

PENGARUH PENERAPAN METODE *TOP AIR DECK* TERHADAP TINGKAT DISTRIBUSI FRAGMENTASI PELEDAKAN DI PIT BUKIT OSHOR PT KARYA BHUMI LESTARI SITE PT KARTIKA SELABUMI MINING

Muhammad Rafli Ramadhan¹, Singgih Saptono¹, Bagus Wiyono¹, Barlian Dwi Nagara¹, Matilda Metboki²

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi, UPN “Veteran” Yogyakarta

²Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Cendana

Email: muhammadraflirahmadhan@gmail.com

ABSTRACT

The research was conducted at PT Karya Bhumi Lestari, which is a coal mining contractor company located in the Kotabangun District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province. The blasting activities carried out at the research site applied the bottom air deck method with a length of one meter for blast holes with a depth of >6 meters. The applied method did not meet the target fragmentation size and digging time for the loading equipment set by the company, with a P85 fragmentation size of 900.89 mm and a digging time of 12.65 seconds. Therefore, it is necessary to design the blast hole geometry by applying the airdeck method to meet the fragmentation and digging time targets without disrupting the productivity of the mining activities. The blasting activities under study applied the top air deck method with an ADF ratio of 0.14 - 0.20, with the use of varying powder factors ranging from 0.206 to 0.252 kg/m³. The application of the top air deck method was made considering the improvement of fragmentation quality in the surface rock mass and the ease of modifying the height of the air column in the blast hole. The analysis resulted in data indicating that the research yielded fragmentation results with a P85 <860 mm and a digging time for loading equipment of <12 seconds. From the conducted research, it was found that the optimal ADF value in the overburden layer B3 was 0.170, resulting in a P85 fragmentation size of 821.28 mm and a digging time of 11.64 seconds. The powder factor value can be reduced to 0.229 kg/m³ for blast holes with depths of 5.5 - 9 meters with optimal blast hole geometry under before gassing conditions, with ADL height of 0.79 - 1.33 meters and PC height of 2.20 - 3.67 meters. Meanwhile, under after gassing conditions, the stemming height is 2.51 - 4.00 meters, ADL height is 0.50 - 0.85 meters, and PC height is 2.49 - 4.15 meters.

Keywords: air deck position, top air deck geometry, air deck factor, digging time, P85 fragmentation

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di PT Karya Bhumi Lestari yang merupakan perusahaan kontraktor pertambangan komoditas batubara yang berlokasi di Kecamatan Kotabangun, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Kegiatan peledakan yang dilakukan di lokasi penelitian menerapkan metode *bottom air deck* dengan panjang satu meter untuk lubang ledak dengan kedalaman >6 meter. Metode yang diterapkan belum memenuhi target ukuran fragmentasi dan *digging time* alat gali muat yang ditetapkan oleh perusahaan dengan ukuran fragmentasi P85 sebesar 900,89 mm dan *digging time* alat gali selama 12,65 detik. Oleh karena itu, diperlukan perancangan geometri lubang ledak dengan penerapan metode *airdeck* sehingga memenuhi target fragmentasi dan *digging time* serta tidak mengganggu produktivitas dari kegiatan penambangan. Kegiatan peledakan yang diteliti menerapkan metode *top air deck* dengan rasio ADF 0,14 – 0,20 dengan penggunaan *powder factor* yang bervariasi antara 0,206 – 0,252 kg/m³. Penerapan metode *top air deck* dilakukan dengan pertimbangan peningkatan kualitas fragmentasi pada massa batuan bagian permukaan serta kemudahan dalam memodifikasi tinggi kolom udara dalam lubang ledak. Analisis tersebut menghasilkan data bahwa penelitian yang dilakukan menghasilkan hasil fragmentasi dengan P85 <860 mm dan *digging time* alat gali muat <12 detik. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa nilai ADF optimal pada lapisan *overburden* B3 adalah sebesar 0,170 yang menghasilkan fragmentasi P85 berukuran 821,28 mm dan *digging time* sebesar 11,64 detik. Besar nilai *powder factor* dapat direduksi menjadi 0,229 kg/m³ untuk lubang ledak dengan kedalaman 5,5 – 9 meter dengan geometri lubang ledak optimal dalam kondisi *before gassing* yaitu tinggi ADL 0,79 – 1,33 meter dan tinggi PC 2,20 – 3,67 meter. Sedangkan pada kondisi *after gassing* yaitu tinggi *stemming* 2,51 – 4,00 meter, tinggi ADL 0,50 – 0,85 meter dan tinggi PC 2,49 – 4,15 meter.

Kata Kunci: posisi *air deck*, geometri *top air deck*, *air deck factor*, *digging time*, fragmentasi P85

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT Karya Bhumi Lestari (KBL) merupakan perusahaan kontraktor yang bergerak dibidang jasa pertambangan batubara yang merupakan anak perusahaan dari PT

Petrosea, Tbk. PT KBL menyediakan layanan pertambangan meliputi eksplorasi, operasi penambangan, perencanaan, serta pengeboran dan peledakan. Lokasi kerja pertambangan PT KBL salah satunya berada di Kecamatan Kotabangun, Kabupaten

Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur yang pada saat penelitian berlangsung memiliki dua lokasi penambangan yaitu pit Bukit Oshor dan pit Pian Batu. Proses pembongkaran lapisan tanah penutup dilakukan dengan menerapkan metode pengeboran dan peledakan. Kegiatan pengeboran pada lokasi penelitian menerapkan lubang berdiameter 7 7/8 inci dengan kedalaman bervariasi antara 5 – 10 meter. Peledakan dilakukan menggunakan bahan peledak jenis emulsi dengan menerapkan metode *bottom air deck* sepanjang satu meter untuk lubang ledak dengan kedalaman lebih dari enam meter. Metode *air deck* merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan dalam mengoptimalkan penggunaan bahan peledak dengan cara menambahkan kolom udara untuk meminimalisir penggunaan isian bahan peledak. Kolom udara dalam lubang ledak dapat terbentuk dengan bantuan alat berupa flexeals untuk pembuatan *bottom*, *middle* dan *top air deck*.

