

# Analisis Efisiensi Teknik Peledakan *Top Air Deck* Terhadap Fragmentasi dan *Digging Time* Alat Gali Komatsu PC 2000 pada Pembongkaran *Overburden* Di *Pit Badak* PT Multi Harapan Utama, Kalimantan Timur

Josep L. Marpaung<sup>1\*</sup>, and Raimon Kopa<sup>1\*\*</sup>

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

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

\*\*[Raimonkopa@ft.unp.ac.id](mailto:Raimonkopa@ft.unp.ac.id)

**Abstract.** Demolition by blasting method is a method commonly used in the mining operations in order to obtain large productivity. Generate rock blasting activities into a certain fragmentation size, so it can be easier to do excavation and transportation. The effectiveness of blasting activities as a benchmark of the success of these explosions which are expected to have appropriate fragmentation and shorten the time of excavation, while the blasting efficiency is a measure of economical blasting activities. This study aims to assess the success of the top air deck blasting technique, and to estimate the optimum length of air decking on Pit Badak, PT Multi Harapan Utama. The research data consisted of powder factor, fragmentation of blasting and digging time excavator unloading. The method research is trial and error as well as statistical modeling. From the analysis conducted for blasting obtained with normal charge the percentage amount of the boulder is 2,29%, digging time 12.73 seconds, and used powder factor of 0.17 kg/bcm. Blasting with top air deck application of techniques derived boulder percentage of 7.59%, digging time 12.33 seconds, and powder factor of 0.14 kg/bcm. The optimum length of the air column (air deck length) is 1 meter with the percentage of boulder 7%, digging time 12.30 seconds, with the optimum powder factor 0.1450 kg/bcm. Top air deck techniques has reduce the use of explosives by 10-26%.

**Keywords:** Top air deck, fragmentation, boulder, digging time, powder factor, economical

## 1. Pendahuluan

Penambangan batubara dengan menerapkan metode penambangan tambang terbuka secara produktivitas dan juga produksi keseluruhan pada umumnya memiliki kuantitas yang lebih tinggi daripada metode penambangan bawah tanah<sup>[1]</sup>. Pada tahapan penambangan batubara, dilakukan pengupasan lapisan batuan penutup yang bertujuan untuk membuka badan lapisan batubara. Kondisi lapisan *overburden* yang memiliki karakteristik cenderung keras dan juga dipengaruhi oleh jenis alat gali yang digunakan untuk pemindahannya, maka setiap lokasi penambangan tentunya memiliki metode pembongkaran/pemberaian *overburden* yang berbeda, salah satunya dengan menerapkan teknik peledakan. Kegiatan peledakan bertujuan untuk melepaskan dan memisahkan batuan

dari batuan induknya menjadi ukuran fragmentasi tertentu sehingga memudahkan proses penambangan selanjutnya<sup>[2]</sup>.

Lapisan batuan penutup pada Pit Badak PT Multi Harapan Utama terdiri dari pada batuan sedimen seperti, batuan lempung, batuan lempung pasir dan batuan pasir. Berdasarkan sifat mekanik batuan pada pit Badak memiliki nilai kuat tekan batuan (*Uniaxial Strength Index*) 10-25 Mpa sehingga digolongkan sebagai batuan sedang-lunak. Rekomendasi metode pembongkaran batuan dengan nilai UCS 10-25 Mpa, sebaiknya dilakukan dengan metode *ripping*<sup>[3]</sup>. Namun pembongkaran lapisan batuan penutup pada pit Badak menggunakan metode peledakan, hal tersebut dilakukan dengan tujuan meningkatkan produksi dimana aktivitas penggalan *overburden* menggunakan alat gali Komatsu PC 2000.

Pada peledakan isian normal, rancangan geometri peledakan yang digunakan adalah, *burden* 8 m, *spasi* 9 m, dengan kedalaman lubang (L) 8 m. Panjang kolom isian bahan peledak (PC) 4 m dengan *stemming* sepanjang 4 m, *sub-drilling* 0,5 meter, sehingga *powder factor* normal sebesar 0,19 kg/bcm. Dengan geometri demikian berdasarkan teori *Stiffnes Ratio* ( $SR=H/B$ ) yang diajukan oleh J.C.Konya, rancangan dengan *burden* 8 m dan tinggi jenjang 7,5 m ( $SR \leq 1$ ) akan berpotensi untuk terjadinya *flying rock*, *air blast*, *ground vibration* serta dapat terjadi *backbreak and stam toe*<sup>[4]</sup>.

