

# KAJIAN TEKNIS PENGARUH PENGEBORAN MIRING (DOUBLE STITCHED) PADA PELEDAKAN LAPISAN TANAH PENUTUP TERHADAP PRODUKTIVITAS ALAT MUAT EXCAVATOR HITACHI 3600 DI PT. ADARO INDONESIA

Reiza Khoirul Masyruf<sup>1</sup>, Partama Misdiyanta<sup>2</sup>, R. Andy Erwin Wijaya<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, ITNY

## Abstrak

Salah satu permasalahan yang dihadapi PT. Saptaindra Sejati adalah terbentuknya toe dan juga material berukuran boulder pada kegiatan peledakan area freeface yang landai, karena pada awal mulanya PT. SIS hanya mengaplikasikan lubang ledak tegak pada baris pertama dekat dengan freeface. Dari pengamatan dilapangan untuk daerah yang memiliki freeface landai diterapkan dengan pemboran lubang ledak tegak dan pemboran lubang ledak miring (doublestitched) untuk lubang tegak dengan geometri sebagai berikut burden baris pertama 3m, burden baris kedua dan seterusnya 8m, spacing 9m, stemming 4.2 m, subdrilling 0,5m, dan charging 4,3 m dengan kedalaman lubang ledak 9m dengan PF rata-rata 0,27 kg/bcm. Untuk lubang ledak miring dengan geometri sebagai berikut burden baris pertama 3m, burden baris kedua dan seterusnya 8m, spacing 9m, stemming 4.2m, subdrilling 0,5m, dan charging 4,3m dengan kedalaman lubang ledak 8,5 m dengan PF rata-rata 0,27 kg/bcm. Dengan kemiringan lubang ledak pada row pertama sebesar 25°. Dari hasil analisis dilapangan fragmentasi menjadi lebih baik dengan menggunakan lubang ledak miring, ini bisa dilihat dari tingkat persebaran fragmentasi yang awalnya 36% material peledakan yang berukuran boulder menjadi lebih sedikit yaitu 3,58% ukuran boulder terbentuk. Sehingga produktivitas dari alat gali muat Excavator menjadi lebih optimal dari 1487,18 bcm/jam menjadi 1565,62 bcm/jam. Sehingga bisa disimpulkan penerapan lubang bor miring di area dekat freeface dapat meningkatkan produktivitas alat gali muat dibandingkan hanya menggunakan lubang bor tegak di area dekat freeface.

**Kata Kunci :** peledakan, lubang ledak miring, produktivitas

## Abstract

One of the problems faced by PT. Saptaindra Sejati is the formation of toe and boulder-sized material in the blasting area of the sloping freeface, because at the beginning PT. SIS only applies the upright explosive hole in the first row close to freeface. From field observations for areas that have a sloping freeface applied by erecting explosive holes and doublestitched drilling for erect holes with geometry as follows: first row burden of 3m, second row load and 8m onwards, 9m spacing, 4.2m stemming, subdrilling 0.5m, and charging 4.3m with a depth of 9m explosive hole with an average PF of 0.27 kg / bcm. For oblique explosive holes with the following geometry, the first row burden is 3m, the second row load and so on are 8m, 9m spacing, 4.2m stemming, 0.5m subdrilling and 4.3m charging with 8.5m depth of blast hole with an average PF 0.27 kg / bcm. With the slope of the explosive hole in the first row of 25°. From the results of analysis in the field of fragmentation for the better using sloping explosive holes, this can be seen from the extent of fragmentation distribution that initially 36% blasting material with boulder size became less that is 3.58% the size of boulder formed. So that the productivity of the Excavator digging tool becomes more optimal from 1487.18 bcm / hour to 1565.62 bcm / hour. So that it can be concluded that the application of sloping boreholes in the area near the freeface can increase the productivity of the digging tool compared to only using upright boreholes in the area near the freeface.

**Keywords:** blasting, tilted blast hole, productivity

## 1. PENDAHULUAN

PT. Adaro Indonesia (PT. AI) merupakan perusahaan yang bergerak dalam jasa pertambangan batubara, perusahaan ini berdiri sejak tahun 1982. Sistem penambangan yang diterapkan di PT. AI yaitu dengan sistem tambang terbuka dimana dilakukan pada 3 area pit yaitu Paringin, Wara, dan Tutupan. Dalam pelaksanaan kegiatan penambangan tanah penutup PT. AI mempekerjakan tiga kontraktor penambangan, termasuk salah satunya PT. Saptaindra Sejati (SIS) yang juga merupakan anak perusahaan Adaro.

