

# Evaluasi Hasil Peledakan *Overburden* menggunakan Metode TOPSIS pada Tambang Terbuka PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB Kalimantan Tengah

Auaradha Shukura Muji<sup>1\*</sup>, and Raimon Kopa<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

\*[auaradhasm@gmail.com](mailto:auaradhasm@gmail.com)

\*\*[raimon\\_kopa@yahoo.co.id](mailto:raimon_kopa@yahoo.co.id)

**Abstract.** Blasting is an important operations in mining. The explosion carried out by PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB was an activity involving ANFO explosives. The improper selection of blasting geometry will create a problem with blasting results, such as rock fragmentation with a lot of boulders, flyrock, high ground vibrations, high air blasts, long digging time and high powder factor values. Based on the problems that arise, choosing the right blasting geometry will certainly be needed. Selecting the right blasting geometry can be done using the Multi Criteria Decision Making (MCDM). TOPSIS is one method that can be used in decision making. In determining the right geometry using this TOPSIS, safety and technical parameters are taken into consideration. Finally, Based on the blasting classification obtained from the average  $C_r$  value of twenty available alternatives, the blasting results are categorized as good with a value 0.298 (class II). The most suitable blasting geometry for PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB from evaluation using TOPSIS is a burden of 6.5 m, spacing of 7.5 m, drill hole diameter of 20 cm, subdrill of 0.5 m, hole depth of 7.25 m and stemming of 4.3 m.

**Keywords:** Blasting, Blasting Geometry, Multi Criteria Decision Making (MCDM), *Overburden*, TOPSIS

## 1. Pendahuluan

PT Pamapersada Nusantara merupakan salah satu perusahaan konsesi batubara terbesar dan terbaik di Indonesia yang telah bekerjasama dengan banyak perusahaan batubara di Indonesia, salah satunya adalah PT Telen Orbit Prima yang berada di Desa Buhut Jaya, Kecamatan Pujon, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah. Adapun metode penambangan yang digunakan adalah metode tambang terbuka. Metode tambang terbuka yang diterapkan oleh perusahaan, membuat pembongkaran tanah penutup menjadi salah satu aktivitas yang harus dilakukan dalam upaya pengambilan cadangan batubara.

Pembongkaran tanah penutup di PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB menggunakan metode peledakan. Pemilihan metode peledakan dikarenakan nilai kekerasan batuan yang tinggi, sehingga tidak bisa secara langsung dibongkar (metode *free digging*) ataupun dengan metode *ripping & dozing*.

Peledakan merupakan kegiatan pemecahan atau pemberaian suatu material menggunakan bahan peledak.

Keberhasilan suatu peledakan dapat dilihat dari target produksi yang terpenuhi, efisiensi penggunaan bahan peledak untuk memperoleh sejumlah volume batuan yang terbongkar (*powder factor*), diperoleh fragmentasi batuan hasil peledakan dengan sedikit bongkah (<15% dimensi batuan 100 cm), diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, retakan-retakan), aman (sesuai dengan standar operasional prosedur) serta dampak terhadap lingkungan (*flyrock*, *ground vibration*, *air blast* dan gas beracun) yang minim<sup>[1]</sup>.

Peledakan pada pembongkaran tanah penutup yang dilakukan di PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB masih dikatakan belum memuaskan, hal ini dapat dilihat dari parameter keberhasilan peledakan (fragmentasi, *digging time*, *powder factor*, *flyrock*, *ground vibration* dan *air blast*) yang belum memenuhi standar. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, dari enam parameter keberhasilan peledakan terdapat empat parameter yang belum memenuhi standar, diantaranya adalah fragmentasi, *digging time*, *powder factor* dan *flyrock*.

Fragmentasi batuan hasil peledakan di PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB masih belum memenuhi standar yang ada, yakni berada pada angka sekitar 20 persen batuan yang berukuran > 100 cm. Bongkahan yang dihasilkan dari proses peledakan akan membuat pemuatan tanah penutup menjadi terganggu. Bongkahan yang timbul setelah proses peledakan akan memakan waktu yang lebih lama dalam pemuatannya serta membuat alat gali bekerja lebih ekstra dikarenakan harus mereduksi ukuran bongkahan agar dapat dimuat. Proses pereduksian ukuran bongkahan ini juga akan berpotensi besar membuat kontruksi *bucket* alat gali menjadi cepat rusak.

Batu terbang atau disebut juga dengan *flyrock* merupakan fragmentasi batuan yang terlempar akibat peledakan. Fragmentasi batuan yang terlempar melebihi radius aman dapat mengakibatkan kerusakan pada alat mekanis ataupun mengakibatkan cedera bahkan kematian untuk manusia. *Flyrock* yang dikatakan baik berdasarkan internal PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB maksimum dengan jarak 100 meter, namun pada kenyataannya masih ditemukan *flyrock* dengan jarak yang melebihi 100 meter, yakni dengan jarak sekitar 200 meter.

Nilai *digging time* yang terlalu lama tentu akan mengakibatkan produktivitas alat gali muat terganggu. Produktivitas alat gali muat yang menurun akan memberikan pengaruh terhadap produksi tanah penutup hasil peledakan, sehingga semakin kecil nilai *digging time* maka semakin besar produktivitas alat gali muat dan sebaliknya, namun nilai *digging time* alat gali muat (PC 2000) PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB masih ditemukan dengan durasi sekitar 14 detik dari standar internal perusahaan maksimum pada angka 11 detik.

Penggunaan bahan peledak untuk memperoleh sejumlah volume batuan yang terbongkar (*powder factor*) juga masih terbilang belum menunjukkan nilai yang optimum. Nilai *powder factor* yang digunakan oleh PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB berada pada kisaran angka 0,2 kg/m<sup>3</sup> dari standar perusahaan 0,18 kg/m<sup>3</sup>.

Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan di atas perlu adanya evaluasi hasil peledakan. Metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) merupakan salah satu jenis dari *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) yang dapat digunakan dalam melakukan evaluasi hasil peledakan, dimana metode TOPSIS mampu menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan kriteria tertentu. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi sejauh mana keberhasilan peledakan yang dilakukan oleh PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB, sehingga perusahaan dapat menentukan geometri peledakan yang tepat untuk digunakan.