Maka geometri harus dirancang ulang, untuk mencapai  $SR = 3$  (peledakan baik) dimana seharusnya dengan *burden* 8 m, kedalaman lubang ledak ideal 16-24 m. Tetapi akibat keterbatasan alat bor yang memiliki panjang pipa maksimal 9 m dan memperkecil *cycletime* pemboran, serta batuan pada pit Badak yang tergolong batuan sedang sehingga apabila terjadi *toe* masih dapat diatasi dengan *dozing*. Serta untuk mengurangi penggunaan bahan peledak dan memperkecil terjadinya *flying rock*. Salah satu tindakan teknis yang sedang dicobakan pada aktivitas peledakan Pit Badak adalah penerapan peledakan teknik *top air deck*, dimana sebagian kolom isian bahan peledak diganti dengan rongga udara yang berada diantara *powder column* dan *stemming*. Geometri penerapan peledakan *top air deck* yang dilaksanakan pada Pit Badak tidak secara total merubah *pattern* yang ada, dimana geometri peledakannya, *burden* 8 m, *spasi* 9 m, kedalaman lubang (L) 8 m, dengan *powder charge* 3,5 m, *air deck lenght* 0,5 m, serta *stemming* 4 m. Sehingga *powder factor* penerapan peledakan *top air deck* sebesar 0,17 kg/bcm.

Tekanan hasil peledakan yang terjadi dengan *air deck* mampu mengurangi nilai gelombang kejut pada awal inisiasi tetapi memperpanjang durasi gelombang kejutnya untuk menghasilkan retakan-retakan mikro sehingga fragmentasi peledakan menjadi kecil<sup>[5],[6]</sup>. Berdasarkan posisi *air decking* dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu *bottom air deck*, *middle air deck*, dan *top air deck*<sup>[7]</sup>. Pada Pit Badak digunakan *top air deck* disebabkan oleh pemasangan yang lebih mudah dimana *air gaps* dibentuk dengan menggantung *ball deck/rock lock* sebagai penahan *stemming*. Dimana hal ini juga lebih ekonomis, disebabkan oleh penggunaan satu buah primer serta mampu memperkecil kemungkinan terjadinya *flying rock* dan *air blast*.

Peledakan batuan dapat dikategorikan berhasil apabila batuan dapat dengan mudah dan cepat untuk digali (*digging time* rendah). Pada pemindahan tanah mekanis maupun dalam hal ini adalah lapisan batuan penutup, fragmentasi batuan peledakan menjadi indikator penting. Keberadaan fragmentasi yang berukuran *boulder* dan tingkat keseragaman yang buruk akan menyebabkan menurunnya kemampugalian (*digability*) alat gali-muat. Hal ini dikarenakan besarnya *digging resistance* sehingga menambah *digging time* dan *cycletime* alat gali. Peningkatan *digging time* tentunya juga mempengaruhi produktivitas yang mengakibatkan penurunan dari pada produksi<sup>[8]</sup>.

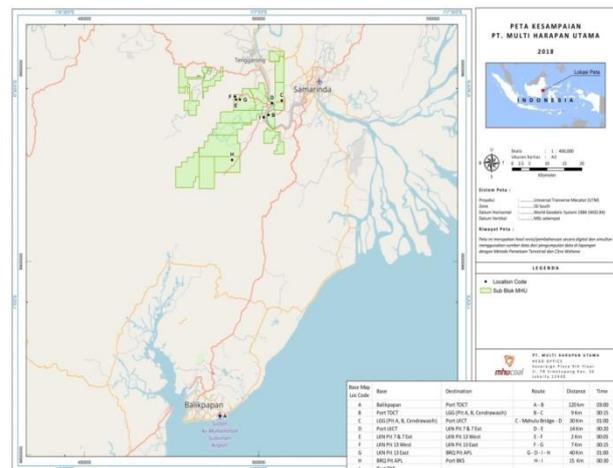
Dari pengamatan dilapangan terhadap material hasil peledakan ditemukan fragmentasi yang berukuran

>100 cm. Hal tersebut mengakibatkan *digging time* alat gali Komatsu PC 2000 mengalami fluktuasi yang mempengaruhi produktivitasnya.