Salah satu kegiatan yang dilakukan oleh PT. Saptaindra Sejati (SIS) sebelum melakukan kegiatan penambangan adalah pengupasan tanah penutup (*overburden*) dengan metode pemboran dan peledakan. Kegiatan ini dilakukan untuk membebankan lapisan tanah penutup, sehingga dalam proses penggalian dan pemuatan oleh alat gali muat excavator akan mempermudah dalam proses pengerjaannya. Sehingga produktivitas dari alat gali muat tersebut akan tinggi.

Pada daerah penelitian yaitu di area N3, N2 dan W2 terdapat kemiringan *free face* yang landai  $\pm 41^\circ$ . Namun berdasarkan penelitian yang dilakukan PT.SIS daerah tersebut masih ekonomis untuk ditambang lagi, disamping untuk perluasan *pit* juga untuk menambang lapisan batubara yang baru yang ada di dalamnya.

Dalam proses pemberaian material tanah penutup PT. SIS sebelumnya melakukan peledakan dengan pemboran lubang ledak tegak pada daerah *free face* yang landai tersebut, namun setelah diledakkan hasil dari peledakan yang dilakukan masih terdapat material yang keras dan berukuran *boulder* pada bagian *bottom burden*. Dikarenakan energi dari peledakan tidak sampai pada area *bottom burden*. Sehingga alat gali muat Excavator Hitachi 3600 pada area tersebut mempunyai nilai produktivitas rendah dikarenakan banyak material masih berbentuk bongkah. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan pemboran miring (*double stitched*) pada row-1 ( baris yang dekat dengan *free face*). Kemudian akan dianalisis pengaruhnya terhadap produktifitas alat muat yang digunakan.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data di lapangan sehingga didapat pendekatan dalam menyelesaikan masalah. Adapun urutan pekerjaan penelitian ini adalah :

### 1. Studi Literatur

Studi Literatur dimana dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka penunjang lainnya, yang diperoleh dari :

- a. Instansi terkait yaitu dilakukan dengan melakukan wawancara kepada pembimbing lapangan.
- b. Perpustakaan yaitu berupa referensi buku-buku yang terkait dengan masalah pemboran dan peledakan.

### 2. Survei Pendahuluan (Observasi)

Survei pendahuluan ini dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan memeriksa lokasi, untuk mengetahui daerah yang akan diambil datanya.

### 3. Pengambilan Data

Pengambilan data tergantung dari jenis data yang dibutuhkan yaitu:

#### a. Data Primer

Yaitu dengan melakukan pengambilan data secara langsung dilapangan. Data yang di ambil secara langsung meliputi:

1. Geometri peledakan ( *spacing, burden*, kedalaman lubang ledak)
2. Foto fragmentasi batuan
3. Waktu hambatan kerja(waktu *breakdown* alat, waktu berhenti awal kerja, waktu istirahat terlalu lama, terlambat awal *shift*, pengeringan jalan, pemeriksaan harian, pengisian bahan bakar)
4. *Digging time* dan *cycle time Excavator Hitachi 3600*,
5. Kemiringan sudut pemboran.

#### b. Data Sekunder

Yaitu pengambilan data yang berasal dari literatur, penelitian terdahulu, serta arsip-arsip penunjang penelitian yang diperoleh dari PT. Saptaindra sejati. Data sekunder meliputi :

1. Peta kesampaian daerah
2. Waktu gilir kerja
3. Jenis bahan peledak dan jumlah yang di pakai
4. Data litologi batuan
5. *Drill and blast design*
6. Kemiringan lubang bor dan *freeface*
7. Target produksi.

### 4. Penelitian dan Analisa di Lapangan

Pengolahan dan analisis data menggunakan program *Microsoft Excel* 2016 dengan rumus sebagai berikut :

**Faktor-faktor yang mempengaruhi Kegiatan Peledakan**

1. Faktor yang tidak dapat di kendalikan
  - a. Karakteristik massa batuan
  - b. Struktur Geologi
  - c. Pengaruh air
  - d. Kondisi cuaca
2. Faktor yang dapat dikendalikan
  - a. Diameter lubang ledak
  - b. Kedalaman lubang ledak
  - c. Kemiringan lubang ledak
  - d. Pola pemboran
  - e. Pola peledakan

**Kegiatan Peledakan**

Metode yang digunakan untuk melakukan pembezaian lapisan tanah penutup harus disesuaikan dengan kondisi batuan yang ada. Metode yang biasa digunakan untuk memberai batuan antara lain adalah penggalian secara langsung (*free digging*), penggaruan (*ripping*), dan pemboran-peledakan (*drilling and blasting*).

