

# APLIKASI VALUE ENGINEERING UNTUK ANALISIS ELEMEN EVAKUASI ALAT BERAT GUNA MENDAPATKAN NILAI KEGIATAN YANG LEBIH TINGGI

## VALUE ENGINEERING APPLICATION FOR ELEMENT ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT EVACUATION TO GET HIGHER ACTIVITY VALUE

Mulyanto Soerjodibroto<sup>1</sup>, Nadila Guspani Putri<sup>1</sup>

1. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

Email: mulyanto@uinjkt.ac.id

### ABSTRAK

Pengamanan pekerja dan peralatan dari bahaya lontaran batuan (*Flyrock*) peledakan mutlak harus dilakukan. Tujuan pengamanan ini sejalan dengan prinsip K3 dan K Operasional Pertambangan seperti yang ditekankan dalam panduan *Good Mining Practice*. Tidak dipungkiri bahwa untuk memenuhi prasyarat keamanan, diperlukan pengorbanan biaya maupun kehilangan jam kerja produksi alat. Dengan mengacu pada prinsip Analisa *Value Engineering*, penelitian dilakukan dalam usaha menekan pengorbanan dengan cara mengurangi jarak lontaran terjauh dari peledakan *overburden* pada PT Antareja Mahada Makmur di Kalimantan Timur, tanpa mengesampingkan syarat keamanan seperti yang di maksud dalam peraturan ESDM KepMen no. 1827/2018 Lampiran 2 hal 79 butir (ix). Penelitian dilakukan dengan memodifikasi parameter peledakan jenjang, terutama yang terkait dengan faktor bahan peledak, sampai mendapatkan jarak aman dari lontaran terjauh dari *flyrock* yang lebih kecil dari ketentuan 300 meter. Dari seri percobaan diperoleh jarak aman 150 meter sebagai acuan evakuasi alat berat. Ini membawa manfaat bagi perusahaan berupa penurunan pengorbanan sampai  $\pm 50\%$  dari nilai semula tanpa mengurangi Nilai Keselamatan yang disyaratkan.

**Kata kunci:** *flyrock*, jarak aman, *value engineering*.

DOI: 10.15408/jipl.v3i2.29412.

### ABSTRACT

*The safety of workers and equipment from the dangers of flyrock blasting is an absolute must. The purpose of this safeguard is in line with the K3 and K Operational Mining principles as emphasized in the Good Mining Practice guidelines. It is undeniable that in order to meet these safety requirements, it is necessary to sacrifice costs as well as loss of equipment production hours. With reference to the principles of Value Engineering Analysis, research was carried out in an effort to reduce these sacrifices by reducing the farthest flyrock ejection distance of bench overburden blasting at PT. Antareja Mahada Makmur site in East Kalimantan without violating the safety requirements as meant in the Minister of ESDM Decree no. 1827/2018 Attachment 2 page 79 points (ix). The research was carried out by modifying the parameters of the detonation ladder, especially those related to the explosives factor, to obtain safe distance from the farthest ejection of flyrock which is smaller than the 300 meter requirement. From the experimental series, it was obtained that the safe distance from the farthest ejection of flyrock is 150 meters as a reference for heavy equipment evacuation. This brings benefits to the company in the form of reducing sacrifices up to  $\pm 50\%$  from the previous without reducing the required Safety Value.*

**Keywords:** *flyrock*, safe distance, *value engineering*

## PENDAHULUAN

Pemindahan (evakuasi) alat berat ketempat yang aman dari kemungkinan bahaya *flyrock* disyaratkan oleh peraturan ESDM KepMen No. 1827/2018 Lampiran 2 hal 79 butir (ix) Tujuannya untuk menghindari kerusakan alat berat karena terkena *flyrock* peledakan. Dalam aturan yang ditetapkan, semua peralatan kerja, termasuk alat berat pertambangan harus berada diluar radius 300 meter dari titik pusat peledakan. Manfaat bagi perusahaan adalah untuk menghindarkan kerusakan alat kerja utama karena terkena *flyrock*, agar kegiatan produksi tidak terganggu. Namun manfaat tersebut harus dibayar dengan pengeluaran biaya operasi alat yang berupa biaya BBM, Keausan alat (terutama *engine* dan *undercarriage*), biaya operator, dan juga kehilangan kesempatan (*opportunity lost*) menggunakan jam operasi alat saat evakuasi untuk pekerjaan produktif yang lain (Ash, 1963). Dengan mempertimbangkan hal ini, dilakukan analisis menggunakan pendekatan *Value Engineering* guna meningkatkan nilai manfaat dari evakuasi alat berat tanpa mengabaikan aspek keselamatan yang dimaksudkan oleh peraturan ESDM Kepmen ESDM no. 1827/2018 Lampiran 2 hal 79 butir (ix).