Metode *bottom air deck* pada lubang ledak di lokasi penelitian menempatkan kolom udara dengan panjang yang sama untuk semua lubang ledak dengan kedalaman lebih dari 6 meter. Hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan rasio panjang kolom udara terhadap kolom isian bahan peledak yang signifikan antara masing-masing lubang ledak dengan kedalaman berbeda. Rasio antara tinggi kolom udara dengan tinggi kolom isian awal (*Original Column Charge Length/OCCL*) disebut dengan istilah *Air Deck Factor* (ADF). Perkiraan awal nilai ADF dapat ditentukan melalui pembobotan massa batuan dengan metode *Rock Mass Rating* (RMR) mengacu dari teori J.C. Jhanwar. Disamping dari belum adanya keseragaman nilai ADF, data pengamatan lapangan menunjukkan bahwa fragmentasi peledakan yang dihasilkan belum memenuhi target ukuran fragmentasi dengan ukuran fragmentasi peledakan P85 rata-rata sebesar 900,89 mm dan lama *digging time* 12,65 detik. P85 adalah ukuran fragmen yang lolos dari ayakan berukuran tertentu sebanyak 85%.

Kegiatan peledakan pada lokasi penelitian dinyatakan berhasil apabila memenuhi kriteria distribusi fragmentasi ukuran 860 mm dengan persentase dibawah 15% dan *digging time* yang dibutuhkan alat gali muat maksimum 12 detik. Data di lokasi pengamatan menunjukkan bahwa peledakan dengan menerapkan metode *bottom air deck* yang dilakukan belum memenuhi target ukuran fragmentasi dan lama *digging time*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh penempatan posisi kolom *air deck* terhadap tingkat fragmentasi dan lama *digging time* alat gali muat serta rancangan geometri lubang ledak *top air deck* yang sesuai dengan teori prediksi ADF.

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperbaiki tingkat distribusi fragmentasi dan *digging time* peledakan di Pit Bukit Oshor dengan mengubah penempatan kolom *air deck*.

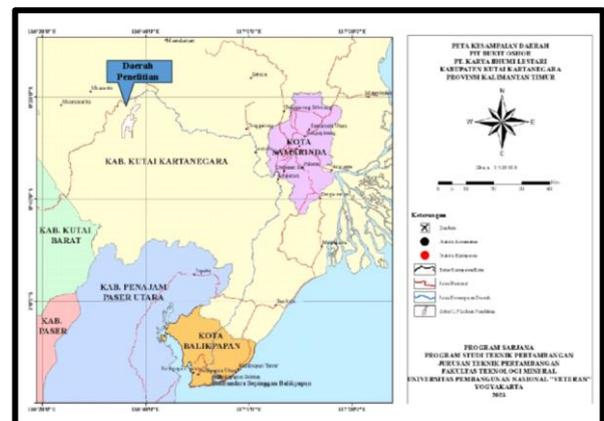
2. Menganalisis nilai *air deck factor* yang menghasilkan fragmentasi berukuran 860 mm $\leq 15\%$ dan *digging time* alat gali muat ≤ 12 detik.
3. Membuat rancangan geometri lubang ledak dengan menerapkan tinggi kolom *air deck* optimal untuk tiap kedalaman lubang ledak di Pit Bukit Oshor.

Lokasi dan Kesampaian Daerah

PT Karya Bhumi Lestari merupakan perusahaan kontraktor yang bergerak dibidang pertambangan dan jasa penyewaan alat mekanis dibawah PT Petrosea Tbk. Salah satu project yang saat ini sedang dikerjakan bertempat pada site PT Kartika Selabumi Mining yang berlokasi di Kotabangun, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada koordinat 0°21'24" LU – 0°40'34" LU dan 116°29'54" BT - 116°42'13" BT yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

PT Kartika Selabumi Mining selaku perusahaan pemegang kuasa Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) memiliki izin untuk melakukan kegiatan operasi produksi komoditas batubara bernomor SK 505.K/30/DJB/2016 dengan luas wilayah 15.000 Ha.

Lokasi tambang dapat ditempuh melalui rute darat Balikpapan – Samarinda – Tenggarong – Kotabangun dengan total jarak 216 km selama 4 – 6 jam. Kondisi jalan aspal dari Tenggarong menuju Kotabangun dalam keadaan berlubang dan kurang terawat. Akses dari daerah Kotabangun menuju ke lokasi penambangan berupa jalan tanah yang diperkeras dengan jarak tempuh sekitar 10,2 km. Jalan dari area penambangan menuju ke Jetty PT KSM juga berupa jalan tanah yang dipadatkan dengan jarak tempuh sekitar 21,3 km. Kondisi jalan tanah menuju area penambangan cukup terawat walaupun terdapat permukaan jalan yang berundulasi pada beberapa titik.



Gambar 1.1 Peta Kesampaian Daerah

II. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan pada pengerjaan penelitian yang bertujuan untuk mencari informasi yang berhubungan dengan penelitian sehingga diperoleh referensi yang dapat digunakan sebagai dasar acuan. Tahapan ini dilakukan dengan mempelajari teori-teori terkait topik penelitian yang diperoleh dari beragam sumber seperti buku literatur, laporan penelitian dan karya tulis terdahulu, serta laporan dan referensi dari perusahaan.

2. Observasi Lapangan

Tahapan ini berupa kegiatan pengamatan secara langsung di lapangan terhadap kondisi kerja yang sedang berlangsung. Pada tahapan ini juga akan ditentukan lokasi yang dijadikan sebagai titik pengamatan, penentuan batas pengamatan dan pencocokan dengan perumusan masalah yang bertujuan agar penelitian yang dilakukan tidak meluas.