Penelitian ini menganalisis tingkat keberhasilan kegiatan peledakan teknik *top air deck* yang dilakukan pada Pit Badak dengan metode percobaan dan *trial and error* dan pendekatan statistik. Dengan mengumpulkan data nilai *powder factor*, fragmentasi batuan serta *digging time* alat gali-muat. Analisis juga dilakukan untuk memperoleh optimasi rancangan ideal peledakan teknik *top air deck* melalui pendekatan statistik sederhana berupa regresi sederhana untuk mengetahui hubungan antara dua buah variabel. Dimana dari pendekatan statistik tersebut diperoleh rancangan panjang *air deck* ideal peledakan untuk memperoleh fragmentasi batuan dan *digging time* yang memenuhi target.

## 2. Lokasi Penelitian

Lokasi wilayah konsesi penambangan batubara PT Multi Harapan Utama secara geografis terletak pada koordinat 000 24' 46,00" – 000 26' 59,40" LS dan 1170 03' 55,00" – 1160 47' 37,20" BT. PT Multi Harapan Utama dengan status perusahaan sebagai pemilik izin PKP2B seluas 39.972 Ha dan secara administratif berada dalam 4 wilayah kecamatan yaitu Loa Kulu, Kecamatan Loa Janan, Kecamatan Tenggarong, dan Tenggarong Seberang, yang berada di Kabupaten Kutai Kartanegara serta Kecamatan Sungai Kunjang termasuk di dalam Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Jarak antara daerah penambangan dengan Kota Samarinda 90 km disebelah timur laut Kota Samarinda, dapat ditempuh dengan kendaraan sarana beroda empat selama ± 45 menit.



Gambar 1. Peta Kesampaian Konsesi PT MHU<sup>[9]</sup>

Lokasi penambangan Pit Badak berada pada sub-blok Beruaq, blok Gitan Operation. Blok Gitan Operation (BGO) merupakan blok penambangan terluas sebesar 27.663 Ha. Berada di bagian paling barat wilayah konsesi penambangan PT MHU.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Desain Penelitian

##### 3.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang penulis lakukan yaitu penelitian penelitian terapan. Jenis penelitian ini disebut juga *Applied Research*. Penelitian terapan merupakan jenis penelitian menekankan akan penerapan ilmu – ilmu teoritis dalam penyelesaian masalah di lapangan. Penelitian ini mengambil dan mengumpulkan data dari lapangan kemudian mengolah data tersebut berdasarkan referensi dan sumber-sumber yang berhubungan dengan penelitian. Penelitian terapan adalah penelitian yang dilakukan dengan tujuan menguji dan mengevaluasi serta menerapkan dalam hal pemecahan masalah-masalah praktis dilapangan<sup>[10]</sup>.

##### 3.1.2. Waktu penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 14 januari – 14 april 2019, dengan rincian 14 – 19 januari 2019 orientasi lapangan, 14 januari – 26 januari 2019 pengamatan lapangan/departemen, 28 januari – 30 maret 2019 pengambilan dan analisis data, baik data primer maupun data sekunder.

##### 3.1.3 Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada area peledakan Pit Badak, Blok Gitan Operation, PT Multi Harapan Utama, Kalimantan Timur.

#### 3.2 Jenis Dan Sumber Data Penelitian

Data penelitian dapat terbagi atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung sebagai hasil dari pengamatan lapangan dan analisis menggunakan perangkat pembantu. Adapun data primer penelitian ini terdiri dari geometri peledakan yaitu *burden*, *spasi*, kedalaman lubang ledak, panjang isian, panjang *stemming*, panjang *air deck*, fragmentasi peledakan berdasarkan pengamatan foto, *digging time* excavator PC 2000, dan penggunaan bahan peledak (PF) baik untuk peledakan isian normal maupun peledakan *top air deck*. Data sekunder merupakan data yang tidak langsung diambil dilapangan, berasal dari dokumen dan arsip yang telah ada sebelumnya yang terdiri atas data bor geoteknik, *blast report*, dan disiapkan oleh perusahaan atau sumber lainnya berupa *blast map*, *inventory blasting map*, peta topografi, geologi, serta data lithologi.

#### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data primer berupa (a) *Powder factor* peledakan *Pit Badak* yang diperoleh dari pengukuran langsung di MMU dan *blast report*, (b) data geometri peledakan (*burden*, *spasi*, kedalaman lubang, panjang isian, panjang *stemming*), (c) foto fragmentasi peledakan dilapangan untuk dianalisis guna memperoleh distribusi fragmentasi peledakan, (d) *digging time* alat gali muat PC 2000. Data sekunder adalah sumber data penelitian

yang di peroleh melalui media perantara atau tidak secara langsung berupa *blast map*, *blast report*, peta geologi, data bor geoteknik, data lithologi.