## METODE

### **Evakuasi Peralatan Berat Untuk Menghindari Bahaya *Flyrock*.**

Dalam rangkaian kegiatan produksi batubara ataupun kegiatan pembongkaran lapisan penutup (*overburden*) digunakan set alat kerja utama berupa *Bulldozer*, *Excavator*, *Crawler Drill*, *Bulldozer*, *Grader*, *Explosive loading machine* dan beberapa alat bantu lainnya. Pada *front* kerja yang besar jumlah alat2 tersebut dapat terdiri dari beberapa set peralatan dengan jadwal kerja yang sangat ketat. Alat alat ini karena fungsinya yang vital dalam kegiatan produksi, dan harganya yang mahal haruslah diamankan dari kerusakan yang tidak perlu, seperti terkena lontaran *flyrock*. Untuk melindungi alat alat tersebut, perusahaan harus bersedia mengeluarkan sejumlah biaya yang tidak kecil, dan juga mengorbankan sejumlah waktu produktif alat guna evakuasi alat2 tersebut. Salah satu tambang batubara di Kalimantan Timur mengeluarkan biaya sebesar 155 juta Rp untuk konsumsi BBM dan kehilangan waktu produktif sebesar 45 jam hanya dari PC 2000 dan PC 1250 yang dipakai 4. Pengorbanan ini dapat jauh lebih besar bila semua peralatan yang harus dievakuasi juga dimasukkan dalam perhitungan. (Tentu kita bisa berdebat panjang bahwa dg pengorbanan sebegitu untuk menyelamatkan alat yang fungsinya sangat vital dan harganya mahal, adalah layak). Terlepas dari kelayakan pengorbanan tersebut, perusahaan berusaha menganalisa dapatkah manfaat berupa keamanan peralatan tersebut diperoleh dengan pengorbanan yang lebih sedikit. Dalam kajian ini akan digunakan pendekatan analisis berdasarkan prinsip *Value Engineering* (Rekayasa Nilai).

### ***Value Engineering***

Secara definisi *Value Engineering* (VE) adalah Langkah aplikasi Teknik analisis yang terorganisasi secara sistematis untuk identifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi pokok yang diperlukan dengan pengorbanan terkecil 11. Analisis dapat dilakukan pada setiap elemen kegiatan yang terlibat dalam menghasilkan “fungsi “ yang telah ditentukan 10. VE merupakan teknik pemecahan masalah yang efektif yang pada dasarnya adalah sebuah proses yang menggunakan analisis fungsi, kerja tim dan kreativitas untuk meningkatkan nilai 9 (Miles, 1972) ; (Crum, 1971).

Tujuan rekayasa nilai adalah untuk melihat adakah elemen kegiatan yang tidak diperlukan atau dapat dikurangi dalam menjalankan fungsi yang sama, dan karenanya dapat dihapuskan/dikurangi tanpa meninggalkan fungsi pokok yang sudah ditentukan dengan pengorbanan yang lebih sedikit 3.

Analisa *Value Engineering* ini sudah lama dipraktekkan baik di industri maupun di pemerintahan. *The Navy's Bureau of Ship of US DoD*, di tahun 1957 merupakan lembaga resmi pertama yang mengadopsi Teknik ini untuk menekan biaya konstruksi kapal perang tanpa mengurangi fungsi pokoknya 12.

Dalam konteks kajian ini, yang dimaksud dengan Nilai (*Value*) adalah sama dengan Manfaat yang diperoleh oleh perusahaan yang berupa keselamatan dari alat alat utama dari kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh “*flyrock*” dengan merelakan pengorbanan tertentu. Atau secara singkat dapat dituliskan sebagai (Sharma, et al., 2021); (Stevens, 1992):

$$\text{NILAI} = \frac{\text{MANFAAT yang diperoleh}}{\text{PENGORBANAN yang harus dikeluarkan}} \quad (1)$$

$$\text{NILAI} = \frac{\text{Keamanan alat dari bahaya flyrock}}{\text{Biaya O & O untuk evakuasi alat}} \quad (2)$$

