bisa ditarik kesimpulan berdasarkan dari data di atas bahwa dampak peledakan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk telah memenuhi syarat batas aman untuk *flyrock*, *ground vibration* dan kebisingan. Sehingga dapat dilihat berdasarkan kajian di atas bahwasannya lebih efisien dengan menggunakan *air deck* dan juga pada *flyrock* digunakan *stemming* dengan ukuran 3,5 m.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dampak negatif yang ditimbulkan akibat peledakan antara lain, yaitu *flyrock*, *ground vibration* dan kebisingan yang berdampak besar terhadap kesehatan dan keselamatan kerja di lokasi tambang
2. Faktor-faktor yang menyebabkan munculnya dampak negatif akibat peledakan antara lain, yaitu geometri peledakan, distribusi bahan peledak maupun jarak pengukuran terhadap titik peledakan
3. Dampak yang ditimbulkan akibat peledakan, yaitu seperti jarak *flyrock* melebihi bakumutu yang telah ditetapkan oleh PT. Bukit Asam, Tbk yaitu 250 m hingga 300 m untuk alat dan manusia dengan rata-



rata data aktual yaitu 306,33 m yang dimana melebihi bakumutu yang seharusnya, maka salah satu cara untuk meminimalisirnya dengan menggunakan *bottom air deck* sehingga rata-rata untuk jarak *flyrock* menjadi 124 m karena apabila dibiarkan akan menyebabkan kerusakan alat dan bangunan, menciderai seseorang bahkan sampai menyebabkan kematian. Apabila tingkat getaran melebihi bakumutu yang telah ditetapkan oleh perusahaan yang menggunakan SNI 7571 tahun 2010 yaitu 3 mm/s dengan jarak pengukuran terhadap titik peledakan 300-500 m dengan rata-rata tingkat getaran tanah aktual yaitu 5,13 mm/s yang dimana melebihi bakumutu yang seharusnya, maka salah satu cara untuk meminimalisirnya dengan menggunakan *bottom air deck* sehingga rata-rata untuk rata-rata getaran tanah menjadi 2,65 mm/s karena apabila dibiarkan akan menimbulkan kerusakan pada bangunan dan getaran tanah yang menyebabkan tanah longsor pada *bench* yang ada disekitar yang dapat menciderai seseorang bahkan sampai dapat menyebabkan kematian apabila tingkat getaran tanah ini melebihi bakumutu yang seharusnya, sedangkan apabila tingkat kebisingan melebihi bakumutu yang telah ditetapkan oleh Keputusan Kementerian Kesehatan No.216 tahun 1987 yaitu 60-70 dB dengan jarak pengukuran terhadap titik peledakan 300-500 m dengan rata-rata tingkat kebisingan aktual yaitu 90,71 dB yang dimana melebihi bakumutu yang seharusnya, maka salah satu cara untuk meminimalisirnya dengan menggunakan *bottom air deck* sehingga rata-rata untuk kebisingan menjadi 65,69 dB karena apabila dibiarkan akan menimbulkan kerusakan pada pendengaran yang serius pada manusia bahkan sampai menyebabkan kematian apabila kebisingan ini melebihi bakumutu seharusnya dan dalam jangka waktu yang panjang

- [5]. Koesnaryo. S. (2001). *Teori Peledakan, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara*. Bandung.
- [6]. Kementerian Lingkungan Hidup RI. (1996). Kepmen LH Nomor 49/Men.LH/11/1996. *Tentang Baku Tingkat Getaran*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup RI
- [7]. Soedarmo, D. & Kadir, E. (2009). *Pengukuran Vibrasi Hasil Peledakan di Tambang Terbuka Hijau PT. Newmont Nusa Tenggara*. Jurnal Rekayasa Sriwijaya, 18 (1): 25-32
- [8]. Porteous. (1996). *Dictionary of Environmental Science & Technology*. London
- [9]. Ash, R.L. (1990). *Design of Blasting Round Surface Mining*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. : Kennedy
- [10]. Richard dan Moore. (2005). *Empirical Methods And Dimensional Analyst Methods*. Amerika Serikat
- [11]. Konya, C. J., dan Edwar J. W. (1990). *Surface Blast Design*. New Jersey: Prentice Hall Englewood Cliffs
- [12]. Bhandari. (1997). *Engineering Rock Blasting Operations*. Rotterdam: AABalkema
- [13]. InstanTEL. (2013). *Mine Planning and Equipment Selection*. German

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Laporan Bulanan Departemen Penunjang Tambang Bulan April. (2018). Tanjung Enim: Sumatera Selatan
- [2]. Suwandi, A. (2008). *Diktat Khusus Juru Ledak XIV Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*. Bandung: Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. hlm. 6-26
- [3]. Konya, C.J dan Walter, E.J. (1990). *Surface Blast Design And Prentice Hall*. New Jersey: Englewood Cliffs
- [4]. Jimeno, C.L. and Jimeno, E.L. (1995). *Drilling and Blasting of Rock*. Rotterdam: Balkema