3. Pengambilan Data

Data yang diperoleh yaitu :

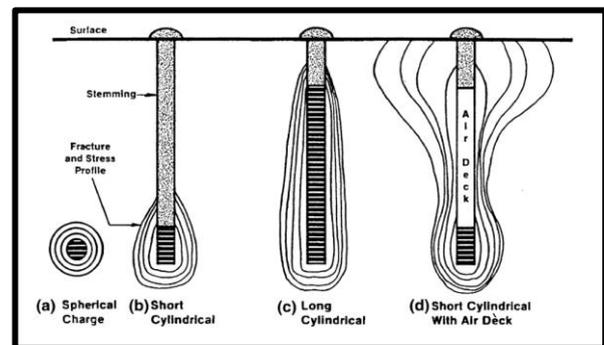
- a. Data primer adalah data yang langsung diperoleh berdasarkan pengamatan dan pengambilan yang dilakukan di lapangan. Data primer yang didapatkan adalah dengan melakukan penyelidikan secara langsung tentang kondisi area penelitian secara langsung dan data berupa orientasi bidang dan spasi kekar, geometri peledakan aktual, panjang kolom isian bahan peledak, ukuran fragmentasi aktual dan lama *digging time* alat gali.
 - b. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung yang dapat diperoleh dari buku literatur, laporan yang sudah ada, dan sumber lainnya. Data sekunder yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain karakteristik massa batuan, spesifikasi alat gali muat dan angkut, peta geologi dan data curah hujan lokasi penelitian.
4. Pengolahan Data
- a. Melakukan pengambilan data orientasi, spasi dan kondisi kekar massa batuan di lokasi penelitian menggunakan metode *scanline*.
 - b. Menentukan nilai bobot massa batuan dengan metode *Rock Mass Rating* dengan data masukan berupa kuat tekan batuan, kondisi kekar, orientasi dan spasi kekar.
 - c. Menentukan nilai *air deck factor* optimal berdasarkan pembobotan massa batuan di lokasi penelitian
 - d. Mengumpulkan data observasi peledakan aktual dengan penerapan metode *bottom air deck* untuk mengetahui geometri aktual, penggunaan *powder factor* dan tingkat pengungkungan energi.
 - e. Mengambil sampel distribusi fragmentasi hasil peledakan dan mencatat *digging time* alat gali muat pada lokasi peledakan observasi.

- f. Melakukan analisis distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan observasi menggunakan perangkat lunak *SplitDesktop*.
- g. Merancang geometri lubang ledak uji coba menggunakan metode peledakan *top air deck* dengan menerapkan rentang nilai *air deck factor* optimal untuk mengetahui pengaruh metode tersebut terhadap distribusi fragmentasi dan *digging time* yang dihasilkan.
- h. Mengumpulkan data hasil uji coba peledakan dengan penerapan metode *top air deck* untuk mengetahui geometri aktual, tingkat pengungkungan energi, distribusi fragmentasi dan *digging time* alat gali muat.

III. DASAR TEORI

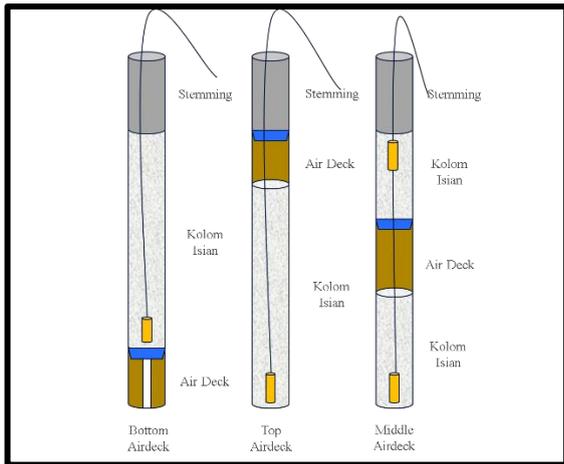
Metode Air Deck

Air decking merupakan teknik peledakan dengan memberikan ruang udara di dalam lubang ledak guna mengurangi panjang kolom isian/*powder charge*, lemparan batu (*flyrock*), getaran tanah (*ground vibration*), memperbaiki fragmentasi batuan hasil peledakan, memperbaiki dinding jenjang hasil peledakan dan lain sebagainya. Dikutip dari Melnikov (1979) dalam *A Method of Enhanced Rock Blasting by Blasting*, tekanan hasil peledakan yang terjadi dengan *air deck* mampu mengurangi besar gelombang kejut pada awal inisiasi, namun menghasilkan durasi yang lebih lama dalam kekuatan gelombang kejutnya untuk menghasilkan retakan-retakan kecil sehingga dapat mengurangi rata-rata ukuran fragmen batuan.



Gambar 3.1. Prinsip Kerja Air Deck (Partha D.S, 2011)

Pengaplikasian *air deck* dapat ditempatkan di segala posisi isian lubang ledak, diantaranya pada bagian atas isian bahan peledak (*top air deck*), tengah isian (*middle air deck*), dasar isian (*bottom air deck*) maupun gabungan antara ketiganya. Penentuan lokasi kolom udara disesuaikan dengan kondisi geologi batuan penyusun dan pertimbangan biaya yang dapat dipangkas.



Gambar 3.2. Contoh Penempatan Posisi *Air Deck* pada Lubang Ledak (Hayat, M.B, dkk, 2019)

Menurut Moxon (1993), apabila air deck diletakkan pada bagian tengah lubang ledak, gelombang tekan yang dihasilkan pada saat proses peledakan akan saling bertabrakan pada kolom udara di tengah lubang ledak. Interaksi yang terjadi akan memperkuat gelombang tekan. Fournery, dkk (1981) mengamati bahwa keberadaan kolom udara pada bagian atas menyebabkan gelombang kejut bergerak keatas dan berinteraksi dengan dasar permukaan *stemming* yang meningkatkan tingkat pemecahan batuan pada area kolom udara dan *stemming*. Sedangkan J.C. Jhanwar (2011) menyatakan bahwa penempatan *air deck* pada dasar lubang ledak tidak direkomendasikan pada keadaan normal dikarenakan bagian dasar lubang ledak mengalami tingkat pengungkungan yang tinggi dan membutuhkan tekanan yang tinggi untuk menghasilkan *toe* yang rata.

Rock Mass Rating

Rock Mass Rating System atau juga dikenal dengan *Geomechanics Classification* dikembangkan oleh Bieniawski pada tahun 1973. Metode ini dikembangkan selama bertahun-tahun seiring dengan berkembangnya studi kasus yang tersedia dan disesuaikan dengan standard prosedur yang berlaku secara internasional (Bieniawski, 1989). Metode klasifikasi RMR merupakan metode yang sederhana dalam penggunaannya dan parameter-parameter yang digunakan dapat diperoleh baik dari data lubang bor maupun dari pemetaan geoteknik struktur bawah tanah.