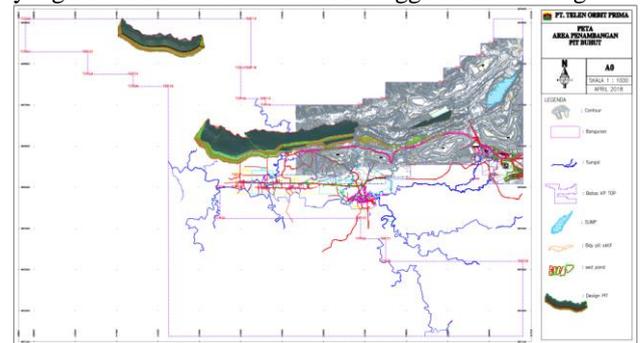
## 2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB, secara administrasi PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB terletak di Desa Buhut Jaya,

Kecamatan Pujon, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah yang berada pada koordinat 01° 07' 20.05" LS, 114° 29' 23.19" BT.

*Jobsite* ini terletak sekitar 67 km ke arah Barat Daya Kota Muara Teweh atau lebih kurang 450 km ke arah Utara Kota Banjarmasin. Lokasi penelitian dapat ditempuh dengan perjalanan darat menggunakan kendaraan roda empat dari Palangka Raya – Timpah – Buhut ditempuh selama ± 6 jam.

Berdasarkan Surat Keputusan Bupati Kapuas nomor 921 Tahun 2007 wilayah kegiatan penambangan Eksploitasi PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB adalah seluas 4.897 hektar dengan nilai kalori cadangan yang bervariasi mulai dari 4000 hingga 6000 Kkal/kg.



Gambar 1. Peta Area Penambangan PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* TOPB

## 3. Kajian Teori

### 3.1. Peledakan

Peledakan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk pembongkaran material<sup>[2]</sup>. Teknik peledakan merupakan tindak lanjut dari kegiatan pemboran, dimana tujuannya adalah untuk melepaskan batuan dari batuan induknya agar menjadi fragmen-fragmen yang berukuran lebih kecil sehingga memudahkan dalam proses penanganan material selanjutnya<sup>[3]</sup>. Peledakan pada kegiatan penambangan, selain memberaikan batuan (fragmentasi) juga akan menimbulkan rambatan gelombang seismik yang menggambarkan perjalanan energi melalui bumi dan mengakibatkan getaran pada massa batuan atau material disekitarnya<sup>[4]</sup>.

Parameter yang dapat dikendalikan merupakan faktor yang dapat dimodifikasi sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. Adapun parameter peledakan yang dapat dikendalikan adalah diameter lubang ledak, geometri peledakan, kemiringan lubang ledak, pola lubang ledak, geometri dari bidang bebas, ukuran dan bentuk ledakan, volume ekspansi yang tersedia, *charge configuration*, *decoupling of the charges*, bahan peledak, distribusi bahan peledak dalam lubang ledak, *initiation and priming*, waktu tunda dan urutan inisiasi, pengaruh pemuatan muatan pada desain peledakan, pengeboran yang spesifik dan penyimpangan lubang ledak<sup>[5]</sup>.

Adapun parameter yang tidak dapat dikendalikan merupakan faktor yang tidak dapat dimodifikasi atau disesuaikan dengan keinginan dan kebutuhan, diantara parameter yang tidak dapat dikendalikan ini adalah

keadaan geologi, sifat dan kekuatan batuan, struktur diskontinuitas, kondisi cuaca serta air tanah yang tidak dapat dikontrol.

## 3.2. Faktor-faktor yang Memengaruhi Hasil Peledakan

Keberhasilan suatu peledakan dapat dilihat dari target produksi yang terpenuhi, efisiensi penggunaan bahan peledak untuk memperoleh sejumlah volume batuan yang terbongkar (*powder factor*), diperoleh fragmentasi batuan hasil peledakan dengan sedikit bongkah (<15% dimensi batuan 100 cm), diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, retakan-retakan), aman (sesuai dengan standar operasional prosedur) serta dampak terhadap lingkungan (*flyrock*, *ground vibration*, *air blast* dan gas beracun) yang minim.

### 3.2.1. Ketercapaian Target Produksi

Peledakan merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan keberhasilan produksi yang didapat dalam kegiatan penambangan<sup>[6]</sup>. Oleh karena itu ketercapaian target produksi menjadi indikator yang penting dalam menentukan keberhasilan sebuah aktivitas peledakan di suatu perusahaan.

### 3.2.2. Efisiensi Bahan Peledak

Pada setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi yang sesuai dengan lebar bukaan *crusher* dan nilai *powder factor* (PF) serendah mungkin<sup>[7]</sup>. Fragmentasi erat kaitannya dengan perbandingan isian bahan peledak terhadap batuan yang terbongkar (*powder factor*), yang diterapkan dalam bentuk geometri peledakan<sup>[8]</sup>. Semakin kecil persentase material *boulder* yang ditargetkan, maka semakin besar penggunaan isian bahan peledak.

### 3.2.3. Fragmentasi

Fragmentasi adalah istilah umum yang digunakan untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah hasil peledakan. Fragmentasi mengacu pada distribusi ukuran batuan yang diperoleh setelah kegiatan peledakan<sup>[9]</sup>. Indikator keberhasilan peledakan selain tercapainya target produksi peledakan adalah fragmentasi<sup>[10]</sup>. Jika dilihat dari segi fragmentasi yang dihasilkan, peledakan dapat dikatakan berhasil yaitu dengan bongkah (>100 cm) yang dihasilkan <15%, hal ini juga selaras dengan ketentuan perusahaan yang menetapkan batas maksimum fragmentasi batuan dengan ukuran >100 cm adalah 15%.

### 3.2.4. Digging Time

*Digging time* merupakan waktu yang dibutuhkan alat gali muat untuk melakukan pemuatan material ke dalam *bucketnya*. *Digging time* ini sangat dipengaruhi oleh hasil fragmentasi peledakan dan jenis alat muat yang digunakan oleh perusahaan untuk memuat tanah penutup hasil peledakan serta keahlian dari operator. Fragmentasi batuan hasil peledakan yang memiliki banyak *boulder* akan membuat nilai *digging time* menjadi besar. Besarnya *digging time* akan berpengaruh pada *cycle time* alat gali

muat, sehingga akan berdampak negatif pada produksi batuan hasil peledakan.

### 3.2.5. Keadaan Aman

Kegiatan peledakan yang bertujuan untuk memisahkan batuan dari induknya dalam industri pertambangan sangat rentan dengan bahaya<sup>[11]</sup>. Adapun indikator yang dilihat pada keadaan aman pada saat aktivitas peledakan ini adalah tidak menggunakan *safety*, merokok pada area peledakan, alat atau manusia berada di jarak tidak aman, memakai alat elektronik di area peledakan dan *misfire*.

### 3.2.6. Dampak terhadap Lingkungan (*Flyrock*, *Gas Beracun*, *Ground Vibration* & *Air Blast*)

Persoalan lingkungan hidup yang mempengaruhi kenyamanan masyarakat adalah getaran tanah, kebisingan bunyi ledakan dan terjadinya *flyrock* yang dapat mengancam keselamatan jiwa<sup>[12]</sup>.