Semakin besar NILAI yang dihasilkan, semakin bagus kegiatan evakuasi tersebut. Bagaimana perusahaan dapat meningkatkan NILAI ? Ada beberapa cara yang mungkin dilakukan :

Meningkatkan suku MANFAAT dengan cara :

Menambah manfaat; misalnya pergerakan alat saat evakuasi sambil dipergunakan untuk melatih operator baru, atau sambil melebarkan jalan dll.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Manfaat } \Delta \text{ Manfaat}}{\text{Pengorbanan}} \quad (3)$$

Menekan suku PENGORBANAN yang harus dikeluarkan, dengan cara :

Memilih jalur evakuasi terbaik (sedikit belokan, sedikit tanjakan), atau mengurangi jarak evakuasi dll.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Manfaat}}{\text{Pengorbanan} - \Delta \text{ Pengorbanan}} \quad (4)$$

Atau akan lebih baik kalau suku pembilang (MANFAAT) dan penyebut (PENGORBANAN) dapat di rekayasa, sehingga :

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Manfaat} + \Delta \text{ Manfaat}}{\text{Pengorbanan} - \Delta \text{ Pengorbanan}} \quad (5)$$

Dalam konteks evakuasi alat, manfaat utama , yaitu keselamatan alat dari bahaya lontaran *flyrock*, merupakan syarat MUTLAK yang tidak boleh ditawar lagi, karenanya pengurangan suku penyebut harus tidak boleh mengurangi manfaat mutlak tersebut. Pilihan menambah manfaat bersifat “*augmentasi*” terhadap manfaat utama yang harus dipilih tanpa mengorbankan manfaat utama.

### Meningkatkan Nilai Manfaat Dari Kegiatan Evakuasi Alat.

Dengan mempertimbangkan bahwa pengorbanan yang dikeluarkan perusahaan untuk mendapatkan kondisi aman bagi alat berat dari lontaran *flyrock* cukup signifikan, apalagi mengingat bahwa evakuasi harus dilakukan setiap ada peledakan, maka kegiatan evakuasi alat berat dipilih untuk dianalisis guna peningkatan “nilai” manfaat bagi Perusahaan (Konya, 1995).

Pemilihan elemen kegiatan mana yang akan dianalisis guna peningkatan nilai dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti fungsi dari elemen kegiatan, perannya terhadap pencapaian manfaat utama, besarnya pengorbanan yang harus dikeluarkan, “*opportunity loss*” , dan kemudahan modifikasinya. Analisis untuk memilih elemen kegiatan dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti *Pareto Analysis*, *Matrix Sebab Akibat* dan lain-lain.

Dalam kaitan kegiatan evakuasi alat2 berat keluar radius aman dari *flyrock*, nilai (*value*) yang diperoleh perusahaan adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Manfaat}}{\text{Pengorbanan}} \quad (6)$$

$$\text{NILAI} = \frac{\text{Kondisi Aman Alat dari Flyrock}}{\text{Pengorbanan yang dikeluarkan utk Evakuasi}} \quad (7)$$

Biaya yang harus dikeluarkan sangat tergantung dari jumlah alat, jenis alat, jarak evakuasi, jalur evakuasi yang semuanya akan menjadi faktor pengali dari biaya operasi alat/satuan waktu. Dalam kajian kali ini digunakan data dari salah satu tambang batubara di Kaltim yang hanya memperhitungkan biaya evakuasi PC 2000 dan PC 1250 yang digunakan dalam operasi pembeeraan *overburden*. Pengorbanan yang perusahaan keluarkan selama periode Oktober – Desember 2021 :

**Tabel 1.** Pengorbanan yang dikeluarkan

<i>Travelling Time (Jam)</i>	<i>Loss of Production Opportunity (Bcm)</i>	<i>Fuel Consumption (Liter)</i>
45.47	39754,33	6953,785

Perusahaan mendefinisikan pengorbanan yang harus dilakukan untuk mendapatkan kondisi aman bagi PC 2000 dan PC 1250 dari bahaya *Flyrock* sebagai :

1. Kehilangan jam produktif yang seharusnya PC 2000 dan PC 1250 dapat menghasilkan pembeeraan OB sebesar 39,754.33 BCM,
2. Konsumsi BBM untuk evakuasi PC 2000 dan PC1250 sebesar 6.953,785 liter