Massa batuan pada sistem ini dibagi menjadi beberapa parameter menurut struktur geologi dan masing-masing parameter diklasifikasikan secara terpisah. Batas-batasnya umumnya berupa struktur geologi mayor seperti patahan atau perubahan jenis batuan. Massa batuan dengan jenis yang sama terkadang harus dibagi menjadi beberapa bagian karena perubahan yang signifikan dalam spasi atau karakteristik bidang diskontinu. Parameter pembobotan massa batuan yang digunakan dalam sistem RMR diantaranya adalah

- a. Kekuatan Batuan

- b. *Rock Quality Designation*
- c. Orientasi dan Spasi Kekar
- d. Karakteristik Kekar
- e. Kondisi Air Tanah

Air Deck Factor Optimal

Panjang kolom udara / *air deck length* (ADL) dapat ditentukan berdasarkan nilai *Air Deck Factor* (ADF). ADF merupakan nisbah panjang kolom air deck terhadap panjang kolom isian seluruhnya. Nilai ADF merupakan acuan dalam menentukan panjang kolom udara optimal pada setiap kedalaman lubang ledak. Nilai ADF didapat dari persamaan sebagai berikut (Jhanwar, 2002):

$$ADF = \frac{ADL}{OCL}$$

$$= \frac{ADL}{ADL + PC}$$

OCL merupakan tinggi *powder charge* (PC) lubang ledak tanpa *air deck*. Apabila dalam lubang ledak terdapat kolom udara, maka OCL terdiri dari ADL dan PC.

Nilai ADF yang optimal berbeda-beda untuk setiap lokasi massa batuan. Hubungan antara *air deck factor* dengan RMR dapat diketahui bahwa penggunaan air deck hanya sebatas dilokasi dengan kondisi nilai karakteristik massa batuan (RMR) antara 20 – 65. Apabila nilai RMR diatas 65 maka tidak direkomendasikan dalam penggunaan air deck, karena nisbah air deck factor terlalu kecil (J.C. Jhanwar, 2013).

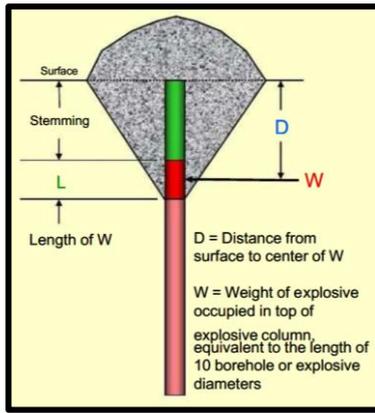
Tabel 3.1. Nilai ADF Berdasarkan Pembobotan Massa Batuan RMR (Jhanwar, 2013)

| Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989) | Air Deck Factor (ADF) |
|--|------------------------------|
| 20 – 35 | 0.30 – 0.40 |
| 35 – 45 | 0.20 – 0.30 |
| 45 – 65 | 0.10 – 0.20 |

Scaled Depth of Burial

Energi peledakan harus dalam kondisi terkungkung setelah terdetonasi agar distribusi energi peledakan dapat merata dan energi tidak terbuang akibat hilangnya tekanan dari gas-gas peledakan (*escaping gas*). Penggunaan panjang *stemming* dan bahan yang tepat dapat meningkatkan kondisi keterkungkungan.

Nilai pengurangan relatif merupakan nilai yang menunjukkan seberapa kuat *stemming* yang dipakai mampu menahan tekanan gas hasil peledakan dalam lubang ledak. Metode yang dapat dilakukan dalam penentuan nilai pengungkungan relatif adalah dengan perhitungan *Scaled Depth of Burial* oleh Livingston (1956). *Scaled Depth of Burial* (Sd) adalah perbandingan antara kedalaman absolut dengan bahan peledak.



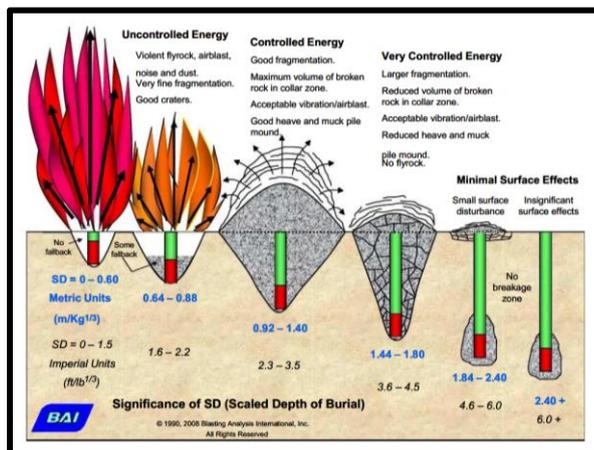
Gambar 3.3. Komponen *Scaled Depth of Burial* (Chiapetta, 2010)

Dalam menghubungkan pengaruh dari nilai *Sd* terhadap efek dari peledakan, nilai yang baik untuk *Sd* menurut Frank Chiapetta (2008) berkisar antara 0,92 – 1,40 m/kg^{1/3}. Besar nilai *scaled depth of burial* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Sd = \frac{\left(\frac{10}{2} \times De\right) + T}{W^{\frac{1}{3}}} \text{ apabila } De \geq 4 \text{ inci}$$

$$Sd = \frac{\left(\frac{8}{2} \times De\right) + T}{W^{\frac{1}{3}}} \text{ apabila } De < 4 \text{ inci}$$

Variabel *De* merupakan diameter lubang ledak yang digunakan, sedangkan variabel *T* merupakan panjang kolom *stemming* dan variabel *W* adalah berat bahan peledak ekivalen 10 kali diameter lubang ledak. Penggolongan besar nilai *scaled depth of burial* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Pengaruh Nilai *Sd* terhadap Efek Peledakan (Chiapetta,1990)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan menganalisis data karakteristik massa batuan, spasi dan orientasi kekar untuk merancang geometri *top air deck* yang kemudian akan diamati pengaruhnya terhadap fragmentasi peledakan dan digging time alat gali untuk dibandingkan dengan peledakan metode *bottom air deck*. Penelitian lapangan dilaksanakan di Pit Bukit

Oshor PT Karya Bhumi Lestari selama bulan Desember – Februari 2023. Penelitian menerapkan peledakan dengan metode *top air deck* didasarkan dari teori bahwa penempatan kolom udara diatas isian bahan peledak lebih direkomendasikan dan panjang kolom udara aktual dapat disesuaikan dengan lebih fleksibel apabila dibandingkan dengan menerapkan metode *bottom air deck*. Peledakan menerapkan geometri *burden* 8 meter, *spacing* 9 meter dan *subdrilling* 0,5 meter.