#### 3.2.6.1. *Flyrock*

*Flyrock* adalah salah satu dampak berbahaya dari peledakan di tambang terbuka<sup>[13]</sup>. *Flyrock* merupakan istilah umum yang digunakan untuk menyebutkan batu terbang yang muncul dalam aktifitas peledakan.

#### 3.2.6.2. *Gas Beracun*

Gas beracun adalah gas yang dapat menyebabkan sakit atau mati jika dihirup<sup>[14]</sup>. Pada aktifitas peledakan, gas beracun merupakan gas yang terbentuk akibat adanya detonasi bahan peledak. Idealnya produk peledak gas dari bahan peledak akan terdiri dari air (H<sub>2</sub>O), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan nitrogen (N<sub>2</sub>), namun karena kinetika reaksi kimia, detonasi bahan peledak dalam operasi peledakan juga menghasilkan nitrogen dioksida beracun (NO<sub>2</sub>), nitrat oksida (NO) dan karbon monoksida (CO). Asap nitrogen oksida pasca peledakan dari aktivitas peledakan permukaan telah menjadi masalah penting pada operasional penambangan batubara Australia. Asap nitrogen oksida dengan mudah diidentifikasi sebagai awan kuning pasca ledakan yang dihasilkan. Adapun gas berwarna putih diduga kabut dari uap air (H<sub>2</sub>O) yang juga menandakan terlalu banyak air di dalam lubang ledak, sedangkan gas berwarna kehitaman muncul sebagai akibat dari pembakaran yang tidak sempurna<sup>[15]</sup>.

#### 3.2.6.3. *Ground Vibration* & *Air Blast*

Pada saat bahan peledak diledakkan dalam lubang ledak, pelepasan energi yang cepat terjadi dalam waktu yang sangat singkat, sehingga menyebabkan kenaikan suhu dan tekanan yang luar biasa dan membuat batuan disekitarnya remuk. Pada jarak yang sama dari sumber ledakan, proses inelastis dan efek elastis dimulai. Hanya sebagian dari total energi kimia yang dilepaskan diubah menjadi bentuk elastis. Gangguan elastis yang menyebar jauh dari sumber ledakan disebut dengan gelombang seismik, hal inilah yang kemudian dikenal dengan istilah *ground vibration*<sup>[9]</sup>.

*Air blast* adalah gelombang tekanan yang dirambatkan di atmosfer dengan kecepatan suara. Pada saat bahan peledak diledakkan di udara terbuka atau di lubang yang

sangat dangkal, maka gas yang dilepas ke atmosfer akan menghasilkan gelombang tekanan atmosfer yang awalnya di atas tekanan udara. Besar kecilnya *air blast* yang dihasilkan dipengaruhi oleh rencana peledakan, cuaca dan reaksi manusia<sup>[9]</sup>.

Getaran peledakan merupakan getaran yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan di tambang terbuka<sup>[16]</sup>. Adapun pada pembacaan menggunakan alat *Blasmate III*, diperoleh nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) dengan satuan mm/s. PPV merupakan kecepatan gerakan partikel batuan dari posisi nol meningkat ke maksimum dan kembali ke nol.

Ledakan udara (*air blast*) adalah energi yang dilepaskan oleh peledakan yang menimbulkan tekanan udara (*overpressure*) yang dinyatakan dalam *pound per square* (psi), *decibel* (dB) dan *pascal* (Pa). Adapun tingkat kebisingan peledakan adalah 110 dB dan hanya boleh terpapar maksimum selama 0,5 jam/hari<sup>[16]</sup>.

### 3.3. Metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM)

Pengambilan keputusan multi kriteria adalah metode yang dilakukan untuk evaluasi, penentuan prioritas dan seleksi dari alternatif terbaik yang tersedia. *Multi-Criteria Decision Making* merupakan suatu metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Pengambilan keputusan multi kriteria adalah salah satu cara yang paling baik dalam pembuatan atau pengambilan keputusan<sup>[17]</sup>.

### 3.4. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)

TOPSIS menjadi salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria atau alternatif pilihan yang merupakan alternatif yang mempunyai jarak terkecil dari solusi ideal positif dan jarak terbesar dari solusi ideal negatif dari sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak *Euclidean*, namun alternatif yang mempunyai jarak terkecil dari solusi ideal positif, tidak harus mempunyai jarak terbesar dari solusi ideal negatif. TOPSIS merupakan metode yang paling dapat diterapkan pada MADM untuk melakukan evaluasi dan menentukan *blasting pattern* terbaik<sup>[18]</sup>.

## 4. Metode Penelitian

### 4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian riset operasi (*operation research*) dengan metode atau pendekatan kuantitatif. Riset operasional (atau yang lebih dikenal dengan *operation research* atau *quantitative analysis*) merupakan serangkaian kegiatan analisis dan permodelan matematik untuk keperluan pengambilan keputusan<sup>[19]</sup>. Riset operasi adalah penerapan metode-metode ilmiah terhadap masalah-masalah rumit yang muncul dalam pengarah dan pengelolaan dari suatu sistem-besar manusia/mesin/bahan baku/modal dalam industri/-bisnis/pemerintahan/pertaha-

nan<sup>[20]</sup>. Riset operasi berhubungan dengan prinsip optimisasi, yaitu bagaimana cara menggunakan sumber daya (waktu, tenaga, biaya, dll) untuk mengoptimalkan hasil<sup>[21]</sup>.

Metode kuantitatif dinamakan metode tradisional karena metode ini sudah cukup lama digunakan, sehingga sudah mentradisi sebagai metode untuk penelitian. Metode ini disebut sebagai metode positivistik karena berlandaskan pada filsafat positivisme. Metode ini sebagai metode ilmiah karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah, yaitu konkrit/empiris, obyektif, terukur, rasional dan sistematis. Metode ini juga disebut metode *discovery* karena dengan metode ini dapat ditemukan dan dikembangkan berbagai iptek baru. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik<sup>[22]</sup>.

### 4.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang penulis lakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 4.2.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang diangkat pada penelitian ini. Adapun referensi ini dapat ditemukan atau dicari pada buku, jurnal dan artikel ilmiah.

#### 4.2.2. Pengambilan Data

Jenis data yang diambil dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Pengambilan data pada penelitian dilakukan sebanyak 20 kali pengukuran dan pengamatan.

Data primer yang diukur dan diamati pada penelitian ini adalah nilai *powder factor*, dokumentasi hasil fragmentasi peledakan, *digging time*, jarak *flyrock*, nilai PPV untuk *ground vibration* dan nilai dB untuk *air blast* yang diukur menggunakan alat *Blastmate III*.