Menurut Bell (2004), *free digging* dapat dilakukan bila nilai UCS materialnya berkisar antara 1,7 MPa. Metode *ripping* dapat digunakan apabila nilai UCS dari materialnya berkisar antara 1,7 MPa (*easy ripping*) dan 2,0 MPa (*very hard ripping*), sedangkan metode pembezaian secara *drilling and blasting* dilakukan bila nilai UCS dari material tersebut adalah lebih dari 20 MPa.

**Geometri Peledakan**

**1. Teori Rules Of Thumb**

Untuk memperoleh hasil pembongkaran batuan sesuai dengan yang di inginkan, maka perlu suatu perencanaan peledakan dengan memperhatikan parameter – parameter peledakan. Salah satunya dengan menggunakan teori coba – coba atau yang sering disebut dengan Geometri Peledakan Rules Of Thumb (Dyno Nobel). Dasar dari teori ini adalah dari percobaan para praktisi di lapangan maupun dari produsen bahan peledak yang tujuannya ingin mempermudah dalam menentukan geometri peledakan. Untuk perhitungan dari geometri menurut rules of thumb adalah sebagai berikut :

- a. Diameter lubang ledak  
 $D = \leq 15 \times \text{Bench height (m)} \dots\dots\dots(1)$
- b. *Burden*  
 $B = (25 - 40) \times \text{Blast hole diameter} \dots\dots\dots(2)$
- c. *Spacing*  
 $S = 1.15 \times \text{burden} \dots\dots\dots(3)$
- d. *Subdrilling*  
 $Sub = (3-15) \times \text{Blast hole diameter} \dots\dots\dots(4)$
- e. *Stemming*  
 $T = \geq 20 \times \text{blast hole diameter} \dots\dots\dots(5)$
- f. Tinggi jenjang  
 $\text{Tinggi jenjang} = \geq \text{Blast hole diameter}/15 \dots\dots\dots(6)$
- g. Kedalaman lubang ledak  
 $H = \text{bench high} - \text{subdrilling} \dots\dots\dots(7)$
- h. Panjang kolom isian  
 $PC = \geq 20 \times \text{Blast hole diameter} \dots\dots\dots(8)$
- i. *Powder factor*  
 $PF = \text{Jumlah bahan peledak} / \text{volome batuan} \dots\dots\dots(9)$
- j. *Loading density*  
 $Ld = \frac{1}{4} \pi (d)^2 \times \rho \text{ Emulsi} \times 0,1 \dots\dots\dots(10)$

2. Teori RL. Ash

a. Burden

$$B = \frac{Kb \times De}{39.30} m \dots\dots\dots(11)$$

b. Spacing

$$S = Ks \times B \dots\dots\dots(12)$$

c. Stemming

$$T = Kt \times B \dots\dots\dots(13)$$

d. Kedalaman lubang ledak

$$H = L+J \dots\dots\dots(14)$$

e. Subdrilling

$$J = Kj \times B \dots\dots\dots(15)$$

f. Powder Columb

$$PC = H-T \dots\dots\dots(16)$$

Analisis Fragmentasi Dengan Software Split Dekstop

Split desktop merupakan aplikasi yang di desain untuk meng analisis fragmentasi material setelah peledakan melalui foto atau gambar digital. Masukan data dari program ini adalah gambar material pada surface broken muck. Software ini dapat melakukan pemisahan pada batas – batas batuan menurut perbedaan warna secara otomatis. Software ini mempunyai hasil akhir berupa grafik yang menyatakan antara persen komulatif material yang lolos dengan ukuran distribusi fragmentasi batuan. Output dari software ini memiliki satuan millimeter dan inches. Adapun ukuran fragmentasi batuan dikeluarkan dalam bentuk kode seperti P20, P50, P80, dan top size.