Identifikasi Nilai *Air Deck Factor* Optimal

Pengambilan data RMR dilakukan di 3 lokasi berbeda pada perlapisan *overburden seam* B3. Pengambilan data dilakukan secara primer menggunakan metode *scanline*. Hasil pengukuran RMR dan prediksi nilai *air deck factor* optimal dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Prediksi *Air Deck Factor* Berdasarkan *Rock Mass Rating*

| Lokasi Pengamatan | Jenis Data | Bobot RMR | Prediksi ADF |
|-------------------|------------|-----------|--------------|
| 1 | Primer | 60 | 0,1 – 0,2 |
| 2 | Primer | 54 | 0,1 – 0,2 |
| 3 | Primer | 52 | 0,1 – 0,2 |

Dari data yang telah didapatkan, ditemukan bahwa nilai *rock mass rating* di pit Bukit Oshor berkisar antara 45 – 65. Maka prediksi nilai *air deck factor* yang dapat diterapkan sebesar 0,10 – 0,20. Sehingga pada perancangan geometri lubang ledak uji coba akan menerapkan metode *top air deck* dengan nilai ADF maksimal 0,20.

Peledakan Observasi Metode *Bottom Air Deck*

Peledakan observasi menerapkan metode *bottom air deck* yang dilakukan sebanyak 5 kali pada bulan Desember 2022 – Januari 2023. Peledakan *bottom air deck* di Pit Bukit Oshor menerapkan perhitungan geometri R.L Ash untuk menentukan geometri peledakan *bottom air deck*. PT KBL menerapkan tinggi kolom *air deck* sepanjang 1 m untuk setiap kedalaman lubang ledak diatas 6 meter. Geometri peledakan *bottom air deck* observasi rata-rata secara umum dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Rata-rata Geometri Peledakan *Bottom Air Deck* Observasi

| Nama Peledakan | H (m) | W (Kg) | PC (m) | ADL (m) | T (m) | ADF |
|----------------|-------|--------|--------|---------|-------|-------|
| Observasi 1 | 8,92 | 154,09 | 4,29 | 1,00 | 3,64 | 0,189 |
| Observasi 2 | 8,06 | 120,31 | 3,30 | 0,90 | 3,87 | 0,205 |
| Observasi 3 | 8,72 | 139,26 | 3,85 | 1,00 | 3,87 | 0,208 |
| Observasi 4 | 7,49 | 126,10 | 3,48 | 0,84 | 3,17 | 0,182 |
| Observasi 5 | 8,21 | 127,69 | 3,51 | 0,98 | 3,72 | 0,223 |

Pada tabel 4.2 diketahui bahwa kedalaman lubang ledak di Pit Bukit Oshor memiliki kedalaman rata-rata bervariasi dari 7,49 – 8,92 m. Geometri peledakan yang diterapkan tidak sepenuhnya berdasarkan perhitungan

R.L Ash melainkan terdapat penyesuaian. Penerapan tinggi kolom udara 1 m untuk setiap kedalaman lubang ledak diatas 6 meter menghasilkan nilai *air deck factor* yang beragam (heterogen). Nilai ADF rata-rata pada peledakan observasi 2, 3 dan 5 masih belum memenuhi nilai ADF prediksi JC. Jhanwar dengan rentang nilai yang disarankan sebesar 0,10 – 0,20.

Analisis fragmentasi peledakan metode *bottom air deck* menggunakan perangkat lunak *SplitDesktop* bertujuan untuk mengetahui ukuran fragmentasi batuan P85 hasil peledakan secara aktual berdasarkan jumlah piksel pada sampel foto. Pengambilan foto hasil peledakan dilakukan sebanyak 4 kali menggunakan kamera. Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil analisis fragmentasi di Pit Bukit Oshor yang dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Ukuran Fragmentasi P85 Peledakan *Bottom Air Deck* Observasi

| Nama Peledakan | Ukuran Fragmentasi P85 (mm) | | | | |
|----------------|-----------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| | Foto A | Foto B | Foto C | Foto D | Rata-rata |
| Observasi 1 | 935,54 | 776,95 | 711,55 | 785,89 | 800,28 |
| Observasi 2 | 879,16 | 1.015,68 | 917,58 | 956,71 | 957,91 |
| Observasi 3 | 886,84 | 935,11 | 956,71 | 742,01 | 881,32 |
| Observasi 4 | 893,47 | 585,45 | 1.040,93 | 1.076,45 | 892,93 |
| Observasi 5 | 653,69 | 1.150,81 | 1.180,65 | 832,35 | 972,01 |

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan data bahwa hanya peledakan observasi 1 yang memenuhi target ukuran fragmentasi. Oleh karenanya, perlu dilakukan uji coba peledakan metode *top air deck* dengan nilai ADF optimal untuk menghasilkan ukuran distribusi fragmentasi P85 dibawah 860mm.

Selain melakukan pengukuran distribusi fragmentasi, penelitian juga mengumpulkan data *digging time* peledakan metode *bottom air deck* sebagai acuan yang dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. *Digging Time* Peledakan Metode *Bottom Air Deck* Observasi

| Nama Peledakan | Alat Gali Muat | Kode Exca | <i>Digging Time</i> (detik) |
|----------------|----------------|-----------|-----------------------------|
| Observasi 1 | Hitachi EX2500 | 156 | 11,67 |
| Observasi 2 | Komatsu PC2000 | 201 | 12,54 |
| Observasi 3 | Hitachi EX2500 | 155 | 13,15 |
| Observasi 4 | Hitachi EX2500 | 155 | 11,86 |
| Observasi 5 | Komatsu PC2000 | 175 | 14,02 |
| Rata-rata | | | 12,65 |

Berdasarkan tabel diatas, *digging time* peledakan observasi 2, 3 dan 5 belum memenuhi kriteria keberhasilan peledakan dikarenakan waktu rata-rata pengalihan lebih besar dari lama *digging time* target

alat gali muat yaitu 12 detik. Didapatkan bahwa *digging time* rata-rata peledakan observasi sebesar 12,65 detik. Dari tabel diatas, didapatkan bahwa hanya peledakan observasi 1 dan 4 yang memenuhi kriteria lama *digging time* alat gali muat

Peledakan *Trial* Metode *Top Air Deck*

Uji coba peledakan *top air deck* dilakukan sebanyak 6 kali di bulan Januari – Februari 2023. Perhitungan yang terukur perlu dilakukan agar tinggi kolom udara yang tercipta pada akhir *gassing* sesuai dengan yang diharapkan. Pada peledakan *trial* dibuat dua kondisi geometri, yaitu kondisi *before gassing* dan *after gassing*.