Besaran pengorbanan tersebut diturunkan dari jumlah waktu pergerakan alat yang diperlukan untuk evakuasi keluar dari radius 300 meter dari titik acuan peledakan yang mencapai 45,47 jam operasi alat. Untuk menaikkan “nilai” evakuasi alat, perusahaan menargetkan untuk dapat menekan besaran pengorbanan dengan cara mencari jarak aman yang lebih pendek dari radius 300 meter. Pilihan ini diambil karena opsi lain terkait dengan pergerakan alat sudah dianggap mencapai tingkat memuaskan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rekayasa Untuk Mendapatkan Jarak Aman Yang Lebih Pendek

Usaha mendapatkan jarak aman yang lebih pendek dari 300 meter dilakukan dengan melakukan analisis terhadap faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *flyrock* seperti dimensi peledakan dan *powder factor*. Sementara hal lain yang terkait dengan karakteristik batuan dan jenis bahan peledak dianggap sebagai *factor “given”* yang tidak bisa di ubah-ubah (Bhandari, 1997); (Hustrulid & William, 1999).

Analisa diawali dengan mempelajari korelasi antara faktor terhadap terjadinya jarak lontaran *flyrock*. Analisa statistik terhadap data-data peledakan yang lalu pada blok area yang sama menghasilkan data hubungan antara factor seperti yang disampaikan dalam tabel dibawah ini.

**Tabel 2.** Analisis korelasi geometri peledakan terhadap jarak *flyrock* aktual

No	Parameter	Koef Korelasi (r)	Koef Determinasi (R <sup>2</sup> )	Determinasi (%)
1	<i>Burden</i>	0,065	0,0042	0,4
2	<i>Spasi</i>	0,065	0,0042	0,4
3	<i>Stemming</i>	-0,332	0,1101	11,0
4	Kedalaman Lubang Ledak	-0,187	0,0349	3,5
5	Diameter Lubang Ledak	0,508	0,2585	25,8
6	<i>Powder Factor</i>	0,599	0,3590	35,9
7	Isian Rata-Rata Lubang Ledak	0,294	0,0864	8,6
8	Burden Awal	0,017	0,0003	0,0

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap operasi peledakan adalah *powder factor* dengan nilai 35.9%, diameter lubang ledak dengan nilai 25.8% dan *stemming* dengan nilai 11.0%.

Berbekal hasil analisis korelasi tersebut, dan mengacu ketentuan dalam Kepmen ESDM no. 1827/2018 Lampiran 2 hal 79 butir (viii) dan (ix), perusahaan melakukan penelitian dengan fokus pada parameter *powder factor* yang mempunyai korelasi positif paling besar terhadap jarak lontaran *flyrock*. *Powder factor* dari bahan peledak yang diisikan ke tiap lubang ledak (*blast hole*) harus < 0.19 kg/m<sup>3</sup>. Pembatasan PF<0.19 ternyata dapat memberikan hasil seperti yang diharapkan. Lontaran *flyrock* terjauh turun dari 105.0 m menjadi 75.7 m seperti disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 3.** Jarak lontaran *flyrock*

Titik Lokasi	Jarak Sebelum Percobaan (m)	Jarak Setelah Percobaan (m)
Terdekat	17.7	9.4
Terjauh	105.3	75.7

Hasil kajian teknis di atas memberikan alasan bagi perusahaan untuk dapat menurunkan radius aman bagi peralatan yang semula sesuai Kepmen ESDM No. 1827/2018 Lampiran 2 hal 79 butir (ix) sebesar 300 m menjadi 150 m, tanpa mengurangi tingkat keselamatan peralatan dari bahaya lontaran *flyrock*. Perubahan radius aman ini hanya akan di berlakukan pada peralatan tambang, sementara radius aman untuk pekerja masih tetap akan mengacu pada Kepmen ESDM di atas (Ghasemi et al., 2012).

Analisis fragmentasi batuan hasil peledakan menunjukkan bahwa distribusi ukuran fragment masih dalam batas yang disyaratkan perusahaan dimana jumlah *boulder* > 80 cm tidak boleh melebihi 10%. Jumlah *boulder* > 80 cm dalam percobaan PF hanya mencapai sekitar 6%.