#### 3.4. Teknik Pengolahan Dan Analisis Data

##### 3.4.1 Pengolahan data

Pengolahan data yang dilakukan meliputi perbandingan antara data pengukuran langsung dilapangan dengan data yang direkap oleh perusahaan seperti data geometri peledakan, data jumlah penggunaan bahan peledak, dan data volume batuan terbongkar. Penentuan foto fragmentasi yang ideal mewakili kondisi lapangan hasil peledakan, pengeliminasian data *digging time* yang mengalami penyimpangan terlalu besar.

##### 3.4.1.1 Perbandingan data

Perbandingan data dilakukan untuk memperoleh dan memastikan data yang paling tepat pada kegiatan peledakan tersebut. Kondisi lapangan dengan jumlah lubang ledak yang banyak sangat rentan mengakibatkan terdapatnya data yang terlewatkan, seperti jumlah lubang ledak, kedalaman, dan data jumlah penggunaan bahan peledaknya. Keseluruhan data tersebut dipastikan, guna untuk mengetahui *Powder Factor* aktual yang kemudian diolah untuk mendapatkan panjang kolom udara (*air deck length*) aktual.

##### 3.4.1.2 Pengeliminasian data fragmentasi dan *digging time*

Analisis data fragmentasi dengan menggunakan *software Split Desktop 2.0* membutuhkan skala gambar yang sama untuk setiap fragmen, sehingga foto yang dianalisis memiliki indikator skala perbandingan dan tepat untuk setiap fragmen. Sementara akibat pengambilan data *digging time* yang random, maka terdapat beberapa data yang memiliki nilai sangat jauh dari data normal, maka data tersebut disisihkan sehingga setiap kali peledakan diperoleh 30 data *digging time* yang memiliki nilai *standart deviasi* yang kecil.

##### 3.4.2 Analisis Data

##### 3.4.2.1 Analisis fragmentasi aktual dengan *software split desktop 2.0*

Teknik pengukuran fragmentasi batuan dilakukan dengan metode *Image analysis (photographic)*. Metode pengukuran ini menganalisis ukuran fragmentasi menggunakan perangkat lunak (*software*). *Software* tersebut antara lain *Fragsize*, *Split Engineering*, *Gold Size*, *Power Sieve*, *Fragscan*, *Wipfrag.dll*<sup>[11]</sup>. Keakuratannya bervariasi antara 2 % sampai 20 %.

Fragmentasi hasil peledakan pada *Pit Badak* dianalisis dengan *software split desktop 2.0* sehingga didapatkan fragmentasi aktual pada area peledakan, baik peledakan dengan isian normal maupun dengan penerapan *top air deck*.

### 3.4.2.2 Analisis statistik

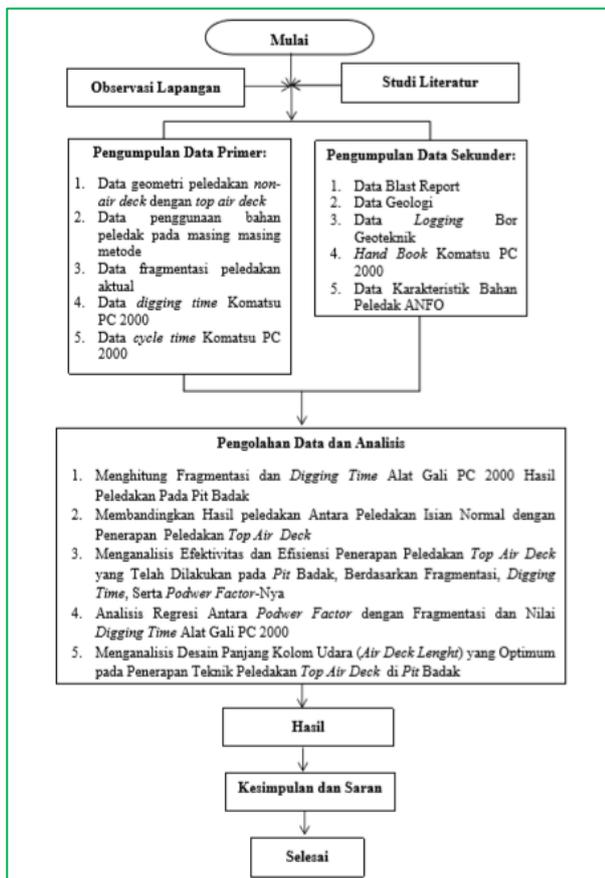
Analisis statistik digunakan untuk mendapatkan kesimpulan dari beberapa data yang dikumpulkan. Selain mendapatkan nilai rata-rata dari setiap data, digunakan juga analisis regresi dan analisis kurva ekuilibrium. Analisis regresi digunakan untuk memberikan penjelasan hubungan antara dua jenis atau lebih, yaitu hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen atau variabel prediktor.