Geometri peledakan *trial* mengadopsi dan menyesuaikan dari geometri peledakan observasi. Pada bagian *burden*, *spasi* dan *subdrilling* geometri peledakan *trial* mempunyai ukuran yang sama dengan geometri peledakan observasi. Namun pada bagian *stemming*, PC dan ADL memiliki ukuran yang berbeda. Geometri peledakan *trial* dengan penerapan metode *top air deck* secara umum dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Rata-rata Geometri Peledakan *Top Air Deck*

| Nama Peledakan | H (m) | W (Kg) | PC (m) | ADL (m) | T (m) | ADF |
|----------------|-------|--------|--------|---------|-------|-------|
| <i>Trial</i> 1 | 8,46 | 154,14 | 4,22 | 0,74 | 3,49 | 0,149 |
| <i>Trial</i> 2 | 8,16 | 140,37 | 3,88 | 0,77 | 3,57 | 0,164 |
| <i>Trial</i> 3 | 8,13 | 121,62 | 3,37 | 0,85 | 3,91 | 0,202 |
| <i>Trial</i> 4 | 7,82 | 127,62 | 3,53 | 0,73 | 3,55 | 0,172 |
| <i>Trial</i> 5 | 7,19 | 112,87 | 3,12 | 0,72 | 3,35 | 0,188 |
| <i>Trial</i> 6 | 8,39 | 141,59 | 3,92 | 0,84 | 3,67 | 0,176 |

Analisis fragmentasi peledakan metode *top air deck* menggunakan perangkat lunak *SplitDesktop* bertujuan untuk mengetahui ukuran fragmentasi batuan P85 hasil peledakan secara aktual berdasarkan jumlah piksel pada sampel foto. Pengambilan foto hasil peledakan uji coba dilakukan sebanyak 4 kali menggunakan kamera. Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil analisis fragmentasi peledakan *top air deck* yang dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Ukuran Fragmentasi P85 Peledakan *Top Air Deck*

| Nama Peledakan | Ukuran Fragmentasi P85 (mm) | | | | |
|----------------|-----------------------------|----------|----------|--------|-----------|
| | Foto A | Foto B | Foto C | Foto D | Rata-rata |
| <i>Trial</i> 1 | 847,92 | 734,39 | 725,43 | 727,11 | 753,68 |
| <i>Trial</i> 2 | 1.080,95 | 773,05 | 735,49 | 671,22 | 801,95 |
| <i>Trial</i> 3 | 944,97 | 1.148,86 | 817,78 | 665,75 | 913,21 |
| <i>Trial</i> 4 | 1.144,33 | 679,03 | 792,98 | 670,42 | 821,28 |
| <i>Trial</i> 5 | 1.074,59 | 765,27 | 892,25 | 797,41 | 869,03 |
| <i>Trial</i> 6 | 758,04 | 753,45 | 1.061,48 | 722,75 | 834,44 |

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan bahwa keterdapatn ukuran fragmentasi P85 terbesar ada pada peledakan *trial* 3 dengan 913,21 mm dengan ukuran fragmentasi P85 terkecil ada pada peledakan *trial* 1 dengan 753,68 mm. Hal tersebut dipengaruhi oleh kuantitas penggunaan bahan peledak per lubang. Peledakan *trial* 1 menerapkan PF rata-rata paling besar senilai 0,252 kg/m³ sedangkan peledakan *trial* 3 menerapkan PF rata-rata paling kecil senilai 0,208 kg/m³.

Selain melakukan pengukuran distribusi fragmentasi, penelitian juga mengumpulkan data *digging time* peledakan metode *top air deck* sebagai acuan yang dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. *Digging Time* Peledakan Metode *Top Air Deck*

| Nama Peledakan | Alat Gali Muat | Kode Exca | <i>Digging Time</i> (detik) |
|----------------|----------------|-----------|-----------------------------|
| <i>Trial</i> 1 | Hitachi EX2500 | 155 | 10,32 |
| <i>Trial</i> 2 | Hitachi EX2500 | 155 | 9,82 |
| <i>Trial</i> 3 | Hitachi EX2500 | 156 | 12,30 |
| <i>Trial</i> 4 | Hitachi EX2500 | 156 | 11,64 |
| <i>Trial</i> 5 | Komatsu PC2000 | 175 | 11,97 |
| <i>Trial</i> 6 | Komatsu PC2000 | 176 | 11,52 |
| Rata-rata | | | 11,26 |

Peledakan *trial* dilakukan dengan pertimbangan besar nilai *air deck factor*. Nilai ADF yang diterapkan pada masing-masing peledakan *trial* tersebut menghasilkan lama *digging time* yang beragam. Lama *digging time* terkecil selama 9,82 detik didapatkan pada Peledakan *Trial* 2 dan lama *digging time* terbesar selama 12,30 detik pada Peledakan *Trial* 3. Berdasarkan data *digging time* aktual dan *trial* yang telah didapat, hanya peledakan *trial* 3 yang tidak memenuhi lama *digging time* ≤ 12 detik.

Tingkat Pengungkungan Energi Peledakan

Nilai *Scaled depth of burial* yang baik menurut Frank Chiapetta (2010) berkisar antara 0,92 – 1,4 m/kg^{1/3} disebut sebagai *Controlled energy*. Nilai *Scaled depth of burial* < 0,92 m/kg^{1/3} termasuk kedalam kategori *uncontrolled energy* dikarenakan adanya pelepasan energi berlebih ke lingkungan sehingga menimbulkan efek peledakan berupa *air blast*, *ground vibration* dan *fly rock* yang besar. Sedangkan nilai *Scaled depth of burial* > 1,4 m/kg^{1/3} akan mengakibatkan energi peledakan terlalu terkungkung (*very controlled energy*) dan tidak terdistribusi dengan merata sehingga fragmentasi yang dihasilkan berukuran besar pada area kolom *stemming*. Persentase distribusi kondisi *scaled depth of burial* pada setiap peledakan dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Distribusi Kondisi *Scaled Depth of Burial* Peledakan Observasi dan *Trial*