Adapun data sekunder yang penulis himpun pada penelitian ini adalah *blasting report*, peta geologi daerah penelitian, peta area penambangan, spesifikasi alat muat tanah penutup dan spesifikasi bahan peledak yang digunakan.

#### 4.2.3. Pengolahan Data

Data-data yang telah diambil nantinya akan diolah, baik secara teknik menggunakan perangkat lunak maupun secara teoritis berdasarkan teori-teori yang ada.

### 4.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM), yakni *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). TOPSIS merupakan metode yang dikembangkan oleh Yo dan Hwang pada tahun 1980 sebagai alternatif dari metode ELECTRE<sup>[17]</sup>. Metode ini merupakan salah satu metode yang paling banyak diterima dalam MCDM.

Penyeleksian *blasting pattern* yang terbaik dari beberapa alternatif yang ada untuk digunakan pada

Tambang Tembaga Sungun dapat dilakukan menggunakan *linear assignment method*<sup>[23]</sup>. *Optimization Demand Measurement* (ODM) dapat membantu insinyur melakukan desain peledakan dalam rangka optimisasi operasi peledakan pada kondisi penambangan yang berbeda serta ODM juga dapat membantu dalam evaluasi aktual terhadap hasil peledakan<sup>[24]</sup>. Sebuah metode kuantitatif yang secara tepatguna dapat digunakan dalam melakukan evaluasi terhadap hasil peledakan dan menentukan *blast pattern*, sehingga dengan adanya metode ini mampu mengontrol dan mengoptimalkan siklus operasi pada tambang terbuka<sup>[25]</sup>.

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan metode TOPSIS ini adalah sebagai berikut:

#### 4.3.1. Membangun Sebuah Matriks Keputusan

Matriks keputusan X mengacu terhadap m alternatif yang akan dievaluasi berdasarkan n kriteria. Pada penelitian ini terdapat dua puluh alternatif yang tersedia dengan enam kriteria, yakni *powder factor*, *flyrock*, *ground vibration*, *air blast*, *digging time* dan fragmentasi.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

#### 4.3.2. Membuat Matriks Keputusan yang Ternormalisasi

Langkah pertama yang harus dilakukan pada metode TOPSIS adalah mengubah berbagai dimensi kriteria menjadi kriteria non-dimensi. Sebuah elemen  $r_{ij}$  dari matriks keputusan yang dinormalisasi dihitung sebagai berikut.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}} \quad (2)$$

Keterangan:

$r_{ij}$  = elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi R

$x_{ij}$  = elemen dari matriks keputusan X

$x_{kj}^2$  = kuadrat dari nilai yang ada pada kolom yang ingin ditinjau

#### 4.3.3. Membuat Matriks Keputusan Ternormalisasi yang Terbobot

Matriks keputusan ternormalisasi yang terbobot ini dibuat dengan cara mengalikan bobot ( $w_i$ ) dengan  $r_{ij}$ . Jumlah bobot untuk enam kriteria yang dimiliki adalah 1.

#### 4.3.4. Menentukan Matriks Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif

Solusi ideal positif atau yang dilambangkan dengan  $A^*$  merupakan nilai maksimum dari setiap kriteria dalam dua puluh alternatif yang tersedia, sedangkan solusi ideal negatif atau yang dilambangkan dengan  $A^-$  merupakan nilai minimum dari setiap kriteria dalam dua puluh alternatif yang tersedia.

$$A^* = \{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, 3, \dots, m \} \\ = \{ v_{1*}, v_{2*}, \dots, v_{n*} \} \quad (3)$$

$$A^- = \{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, 3, \dots, m \} \\ = \{ v_{1-}, v_{2-}, \dots, v_{n-} \} \quad (4)$$

#### 4.3.5. Menghitung Ukuran Pemisahan (Separasi)

Terdapat dua jenis separasi, yakni separasi positif ( $S_{i*}$ ) dan separasi negatif ( $S_{i-}$ ).

$$S_{i*} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j*})^2}, \text{ for } i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (5)$$

$S_{i*}$  adalah jarak (dalam arti Euclidean) dari setiap alternatif dari solusi ideal positif.

$$S_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j-})^2}, \text{ for } i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (6)$$

$S_{i-}$  adalah jarak (dalam arti Euclidean) dari setiap alternatif dari solusi ideal negatif.

#### 4.3.6. Menghitung Kedekatan terhadap Solusi Ideal Positif

Keeratan atau kedekatan relatif dari  $A_i$  alternatif terhadap solusi ideal  $A^*$  didefinisikan sebagai berikut:

$$C_{i*} = \frac{S_{i-}}{S_{i*} + S_{i-}} \quad (7)$$

Dimana  $1 \geq C_{i*} \geq 0$  dan  $i = 1, 2, 3, \dots, m$ .

$C_{i*} = 1$ , jika  $A_i = A^*$  dan  $C_{i-} = 0$ , jika  $A_i = A^-$ .

#### 4.3.7. Mengurutkan nilai $C_{i*}$

Langkah keenam merupakan langkah terakhir yang dilakukan pada metode TOPSIS. Pada langkah ini akan diperoleh alternatif terbaik dari beberapa alternatif yang disajikan.

Berdasarkan teknik analisis data yang telah dilakukan, maka dapat dilihat sejauh mana keberhasilan peledakan yang dilakukan, peledakan terbaik dan dapat ditentukan geometri peledakan yang tepat untuk digunakan PT Pampersada Nusantara Jobsite TOPB pada operasi peledakan.

## 5. Hasil dan Pembahasan

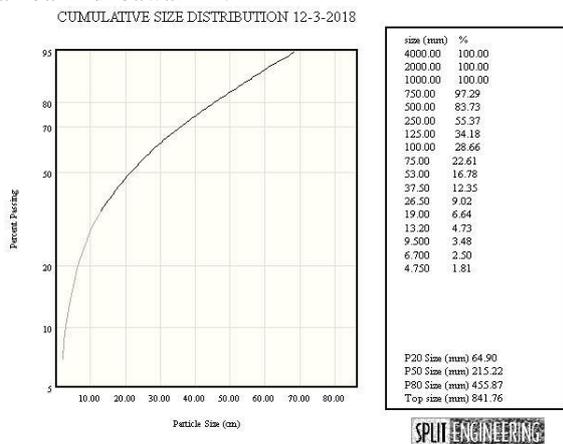
### 5.1. Hasil Penelitian

#### 5.1.1. Deskripsi Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa nilai pengukuran selama dua puluh kali peledakan dari setiap parameter hasil peledakan. Adapun parameter hasil peledakan yang diukur pada penelitian ini adalah fragmentasi batuan hasil peledakan, *digging time* alat gali muat, *powder factor*, *flyrock*, *ground vibration* dan *air blast*. Berikut adalah nilai hasil pengukuran untuk setiap parameter hasil peledakan:

##### 5.1.1.1. Fragmentasi

Pengukuran fragmentasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Adobe Photoshop* dan *Split Desktop*. Foto fragmentasi hasil peledakan yang telah diabadikan, selanjutnya akan masuk pada tahap pengarsiran batuan menggunakan perangkat lunak *Adobe Photoshop* dan kemudian akan diolah menggunakan *Split Desktop*. Adapun hasil analisis persentase batuan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 2.** Hasil Analisis Persentase Batuan menggunakan Split Desktop

Pada penelitian ini, penulis hanya melihat persentase batuan yang tertahan pada ukuran 100 cm. Adapun persentase batuan tertahan pada ukuran 100 cm dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

##### 5.1.1.2. Digging Time

Pada pengukuran *digging time*, alat gali muat yang menjadi objek pengukuran adalah alat gali muat PC 2000. Pengukuran dilakukan menggunakan *stopwatch* yang dimulai pada saat *bucket* excavator menyentuh batuan hasil peledakan dan diakhiri pada saat *bucket* mulai terangkat. Pengukuran *digging time* pada satu area peledakan dilakukan sebanyak minimal dua belas kali, sehingga dapat diambil nilai rata-rata pada setiap pengukuran.

#### 5.1.1.3. Powder Factor

Membandingkan banyaknya bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang berhasil dibongkar dilakukan untuk mendapatkan/mengukur besarnya *powder factor*. Adapun nilai *powder factor* yang dikehendaki oleh perusahaan adalah maksimum sebesar 0,18 kg/m<sup>3</sup>.

#### 5.1.1.4. Flyrock

Batu terbang atau *flyrock* merupakan dampak yang timbul akibat adanya proses peledakan. Jarak *flyrock* yang dikehendaki oleh perusahaan yakni dengan jarak maksimum 100 meter dari titik peledakan.

#### 5.1.1.5. Ground Vibration dan Air Blast

Pengukuran *ground vibration* dan *air blast* dilakukan menggunakan bantuan alat *Blasmate III*. Pengukuran dilakukan pada jarak aman manusia, yakni pada jarak 500 meter dari lokasi peledakan.

Geometri peledakan yang diterapkan perusahaan saat penulis melakukan pengukuran selama dua puluh kali peledakan memiliki nilai yang berbeda-beda. Adapun geometri peledakan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Geometri Peledakan yang Diterapkan

Pattern	D Hole (cm)	B (m)	S (m)	J (m)	H (m)	Stemm (m)
P 1	20	7	8	0.5	7.5	4
P 2	20	7	8	0.5	6.5	3.7
P 3	20	6.83	7.83	0.5	6.33	3.8
P 4	20	7	8	0.5	7.5	4.4
P 5	20	7	8	0.25	6.15	3.1
P 6	20	7	8	0.5	7.5	4
P 7	20	7	8	0.5	6.5	3.2
P 8	20	7	8	0.5	7	3.9
P 9	20	7	8	0.5	6.5	3.7
P 10	20	7	8	0.5	7	3.9
P 11	20	6.5	7.5	0.5	5	3
P 12	20	7	8	0.5	7.5	4.5
P 13	20	7	8	0.5	6	3.3
P 14	20	7	8	0.5	7.5	4.2
P 15	20	6.67	7.67	0.5	6.33	3.5
P 16	20	7	8	0.5	7.5	4.5
P 17	20	7	8	0.5	7.5	4.4
P 18	20	6.5	7.5	0.5	7.25	4.3
P 19	20	7	8	0.5	6	3.3
P 20	20	7	8	0.5	7.25	3.9

#### 5.1.2. Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM), yakni *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan metode TOPSIS ini adalah sebagai berikut.

### 5.1.2.1. Membangun Sebuah Matriks Keputusan

Matriks keputusan X mengacu terhadap m alternatif yang akan dievaluasi berdasarkan n kriteria. Pada penelitian ini terdapat dua puluh alternatif yang tersedia dengan enam kriteria, yakni *powder factor*, *flyrock*, *ground vibration*, *air blast*, *digging time* dan fragmentasi. Matriks keputusan X dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Matriks Keputusan

Blast No	PF	FI	GV	AB	DT	Fr
1	0.19	20	3.85	71.40	12.47	0
2	0.20	25	1.67	65.80	12.33	5.69
3	0.20	35	2.61	69.20	9.14	0
4	0.19	45	2.47	69.10	14.93	0
5	0.19	47	2.62	57.80	9.91	0
6	0.22	43	3.34	79.60	11.01	32.15
7	0.18	50	4.07	70.00	11.00	0
8	0.20	105	5.48	64.10	10.12	0
9	0.20	102	2.62	69.30	11.32	0.96
10	0.16	53	2.83	67.90	10.70	0
11	0.17	95	1.26	85.40	11.00	0
12	0.19	55	3.23	77.40	11.96	0
13	0.17	107	3.36	72.60	10.45	25.8
14	0.15	65	6.46	62.20	10.60	5.75
15	0.23	200	3.43	79.60	10.19	0
16	0.18	25	3.25	74.50	10.09	1.52
17	0.19	30	2.92	76.60	10.91	13.88
18	0.19	50	1.62	59.40	10.56	0
19	0.25	75	0.9	67.10	11.00	23.53
20	0.19	0	3.24	59.60	11.00	3.59

Keterangan:

PF = Powder Factor (kg/m<sup>3</sup>)

FI = Flyrock (m)

GV = Ground Vibration (mm/s)

AB = Air Blast (dB)

DT = Digging Time (detik)

Fr = Fragmentasi (%)

### 5.1.2.2. Membuat Matriks Keputusan yang Ternormalisasi

Matriks keputusan ternormalisasi dapat dihitung menggunakan persamaan yang telah ditentukan. Adapun hasil dari matriks keputusan ternormalisasi dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3.** Matriks Keputusan Ternormalisasi

r	1	2	3	4	5	6
1	0.2225	0.0596	0.2597	0.227	0.251	0
2	0.2376	0.0746	0.1126	0.209	0.248	0.113
3	0.2281	0.1044	0.176	0.22	0.184	0
4	0.2203	0.1342	0.1666	0.22	0.300	0
5	0.2189	0.1402	0.1767	0.184	0.199	0
6	0.2503	0.1282	0.2253	0.253	0.221	0.639
7	0.211	0.1491	0.2745	0.223	0.221	0
8	0.2357	0.3131	0.3696	0.204	0.203	0
9	0.2311	0.3042	0.1767	0.22	0.228	0.019
10	0.1841	0.1581	0.1909	0.216	0.215	0
11	0.1931	0.2833	0.085	0.272	0.221	0
12	0.2153	0.164	0.2178	0.246	0.240	0
13	0.193	0.3191	0.2266	0.231	0.210	0.513
14	0.1791	0.1938	0.4357	0.198	0.213	0.114
15	0.264	0.5964	0.2313	0.253	0.205	0
16	0.2046	0.0746	0.2192	0.237	0.203	0.030
17	0.2253	0.0895	0.1969	0.244	0.219	0.276
18	0.22	0.1491	0.1093	0.189	0.212	0
19	0.2878	0.2237	0.0607	0.213	0.221	0.468
20	0.2213	0	0.2185	0.19	0.221	0.071