**Kenaikan Nilai Kegiatan Evakuasi Alat.**

Berdasarkan nilai dari persamaan berikut ini :

$$NILAI = \frac{\text{Kondisi Aman Alat dari Flyrock}}{\text{Pengorbanan yang dikeluarkan utk Evakuasi}} \tag{8}$$

Dapat dikatakan bahwa bagi perusahaan NILAI yang diperoleh dari kegiatan evakuasi alat ke luar radius 300 m, adalah tingkat keselamatan peralatan 100%, artinya peralatan benar benar aman dari bahaya terkena lontaran *flyrock* . Nilai ini diperoleh dengan pengorbanan yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 155.000.000 dan kehilangan kesempatan memproduksi Rp. 40.000/BCM selama Triwulan IV 2021. Dengan dapat diturunkannya radius aman untuk peralatan menjadi 150 m, maka diperoleh potensi besaran pengorbanan dapat dihemat menjadi 50% dari semula untuk perioda waktu yang sama, dengan tetap memperoleh manfaat berupa 100% tingkat keselamatan peralatan dari bahaya *flyrock* seperti yang disajikan dalam Tabel 4 besaran pengorbanan yang dikeluarkan Perusahaan untuk memperoleh kondisi aman dari lontaran *flyrock* bagi alat berat PC 2000 dan PC 1250.

**Tabel 4.** Pengorbanan yang dikeluarkan

<i>Travelling</i> (Jam)	<i>Loss of Production Opportunity</i> (BCM)	<i>Fuel Consumption</i> (Liter)
23	20.000	3500

## PENUTUP

Aplikasi *Value Engineering* (VE) dalam penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa ada elemen kegiatan dari pembongkaran *overburden* yang dapat lebih di efisienkan, tanpa mengorbankan tujuan utama mendapatkan jarak aman evakuasi alat dari kemungkinan lontaran *flyrock*. Dengan meningkatkan efisiensi (= menurunkan sumberdaya, memperpendek waktu proses)<sup>3</sup> dan tetap mensyaratkan 100% keamanan peralatan produksi (dalam hal ini hanya PC 2000 dan PC 1250 yang dipakai sebagai contoh analisis) dari bahaya lontaran *flyrock*, perusahaan akan memperoleh NILAI (VALUE) penuh berupa keamanan bagi kedua alat beratnya dengan pengorbanan 23 jam kerja produktif yang hilang dengan “*production opportunity loss*” sebesar 20.000 BCM *Overburden*, dan konsumsi BBM sebesar 3500 liter.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Bapak Ali Kusumah Singawilastra dan Bapak Ari Wibowo selaku Pembimbing Lapangan yang memungkinkan penelitian ini dilakukan di tengah kegiatan aktual dari PT Antareja Mahada Makmur di Kalimantan Timur, yang pasti sedikit banyak menimbulkan gangguan atas pekerjaan yang sedang dilakukan. Terima kasih juga disampaikan kepada DR. Nashrun Hakiem dan DR. Ambran Hartono yang telah memberikan dorongan dan kesempatan untuk dilakukannya penelitian ini. Terakhir, terima kasih juga di sampaikan kepada tim penulis yang telah bekerja sama dengan serius untuk menyelesaikan penulisan paper ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R.L. (1963). *The Mechanics of Rock Breakage (Part 2) - Standarts for Blasting Design*. Pit & Quarry Magazine.
- Bhandari, S. (1997). *Engineering Rock Blasting Operations*. Balkema. Rotterdam.
- Crum, L. W., DFC, CEng, FRAes,(1971). *Value engineering: The Organised Search for Value*.
- Ghasemi, E., Sari, M., & Ataei, M. (2012). *Development Of An Empirical Model For Predicting The Effects Of Controllable Blasting Parameters On Flyrock Distance In Surface Mines*. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol.52 : 163–170.
- Hustrulid & William. (1999). *Blasting Principles for Open Pit Mining Vol 1 :General Design Concept*. A. A. Balkema. Rotterdam.
- Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Konya, C.J. (1995). *Blast Design, Precision Blasting Services*. Montville.
- Miles, L.D., (1972), *Techniques Of Value Analysis And Engineering*, Mcgraw-Hill.
- Sharma, A. and Belokar, R. M., (2021), *Achieving Success through Value Engineering: A Case Study*, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012 Vol II*.
- Stevens, L. N. (1992), *Value Engineering: Usefulness Well Established When Applied Appropriately*, Testimony before the Subcommittee on Legislation and National Security of the Committee on Government Operations of the House of Representatives.