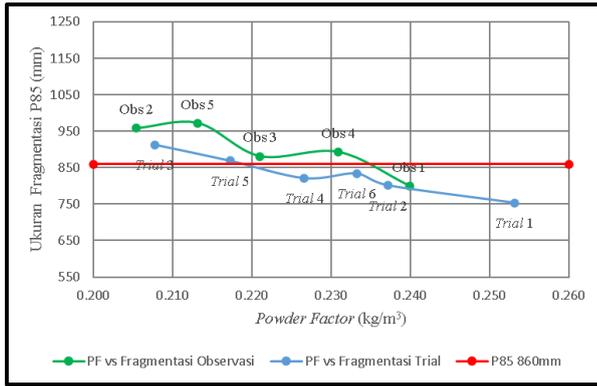
| Nama Peledakan | Kategori Lubang Ledak | | | Persentase CE (%) |
|----------------|-----------------------|-----|-----|-------------------|
| | UE | CE | VCE | |
| Observasi 1 | 0 | 32 | 0 | 100 |
| Observasi 2 | 3 | 65 | 0 | 95,59 |
| Observasi 3 | 0 | 35 | 0 | 100 |
| Observasi 4 | 31 | 62 | 0 | 66,67 |
| Observasi 5 | 0 | 106 | 0 | 100 |
| <i>Trial</i> 1 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| <i>Trial</i> 2 | 0 | 76 | 0 | 100 |
| <i>Trial</i> 3 | 0 | 13 | 0 | 100 |
| <i>Trial</i> 4 | 0 | 26 | 0 | 100 |
| <i>Trial</i> 5 | 0 | 23 | 0 | 100 |
| <i>Trial</i> 6 | 0 | 81 | 0 | 100 |

Pada peledakan *bottom air deck* observasi, tingkat keterungkungan energi dari lubang ledak masih dapat dioptimalkan. Hal ini dapat diamati dari persentase energi terkontrol pada observasi 2 dan 4. Pada lokasi observasi tersebut didapatkan beberapa lubang ledak yang memiliki nilai keterungkungan dibawah 0,92 m/kg^{1/3} yang menandakan bahwa tinggi kolom *stemming* yang diterapkan masih belum mampu menahan laju energi ledak sehingga energi memiliki kecenderungan menghamburkan *stemming* ke udara dan menghasilkan *flyrock*.

Perbandingan Penerapan Metode *Bottom Air Deck* dan *Top Air Deck*

Penelitian yang dilakukan berfokus pada pengaruh penempatan posisi *air deck* terhadap distribusi fragmentasi hasil peledakan. Posisi *air deck* yang diteliti berupa *bottom air deck* yang diterapkan saat ini di lokasi penelitian dengan penerapan metode peledakan secara *top air deck*.

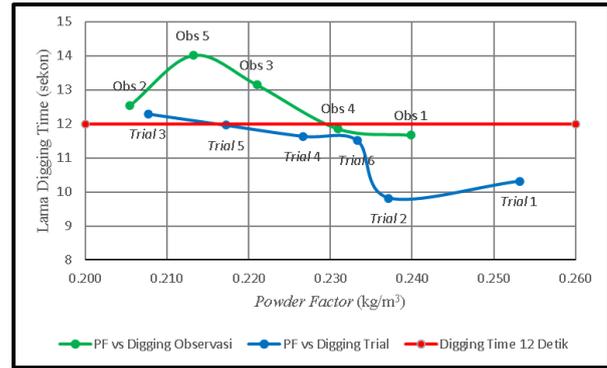
Ukuran bongkah yang ditetapkan untuk dijadikan batas acuan fragmentasi sebesar 860 mm. Angka tersebut berdasarkan pertimbangan ukuran lebar *bucket* alat gali muat yang digunakan. Menurut Koesnaryo (2001), kegiatan peledakan dinyatakan berhasil apabila distribusi fragmentasinya seragam dengan persebaran ukuran bongkah dibawah 15%. Grafik ukuran distribusi fragmentasi P85 pada tiap peledakan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Ukuran Fragmentasi P85 *Bottom Air Deck* dan *Top Air Deck*

Berdasarkan hasil dari observasi dan penerapan peledakan uji coba didapatkan bahwa peledakan metode *top air deck* menghasilkan fragmentasi dengan distribusi ukuran yang lebih baik dibandingkan dengan peledakan dengan menggunakan metode *bottom air deck*. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa hanya peledakan observasi 1 yang memenuhi kriteria yang menghasilkan fragmentasi dengan ukuran P85 ≤ 860 mm pada *powder factor* sebesar $0,240 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan pada peledakan dengan penerapan metode *top air deck*, peledakan *trial 3* dan *trial 5* dengan *powder factor* sebesar $0,208$ dan $0,217 \text{ kg/m}^3$ tidak memenuhi kriteria ukuran fragmentasi P85 yang ditargetkan. Peledakan *trial 1, 2, 4* dan *6* menghasilkan ukuran fragmentasi yang telah memenuhi target dengan *powder factor* yang digunakan sebesar $0,227 - 0,253 \text{ kg/m}^3$. Angka tersebut lebih baik apabila dibandingkan dengan penerapan dengan metode *bottom air deck* sehingga dapat disimpulkan metode *top air deck* menghasilkan distribusi fragmentasi yang lebih baik dengan penggunaan bahan peledak yang lebih efisien bila dibandingkan dengan metode *bottom air deck*.

Digging time merupakan lama waktu yang dibutuhkan oleh alat gali muat untuk menggali dan memuat fragmen batuan hasil peledakan menuju *vessel* alat angkut. Waktu yang dibutuhkan oleh alat gali muat dipengaruhi oleh faktor berupa distribusi ukuran fragmen batuan, karakteristik batuan, kondisi alat serta kemampuan operator dalam mengoperasikan alat. Grafik perbandingan lama *digging time* antara peledakan metode *bottom air deck* dengan *top air deck* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. *Digging Time* Alat Gali Muat Metode *Bottom Air Deck* dan *Top Air Deck*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2, waktu yang diperlukan alat untuk menggali dan memuat fragmen batuan yang menerapkan peledakan metode *bottom air deck* lebih lama apabila dibandingkan dengan yang menerapkan peledakan metode *top air deck*. Penerapan peledakan *trial* dengan metode *top air deck* menghasilkan lama *digging time* ≤ 12 detik pada *powder factor* sebesar $0,217 \text{ kg/m}^3$. Nilai *powder factor* tersebut lebih kecil apabila dibandingkan dengan peledakan observasi dengan metode *bottom air deck* yang menghasilkan lama *digging time* ≤ 12 detik pada *powder factor* sebesar $0,231 \text{ kg/m}^3$. Sehingga didapatkan bahwa *digging time* alat gali muat akan lebih rendah apabila kegiatan peledakan pada lokasi penelitian menerapkan metode peledakan *top air deck*.