Produktivitas Alat Gali Muat

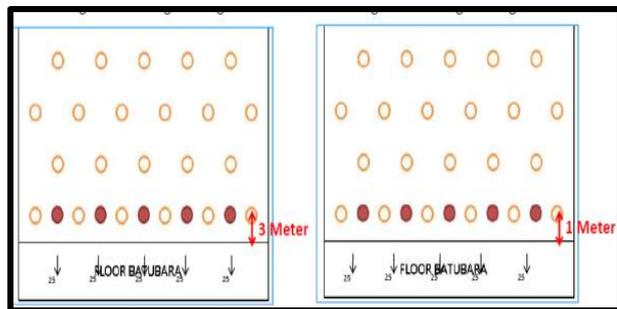
$$Pm = (3600/Ct) \times KB \times FF \times sf \times EU (MA) \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan :

- Ct = waktu edar excavator ( menit )
- KB = Kapasitas Bucket (m<sup>3</sup>)
- Ff =Faktor pengisian mangkuk alat muat (%)
- EU = Efektif Utilization (%)
- Sf = Faktor pengembangan material (%)

Lubang miring (Double Stitched)

Pada upaya pembongkaran overburden terdapat metode baru yang diterapkan yaitu metode pemboran double stitched. Metode ini merupakan perpaduan antara pengaplikasian lubang ledak miring dan kontrol blasting yaitu pre-splitting. Pengaplikasian metode pemboran dan peledakan double stitched hanya dilakukan pada row pertama yang dekat dengan freeface.



Gambar 1. Pola pemboran double stitched

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil analisa di lapangan terhadap pengaplikasian lubang miring double stitched dengan geometri untuk spacing 9 meter, burden baris 1 dengan free face 3 meter burden normal 8 meter,

diameter lubang ledak 7,875 inchi, kedalaman lubang ledak 9 meter, *stemming* 4,2 meter, *subdrilling* 0,5 meter, panjang kolom isian 4,3 meter, *loading density* 39, 25 kg, kemiringan lubang ledak 25° dan *powder factor* 0,27 mampu memberaikan batuan yang berada di area *bottom burden*. Ini bisa di lihat dari tabel persebaran fragmentasi dibawah ini.

**Tabel 1.** Hasil Fragmentasi Batuan

Area	Oversize 81 - <100	
	Lubang tegak	Lubang miring
N2 floor T111	36,9%	0%
W2 Floor T120	43,52 %	0,76 %
N3 Floor T120	40,21%	2,92 %
N1 Floor T120	25,16 %	10,65%
Rata –rata	36,44 %	3,58%

Dari tabel diatas bisa disimpulkan bahwa dengan di aplikasikannya lubang miring pada baris pertama dekat dengan *freeface* yang landai dapat mengoptimalkan energi peledakan sampai ke area *bottom burden* sehingga terbentuknya boulder lebih sedikit, dari tadinya 36,44 % pada saat menggunakan lubang ledak tegak saja menjadi 3,58 % setelah di terapkannya lubang miring *double stitched*.

**Perhitungan Geometri Teoritis**

1. Geometri peledakan menurut Rules of Thumb

**Tabel 2.** Geometri peledakan menurut Rules of Thumb

No	Geometri Peledakan	Ukuran
1	<i>Burden</i> :	Minimal = 5 meter Maksimal = 8 meter
2	<i>Spacing</i>	Minimal = 5,75 meter Maksimal = 9,2 meter
3	Diameter Lubang ledak	7,875 inchi
4	Kedalaman lubang ledak	Minimal = 10,35 Maksimal = 12,75
5	<i>Stemming</i>	4 meter
6	<i>Subdrilling</i>	Minimal = 0,6 meter Maksimal = 3 meter
7	Kemiringan Lubang bor	Tegak = 0° Miring = 25°
8	Kolom isian	4 meter
9	Tinggi jenjang	13,35 meter
10	<i>Loading density</i>	39,42 kg/m
11	<i>Powder Factor</i>	0,19 kg/Bcm

2. Geometri peledakan menurut RL. Ash

**Tabel 3.** Geometri peledakan menurut RL. Ash

No	Geometri Peledakan	Ukuran
1	<i>Burden</i> :	8,27 meter
2	<i>Spacing</i>	9,9 meter
3	Diameter Lubang ledak	7,875 inchi
4	Kedalaman lubang ledak	10,6 meter
5	<i>Stemming</i>	5,78 meter
6	<i>Subdrilling</i>	1,6 meter
7	Kemiringan Lubang bor	25°