### 5.1.2.3. Membuat Matriks Keputusan Ternormalisasi yang Terbobot

Matriks keputusan ternormalisasi yang terbobot dibuat dengan cara mengalikan bobot ( $w_i$ ) dengan  $r_{ij}$ . Jumlah bobot untuk enam kriteria yang dimiliki adalah 1, dalam hal ini penulis membagi rata bobot untuk setiap kriteria, sehingga bobot untuk setiap kriteria adalah  $1/6 = 0,1667$ . Adapun hasil matriks keputusan ternormalisasi yang terbobot dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Matriks Keputusan Ternormalisasi yang Terbobot

Blast No	PF	FI	GV	AB	DT	Fr
1	0.0371	0.0099	0.0433	0.0378	0.0419	0
2	0.0396	0.0124	0.0188	0.0349	0.0414	0.0189
3	0.0380	0.0174	0.0293	0.0367	0.0307	0
4	0.0367	0.0224	0.0278	0.0366	0.0501	0
5	0.0365	0.0234	0.0295	0.0306	0.0333	0
6	0.0417	0.0214	0.0375	0.0422	0.0370	0.1066
7	0.0352	0.0249	0.0457	0.0371	0.0369	0
8	0.0393	0.0522	0.0616	0.0340	0.0340	0
9	0.0385	0.0507	0.0295	0.0367	0.0380	0.0032
10	0.0307	0.0263	0.0318	0.0360	0.0359	0
11	0.0322	0.0472	0.0142	0.0453	0.0369	0
12	0.0359	0.0273	0.0363	0.0410	0.0402	0
13	0.0322	0.0532	0.0378	0.0385	0.0351	0.0855
14	0.0299	0.0323	0.0726	0.0330	0.0356	0.0191
15	0.0440	0.0994	0.0386	0.0422	0.0342	0
16	0.0341	0.0124	0.0365	0.0395	0.0339	0.0050
17	0.0375	0.0149	0.0328	0.0406	0.0366	0.0460
18	0.0367	0.0249	0.0182	0.0315	0.0355	0
19	0.0480	0.0373	0.0101	0.0356	0.0369	0.0780
20	0.0369	0	0.0364	0.0316	0.0369	0.0119

5.1.2.4. Menentukan Matriks Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif

Solusi ideal positif atau yang dilambangkan dengan  $A^+$  merupakan nilai maksimum dari setiap kriteria dalam dua puluh alternatif yang tersedia, sedangkan solusi ideal negatif atau yang dilambangkan dengan  $A^-$  merupakan nilai minimum dari setiap kriteria dalam dua puluh alternatif yang tersedia. Adapun hasil dari matriks solusi ideal positif dan negatif dapat dilihat pada Tabel 5 yang ada di bawah ini

**Tabel 5.** Matriks Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif

Blast No	PF	FI	GV	AB	DT	Fr
1	0.0371	0.0099	0.0433	0.0378	0.0419	0
2	0.0396	0.0124	0.0188	0.0349	0.0414	0.0189
3	0.0380	0.0174	0.0293	0.0367	0.0307	0
4	0.0367	0.0224	0.0278	0.0366	0.0501	0
5	0.0365	0.0234	0.0295	0.0306	0.0333	0
6	0.0417	0.0214	0.0375	0.0422	0.0370	0.1066
7	0.0352	0.0249	0.0457	0.0371	0.0369	0
8	0.0393	0.0522	0.0616	0.0340	0.0340	0
9	0.0385	0.0507	0.0295	0.0367	0.0380	0.0032
10	0.0307	0.0263	0.0318	0.0360	0.0359	0
11	0.0322	0.0472	0.0142	0.0453	0.0369	0
12	0.0359	0.0273	0.0363	0.0410	0.0402	0
13	0.0322	0.0532	0.0378	0.0385	0.0351	0.0855
14	0.0299	0.0323	0.0726	0.0330	0.0356	0.0191
15	0.0440	0.0994	0.0386	0.0422	0.0342	0
16	0.0341	0.0124	0.0365	0.0395	0.0339	0.0050
17	0.0375	0.0149	0.0328	0.0406	0.0366	0.0460
18	0.0367	0.0249	0.0182	0.0315	0.0355	0
19	0.0480	0.0373	0.0101	0.0356	0.0369	0.0780
20	0.0369	0	0.0364	0.0316	0.0369	0.0119
$A^+$	0.0480	0.0994	0.0726	0.0453	0.0501	0.1066
$A^-$	0.0299	0	0.0101	0.0306	0.0307	0

5.1.2.5. Menghitung Separasi

Terdapat dua jenis separasi, yakni separasi positif ( $S_i^+$ ) dan separasi negatif ( $S_i^-$ ). Separasi positif akan menunjukkan jarak alternatif dari solusi ideal positif, sedangkan separasi negatif akan memperlihatkan jarak alternatif dari solusi ideal negatif. Nilai separasi positif dan negatif dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut.

**Tabel 6.** Nilai Separasi Positif ( $S_i^+$ )

Blast No	$S_i^+$	Blast No	$S_i^+$
1	0.14306	11	0.13388
2	0.1357	12	0.13467
3	0.14321	13	0.0657
4	0.13968	14	0.11337
5	0.14013	15	0.11314
6	0.08684	16	0.14025
7	0.13433	17	0.11271
8	0.11906	18	0.14287
9	0.12344	19	0.09408
10	0.13766	20	0.14367

**Tabel 7.** Nilai Separasi Negatif ( $S_i^-$ )

Blast No	$S_i^-$	Blast No	$S_i^-$
1	0.0378	11	0.0500
2	0.0285	12	0.0408
3	0.0278	13	0.1049
4	0.0357	14	0.0731
5	0.0311	15	0.1051
6	0.1135	16	0.0314
7	0.0447	17	0.0552
8	0.0741	18	0.0274
9	0.0559	19	0.0887
10	0.0349	20	0.0304

5.1.2.6. Menghitung Kedekatan terhadap Solusi Ideal Positif

Hasil perhitungan  $C_i^*$  untuk dua puluh alternatif yang tersedia dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.