Rekomendasi Geometri Lubang Ledak Metode *Top Air Deck*

Berdasarkan perhitungan geometri lubang ledak *top air deck* diketahui bahwa kedalaman lubang ledak yang disarankan berkisar $5,5 - 9$ m dengan berat bahan peledak berkisar $90 - 150$ kg yang linier dengan kedalaman lubang ledak. Rekomendasi ini berdasarkan data peledakan aktual lubang ledak dengan penerapan *top air deck* yang tergolong kedalam kategori *controlled energy* menggunakan nilai PF optimal sebesar $0,229 \text{ kg/m}^3$ dan ADF $0,170$. Rekomendasi geometri lubang ledak metode *top air deck* tiap kedalaman ditunjukkan pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9. Rekomendasi Geometri Isian Lubang Ledak *Top Air Deck* Tiap Kedalaman

| No | H (m) | W (kg) | PC (m) | | ADL | | T (m) |
|----|-------|--------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------|
| | | | Before Gassing | After Gassing | Before Gassing | After Gassing | |
| 1 | 5.5 | 90 | 2.20 | 2.49 | 0.79 | 0.50 | 2.5 1 |
| 2 | 6 | 99 | 2.42 | 2.74 | 0.87 | 0.55 | 2.7 1 |
| 3 | 6.5 | 107 | 2.62 | 2.96 | 0.94 | 0.60 | 2.9 4 |

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|------|------|------|------|----------|
| 4 | 7 | 115 | 2.82 | 3.18 | 1.01 | 0.65 | 3.1 7 |
| 5 | 7.5 | 123 | 3.01 | 3.40 | 1.09 | 0.70 | 3.4 0 |
| 6 | 8 | 132 | 3.23 | 3.65 | 1.17 | 0.75 | 3.6 0 |
| 7 | 8.5 | 141 | 3.45 | 3.90 | 1.25 | 0.80 | 3.8 0 |
| 8 | 9 | 150 | 3.67 | 4.15 | 1.33 | 0.85 | 4.0 0 |

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada PT Karya Bhumi Lestari yang telah bersedia untuk menjadi lokasi penelitian, Balai Sungai Kendari IV, serta segala pihak yang membantu penelitian ini.

VI. KESIMPULAN

1. Penerapan lubang ledak dengan metode *top air deck* lebih menguntungkan untuk dilakukan bila dibandingkan dengan metode *bottom air deck* dari segi distribusi fragmentasi batuan yang dihasilkan dan penggunaan *powder factor* yang diperlukan.
2. Nilai ADF optimal dengan penerapan peledakan metode *top air deck* adalah sebesar 0,170 yang menghasilkan fragmentasi P85 berukuran 753,33 mm dan *digging time* sebesar 11,32 detik.
3. Geometri lubang ledak optimal pada kedalaman lubang ledak 5,5 – 9 meter dalam kondisi *before gassing* yaitu tinggi *stemming* 2,51 – 4,00 meter, tinggi ADL 0,79 – 1,33 meter dan tinggi PC 2,20 – 3,67 meter. Sedangkan pada kondisi *after gassing* yaitu tinggi *stemming* 2,51 – 4,00 meter, tinggi ADL 0,50 – 0,85 meter dan tinggi PC 2,49 – 4,15 meter.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski. 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons. New York.
- Chiapetta F. 1990. *Blasting Analysis, in First Internasional Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*. Lulea University. Sweden.
- Gokhale, B.V. 2011. *Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines*. CRC Press/Balkema. Leiden.
- Hayat, M.B., dkk. 2019. *Air Decks in Surface Blasting Operations*.
- Hustrulid, W. 1999. *Blasting Principles for Open Pit Mining Vol 1*. Rotterdam/Brookfield.
- Jhanwar, J.C. 2011. *Theory and Practice of Air-Deck Blasting in Mines and Surface Excavations: A Review*.
- Jhanwar, J.C. 2013. *Investigation Into The Influence of Air Decking on Blast Performance in Opencast Mines in India: A Study*.
- Jhanwar, J.C. dan Jethwa, J.L. 2000. *The Use of Air Decks in Production Blasting in an Open Pit Coal Mine*.
- Jimeno C.L, Jimeno E.L, Carcedo F.J.A. 1995. *Drilling and Blasting of Rocks*. AA. Balkema. Balkema/Rotterdam/Brookfield.

- Koesnaryo, S. 2001. *Teknik Peledakan*. Dinas Pertambangan Provinsi Jawa Tengah. Semarang.
- Konya C.J., Walter E.J. 1990. *Surface Blast Design*. Prestice Hall. USA.
- Monjezi, M., dkk. 2022. *Comparison and Application of Top and Bottom Air Decks to Improve Blasting Operations*. AIMS Geosciences.
- Olofsson, Stig O. 1988. *Applied Explossives Technology for Construction and Mining*. APPLEX. Sweden.
- Rai, M.A., Kramadibrata, S. dan Wattimena, R.K. 2013. *Mekanika Batuan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Saptono, S. 2006. *Teknik Peledakan*. Yogyakarta: Jurusan Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Yogyakarta.
- Saptono, S. 2012. *Pengembangan Metode Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Karakterisasi Batuan di Tambang Terbuka Batubara*. Disertasi. Program Studi Rekayasa Pertambangan. Institut Teknologi Bandung.
- Saqib, S, S.M Tarrig. 2015. *Improving Rock Fragmentation Using Air deck Blasting Technique*. Department of Mining Engineering. UET. Lahore. Pakistan.
- Sharma, P.D. 2010. *Application of Air-Deck Technique in Surface Blasting*.
- Vogt, W. dan O. Aßbrock. 1993. *Digital Image Processing as an Instrument to Evaluate Rock Fragmentation by Blasting in Open Pit Mines*.
- Zhang, Z.X. 2016. *Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications*. Butterworth-Heinemann Elsevier. UK.