No	Geometri Peledakan	Ukuran
8	Kolom isian	4,82 meter
9	Tinggi jenjang	8 meter
10	Loading density	39,42 kg/m
11	Powder Factor	0,22 kg/Bcm

### Parameter Produktifitas Alat Gali Muat

#### a. Efektif Utilization (Waktu kerja Efektif)

Waktu kerja efektif di dapatkan dari jam kerja produktif di bagi dengan total waktu yang tersedia.

$$\text{Eff} = \frac{\text{jam kerja produktif}}{\text{jam kerja tersedia}} \times 100\%$$

$$\text{Eff} = \frac{17,36 \text{ jam}}{19,327 \text{ jam}} \times 100\% = 89,77\% = 0,89$$

#### b. Swell Factor

Densitas batuan lempung secara teoritis sebesar 1,7 – 2,2 ton/m<sup>3</sup>, sedangkan densitas batuan yang diteliti di lapangan sebesar 2,3 ton/m<sup>3</sup> untuk kondisi bank sedangkan untuk kondisi loose 1,725 ton/m<sup>3</sup>. Sehingga dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *Swell Factor* sebagai berikut :

$$\frac{1,725 \text{ ton/m}^3}{1,95 \text{ ton/m}^3} \times 100\% = 88\% = 0,88$$

#### c. Kapasitas bucket alat

Sesuai dengan spesifikasi alat untuk alat gali muat Excavator Hitachi 3600 memiliki kapasitas bucket 22 m<sup>3</sup>.

#### d. Bucket Fill Factor

Bucket fill factor yang terjadi dilapangan selama penelitian dimana excavator hitachi 3600 memuat material untuk di masukkan kedalam HD hitachi EH3500 dengan kapasitas 168 ton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Excavator} = \frac{\frac{168 \text{ ton}}{2,3 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 4 \text{ passing}}}{22 \text{ m}^3} \times 100\% = 83\% = 0,83$$

#### e. Mechanical Availability

Nilai dari MA dapat dari jam kerja alat di bagi dengan waktu perbaikan. Waktu total kerja alat 19,327 jam / hari. Sedangkan untuk waktu perbaikan untuk Excavator sesuai dengan data lapangan adalah :

**Tabel 4.** Waktu Break Down

CODE UNIT	TOTAL DOWN TIME (menit)	Rata-rata / hari (menit)	Rata-rata /hari (jam)
EXHC001A	5079	169,3	2,82
EXHC002A	5136	171,2	2,85
EXHC003A	4781	159,3	2,65

Sehingga didapatkan nilai MA untuk:

$$\text{Excavator 001A} = \frac{19,3}{2,82+19,3} \times 100\% = 87\% = 0,87$$

$$\text{Excavator 002A} = \frac{19,3}{2,85+19,3} \times 100 \% = 87\% = 0,87$$

$$\text{Excavator 003A} = \frac{19,3}{2,65+19,3} \times 100 \% = 88\% = 0,88$$

f. *Cycle Time* Alat

*Cycle time* merupakan waktu yang digunakan untuk alat gali muat memuat material untuk di muat oleh *dump truck*, mulai dari waktu penggalian, waktu *swing* isi, waktu penumpahan, waktu *swing* kosong.

**Table 5.** Rata-rata *Cycle Time* Alat Gali Muat

<b>Peledakan dengan Lubang Ledak Tegak</b>					
Area	Swing kosong (detik)	Penggalian (detik)	Swing isi (detik)	Penumpahan (detik)	Total (detik)
N2T111	6.36	12.91	6.94	3.89	30.1
W2T120	6.74	13.1	6.89	3.88	30.44
N3T120	6.20	13.42	6.41	3.71	29.75
N1T120	6.73	12.75	6.81	3.84	30
<b>Peledakan dengan Lubang Ledak Miring</b>					
Area	Swing kosong (detik)	Penggalian (detik)	Swing isi (detik)	Penumpahan (detik)	Total (detik)
N2T111	6.11	11.43	7.13	3.86	28.55
W2T120	6.17	11.23	6.81	3.84	28.20
N3T120	6.29	11.53	7.08	3.86	28.77
N1T120	6.67	11.26	6.62	3.83	29.77

**Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat**

Setelah parameter untuk perhitungan produktivitas di dapat maka dihasilkan nilai produktivitas alat gali muat Excavator Hitachi 3600 sebagai berikut :