**Tabel 8.** Nilai  $C_i^*$  untuk setiap Alternatif

Blast No	$C_i^*$	Blast No	$C_i^*$
1	0.208934	11	0.272083
2	0.17361	12	0.232642
3	0.162767	13	0.614807
4	0.203419	14	0.391991
5	0.181838	15	0.48147
6	0.566555	16	0.182799
7	0.249584	17	0.328819
8	0.383487	18	0.161123
9	0.311525	19	0.485262
10	0.202477	20	0.174524

5.1.2.7. Mengurutkan Nilai  $C_i^*$

Berdasarkan perhitungan  $C_i^*$  yang telah dilakukan, maka langkah terakhir yang harus dikerjakan dalam menggunakan metode TOPSIS adalah mengurutkan nilai  $C_i^*$  untuk dua puluh alternatif yang tersedia. Pada penelitian ini pengurutan  $C_i^*$  dimulai dari nilai  $C_i^*$  terkecil hingga terbesar. Adapun urutan nilai  $C_i^*$  dari yang terkecil hingga terbesar dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

**Tabel 9.** Urutan Nilai  $C_i^*$

Blast No	$C_i^*$	Rank	Blast No	$C_i^*$	Rank
1	0.2089	9	11	0.2720	12
2	0.1736	3	12	0.2326	10
3	0.1627	2	13	0.6148	20
4	0.2034	8	14	0.3919	16
5	0.1818	5	15	0.4814	17
6	0.5665	19	16	0.1827	6
7	0.2495	11	17	0.3288	14
8	0.3834	15	18	0.1611	1
9	0.3115	13	19	0.4852	18
10	0.2024	7	20	0.1745	4

## 5.2. Pembahasan

### 5.2.1. Tingkat Keberhasilan Peledakan PT Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB

Tingkat keberhasilan peledakan yang dilakukan dapat ditentukan menggunakan tabel klasifikasi peledakan<sup>[25]</sup>. Tabel klasifikasi peledakan dapat dilihat dari Tabel 10 berikut ini.

**Tabel 10.** Klasifikasi Peledakan dan Analisis

Kelas	Jangkauan Nilai	Kondisi
I	L ke L+r	Sangat bagus
II	L+r ke L+2r	Bagus
III	L+2r ke L+3r	Relatif Rendah
IV	L+3r ke L+4r	Rendah
V	L+4r ke L+5r	Sangat Rendah

Keterangan:

U = Nilai maksimum dari  $C_{i*}$

L = Nilai minimum dari  $C_{i*}$

$r = (U - L)/5$

Berdasarkan nilai  $C_{i*}$  yang telah diperoleh, maka jangkauan nilai untuk klasifikasi peledakan dapat dihitung. Adapun jangkauan nilai dari peledakan dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Klasifikasi Peledakan, Analisis dan Jangkauan Nilai

Kelas	Jangkauan Nilai	Kondisi
I	0,161 – 0,252	Sangat bagus
II	0,252 – 0,343	Bagus
III	0,343 – 0,433	Relatif Rendah
IV	0,433 – 0,524	Rendah
V	0,524 – 0,615	Sangat Rendah

Nilai rata-rata  $C_{i*}$  dari dua puluh alternatif yang tersedia adalah sebesar 0,298. Nilai 0,298 menunjukkan bahwa hasil peledakan di PT Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB berada pada kelas II, hal ini juga mengindikasikan bahwa hasil peledakan masih dikategorikan bagus.

### 5.2.2 Peledakan Terbaik untuk Setiap Parameter dari Peledakan yang Dilakukan di PT Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB

Peledakan terbaik untuk setiap parameter atau kriteria dapat ditentukan dengan mengurutkan nilai parameter atau kriteria ternormalisasi yang terbobot dari yang terkecil hingga terbesar. Adapun peringkat untuk setiap parameter dapat dilihat dari Tabel 12 di bawah ini.

**Tabel 12.** Peringkat untuk Setiap Parameter

Rank	PF	FI	GV	AB	DT	Fr
1	BI 14	BI 20	BI 19	BI 5	BI 3	BI 3
2	BI 10	BI 1	BI 11	BI 18	BI 5	BI 5
3	BI 13	BI 16	BI 18	BI 20	BI 16	BI 8
4	BI 11	BI 2	BI 2	BI 14	BI 8	BI 15
5	BI 16	BI 17	BI 4	BI 8	BI 15	BI 18
6	BI 7	BI 3	BI 3	BI 2	BI 13	BI 10
7	BI 12	BI 6	BI 5	BI 19	BI 18	BI 7
8	BI 5	BI 4	BI 9	BI 10	BI 14	BI 11
9	BI 18	BI 5	BI 10	BI 4	BI 10	BI 12
10	BI 4	BI 7	BI 17	BI 3	BI 17	BI 1
11	BI 20	BI 18	BI 12	BI 9	BI 20	BI 4
12	BI 1	BI 10	BI 20	BI 7	BI 19	BI 9
13	BI 17	BI 12	BI 16	BI 1	BI 7	BI 16
14	BI 3	BI 14	BI 6	BI 13	BI 11	BI 20
15	BI 9	BI 19	BI 13	BI 16	BI 6	BI 2
16	BI 8	BI 11	BI 15	BI 17	BI 9	BI 14
17	BI 2	BI 9	BI 1	BI 12	BI 12	BI 17
18	BI 6	BI 8	BI 7	BI 6	BI 2	BI 19
19	BI 15	BI 13	BI 8	BI 15	BI 1	BI 13
20	BI 19	BI 15	BI 14	BI 11	BI 4	BI 6

### 5.2.3. Geometri Peledakan yang Tepat untuk Digunakan PT Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB

Berdasarkan hasil pengurutan nilai  $C_{i*}$ , maka peledakan ke-18 merupakan peledakan terbaik. Hal ini juga memberikan informasi bahwa *pattern* ke-18 dari geometri yang diterapkan merupakan geometri yang paling tepat untuk digunakan oleh PT Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB dalam kegiatan peledakan. Adapun rincian dari geometri *pattern* ke-18 adalah lubang bor dengan diameter 20 cm, burden 6,5 meter, spasi 7,5 meter, subdrill 0,5 meter, kedalaman 7,25 meter dan stemming yang digunakan 4,3 meter.