**Tabel 6.** Produktivitas Alat

<b>Peledakan dengan Lubang Ledak Tegak</b>		
Alat gali muat	Area	Produksi
Hitachi 003A	N2 Floor T111	1505,19 bcm/jam
Hitachi 001A	W2 Floor T120	1471,46 bcm/jam
Hitachi 002A	N3 Floor T120	1498,04 bcm/jam
Hitachi 001A	N1 Floor T120	1493,04 bcm/jam
Rata - rata		1487,65 bcm/jam
<b>Peledakan dengan Lubang Ledak Miring</b>		
Hitachi 003A	N2 Floor T111	1586,80 bcm/jam
Hitachi 001A	W2 Floor T120	1588,35 bcm/jam
Hitachi 002A	N3 Floor T120	1560,7 bcm/jam
Hitachi 001A	N1 Floor T120	1544,53 bcm/jam
Rata-rata		1565,62 bcm/jam

Dari tabel diatas bisa disimpulkan dengan pengaplikasian lubang miring *double stitched* dapat meningkatkan produktivitas alat gali muat yang tadinya 1487,65 bcm/jam hanya menggunakan lubang ledak tegak menjadi 1565,62 bcm/jam setelah lubang ledak miring diaplikasikan.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis adalah :

1. Pengaplikasian lubang ledak miring pada baris pertama dekat dengan area *freeface* yang landai mampu memberaikan material di bagian *bottom burden*. Sehingga material yang di ledakkan bisa terberai sempurna.
2. Dari hasil analisa dan pembahasan data untuk persebaran fragmentasi batuan dihasilkan material untuk ukuran *oversize* sesuai dengan standar yang di berikan PT. Adaro Indonesia yaitu dibawah 15 % setelah di terapkannya lubang ledak miring.
3. Berdasarkan analisa dan pembahasan data untuk produktivitas alat gali terjadi peningkatan yang tadinya 1487, 65 bcm/jam saat menggunakan lubang ledak tegak menjadi 1565,62 bcm/jam setelah di aplikasikannya lubang ledak miring.

#### 5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, penulis memberikan beberapa saran diantaranya:

1. Perlu adanya pengawasan pada saat kegiatan pemboran lubang ledak di dilaksanakan dengan cara memperkerjakan *helper* untuk membantu operator alat bor dalam menempatkan mata bor sesuai dengan titik yang sudah di pasang agar menghindari deviasi geometri peledakan.
2. Perlunya evaluasi lebih lanjut mengenai hasil peledakan menggunakan lubang miring untuk menyesuaikan dengan keadaan lokasi peledakan, agar didapatkan geometri yang optimal untuk berbagai jenis lokasi yang ada.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. Adaro Indonesia dan semua yang telah membantu dalam kegiatan penelitian di lokasi, serta Tim dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2016, *Pelaksanaan Pengeboran dan Peledakan Khusus metode Double Stitched*, PT. Adaro Indonesia, Indonesia.
2. Arsip, PT. Adaro Indonesia, 2019, *Report Drill and Blast*, Wara.
3. Ash. R.L., 1963, *The Mechanics of Rock Breakage*, Pit and Quarry Magazine
4. Hustrulid, W., and Kutcha, M., 1998, *Open Pit Mine Planning and Design: Vol.1-Fundamentals*, A.A Balkema, Netherland.
5. Indonesianto, Y., 2016, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jurusan Teknik Pertambangan Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
6. Koesnaryo, S., 2001. *Teknik Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
7. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, 2003, "*Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian – Panduan Kursus Juru Ledak Kelas II*", Departemen ESDM, Bandung.
8. Langefors, U and Kihlstrom, B, 1978, *The Modern Technique of Rock Blasting*, John Wiley & Sons, Sydney.
9. Partanto P., 1989. *Tambang Terbuka (Surface Mining)*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
10. Marsalin., 2005. *Geometri Peledakan Menurut Anderson*. Makasar: Universitas Veteran Republik Indonesia.
11. Puspita, M., Rahman, A., & HAK, A. (2014). *Kajian Teknis Dan Ekonomis Pemberaian Interburden B2C Secara Ripping Pada Tambang Banko Barat Pit-1 Timur, Pt Bukit Asam (Persero), Tbk. UPTE, Sumatera Selatan*. Palembang : Universitas Sriwijaya.

12. Saptono, S., 2006. *Teknik Peledakan*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.