## 6. Kesimpulan dan Saran

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Keberhasilan peledakan berdasarkan evaluasi hasil peledakan yang dilakukan oleh PT Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB berada pada kelas II dengan nilai 0,298 dan masuk dalam kategori kondisi yang bagus.
2. Jika dilihat dari satu parameter, maka peledakan terbaik untuk parameter *powder factor* adalah peledakan ke-14, peledakan ke-20 untuk parameter *flyrock*, peledakan ke-19 untuk *ground vibration*, peledakan ke-5 untuk *air blast*, peledakan ke-3 untuk *digging time* serta peledakan ke-3, 5, 8, 15, 18, 10, 7, 11, 12, 1 dan ke-4 untuk fragmentasi.
3. Geometri yang paling tepat untuk digunakan oleh Pamapersada Nusantara Jobsite TOPB dalam kegiatan peledakan adalah geometri *pattern* ke-18 dengan diameter lubang bor 20 cm, burden 6,5 meter, spasi 7,5 meter, *subdrill* 0,5 meter, kedalaman 7,25 meter dan *stemming* 4,3 meter.

## 6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, adapun saran yang ingin penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Adanya penelitian lanjutan yang membuat nilai pembobotan berbeda untuk setiap kriteria yang dimasukkan, sehingga dapat dilihat kriteria mana saja yang memiliki dampak besar terhadap hasil peledakan.
2. Evaluasi hasil peledakan yang penulis lakukan masih terbatas pada enam kriteria dengan dua puluh alternatif, masih menggunakan satu metode dalam analisis data, dan tidak mempertimbangkan faktor geologi dalam pengambilan keputusan, diharapkan adanya pengembangan dalam penelitian ini, sehingga diperoleh hasil yang lebih optimal dan akurat.

## Daftar Pustaka

- [1] S. Saptono, S. Koesnaryo, B. Dwinagara, R. Hariyanto. *Rock Blasting Technique 1*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran (2016).
- [2] R. Susanti, T. A. Cahyadi. *Kajian Teknis Operasi Peledakan untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab. Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kebumihan, UPN Veteran, Yogyakarta (2011).
- [3] R. Anggara. *Teknik Peledakan*. Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah (2017).
- [4] R. Hidayat, B. J. Priatmadi, M. Septiana, D. Sofarini. *Penentuan Jarak Aman Peledakan Batubara Terhadap Lingkungan Sekitar Wilayah Pertambangan*. *EnviroScienceae* **10** (2014).
- [5] C. L. Jimeno. *Drilling and Blasting Of Rocks*. Netherlands: A.A. Balkema (1995).
- [6] M. Armansyah, A. HAK, M. Asyik. *Modifikasi Geometri Peledakan dalam Upaya Mencapai Target Produksi 80.000 Ton/Bulan dan Mendapatkan Fragmentasi yang Diinginkan pada Tambang Granit PT Kawasan Dinamika Harmonitama Kabupaten Karimun Kepulauan Riau*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- [7] D. Listine, Nurhakim, M. U. Dwiatmoko, Excelsior T.P. *Studi Teknis Penentuan Geometri Peledakan dan Powder Factor (PF) pada Pembongkaran Bijih Besi di PT Putera Bara Mitra, Desa Mentawakan Mulya Kec. Mantewe, Kab. Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan*. *Jurnal GEOSAPTA* **1**, 1 (2015).
- [8] A. A. Safi'i, U. Saismana, R. N. Hakim, Kartini. *Evaluasi Isian Bahan Peledak Menggunakan Analisis Distribusi Ukuran Fragmen Pada Peledakan Batuan Penutup di Tambang Terbuka Batubara*. *Jurnal HIMASAPTA* **1**, 1 (2016).
- [9] S. Bhandari. *Engineering Rock Blasting Operations*. Netherlands: A.A. Balkema (1997).
- [10] Rusmawarni, Nurhakim, Riswan, Ferdinandus. *Evaluasi Isian Bahan Peledak Berdasarkan Ground Vibration Hasil Peledakan Overburden pada PT Bina Sarana Sukses Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Hulu Sungai Selatan Provinsi Kalimantan Selatan*. *Jurnal Fisika FLUX* **14**, 1 (2017).
- [11] Buidarto, T. A. Cahyadi. *Peranan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam Kegiatan Peledakan Mineral dan Batubara*. Makalah disajikan dalam *Industrial Engineering Conference*, 5 November (2011).
- [12] A. A. M. Simbolon, M. Yani, Irzaman. *Dampak Kegiatan Peledakan Pertambangan Andesit Terhadap Lingkungan Pemukiman di Gunung Sudamanik Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* **22**, 2 (2015).
- [13] H. Abdurrachman, S. Saptono, B. Wiyono. *Analisis Flyrock untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Peledakan Overburden Penambangan Batubara*. Makalah ini disajikan dalam Seminar Nasional Kebumihan Ke-8, GRHA Sabha Pramana, 15-16 Oktober (2015).
- [14] Aplikasi Kamus Besar Bahasa Indonesia
- [15] I. Onederra, V. Bailey, G. Cavanaugh, A. Torrance. *Understanding Main Causes Of Nitrogen Oxide Fumes in Surface Blasting*. *Mining Technology* **121**, 3 (2012).
- [16] Badan Standardisasi Nasional. *Baku Tingkat Getaran pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan*. Standar Nasional Indonesia 7571 (2010).
- [17] E. Triantaphyllou. *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Berlin: Springer-Science + Business Media (2000).
- [18] M. Yari, M. Monjezi, R. Bagherpour, A. R. Sayadi. *Blasting Operation Management Using Mathematical Methods*. *Engineering Geology for Society and Territory* **1** (2015).
- [19] B. A. Noer. *Belajar Mudah Riset Operasional*. Yogyakarta: ANDI (2010).
- [20] Bernardus Y. Nugroho, dkk. *Metode Kuantitatif Pendekatan Pengambilan Keputusan untuk Ilmu Sosial dan Bisnis*. Jakarta: Salemba Humanika (2012).
- [21] J. J. Siang. *Riset Operasi dalam Pendekatan Algoritmis*. Yogyakarta: ANDI (2011).
- [22] Sugiono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta (2010).
- [23] M. Yari, R. Bagherpour, S. Jamali, F. Asadi. *Selection of Most Proper Blasting Pattern in Mines Using Linier Assigment Method: Sungun Copper Mine*. *Arch. Min. Sci* **60**, 1 (2015).
- [24] M. Taji, M. Ataei, K. Goshtasbi, M. Osanloo. *ODM: A New Approach for Open Pit Mine Blasting Operation*. *Journal of Vibration and Control* (2012).
- [25] S.M. Hoseini, F. Sereshki, M. Ataei. *A Quantitative Model for Evaluation and Classification of Blastings in Open Pit Mines*. *Journal of Mining & Environment* **9**, 1 (2018).