Analisis dua variabel disebut sebagai analisis regresi sederhana, yaitu apabila hanya melibatkan satu variabel independen<sup>[2], [12]</sup>. Hubungan antara variabel dependen (Y) dengan variabel independen (X) dituliskan dengan persamaan linier:

$$Y = i + Xi \quad (1)$$

Analisis kurva ekuilibrium merupakan kurva yang menunjukkan hubungan antara dua garis regresi yang saling berlawanan terhadap variabel devenden. Dimana dari perpotongan dua garis regresi tersebut menyatakan suatu kondisi setimbang.

### 3.5 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## 4. Pembahasan

### 4.1 Geometri Peledakan Aktual

Pengambilan data geometri peledakan dengan isian normal aktual dilakukan secara manual dengan mengukur secara langsung untuk memperoleh burden, spasi, kedalaman lubang ledak dan lain-lain.

#### 4.1.1 Geometri Peledakan Isian Normal

Tabel 1. Geometri Peledakan Isian Normal

No.	Parameter Peledakan	Nilai
1	Burden	8 m
2	Spasi	9 m
3	Kedalaman lubang ledak	8 m
4	Tinggi jenjang	7,5 m
5	PC	4 m
6	Stemming	4 m
7	Subdrilling	0,5 m
8	Density DANFO	0,84 gr/cc
9	Loading density	26,46 kg/m
10	Berat bahan peledak/lubang	105,84 kg/lubang
11	Powder factor	0,20 kg

#### 4.1.2 Geometri Peledakan Top Air Deck

Tabel 2. Geometri Peledakan Top Air Deck

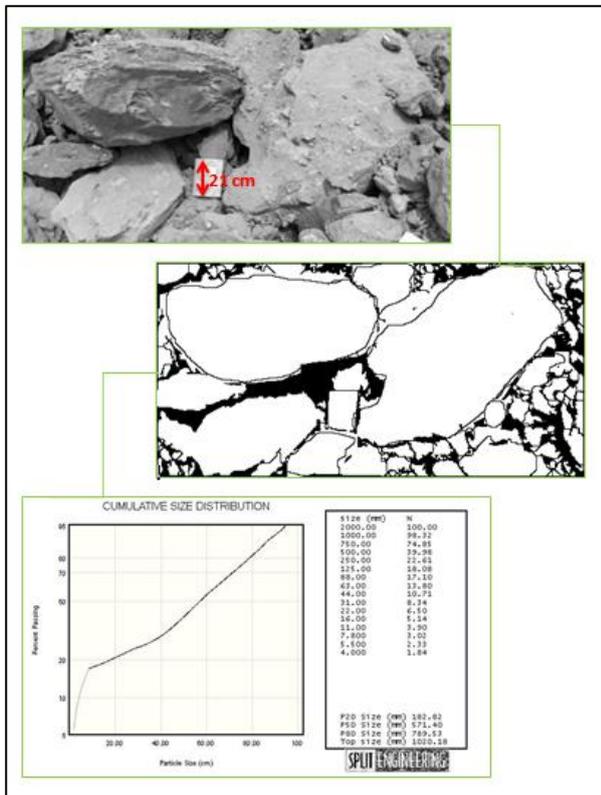
No.	Parameter Peledakan	Nilai
1	Burden	8 m
2	Spasi	9 m
3	Kedalaman lubang ledak	8 m
4	Tinggi jenjang	7,5 m
5	PC	3,5 m
6	Stemming	4 m
7	Subdrilling	0,5 m
8	Air deck lenght	0,5 m
9	Density DANFO	0,84 gr/cc
10	Loading density	26,46 kg/m
11	Berat bahan peledak/lubang	105,84 kg/lubang
12	Powder factor	0,20 kg

### 4.2 Fragmentasi dan Digging Time Aktual Peledakan Isian Normal

#### 4.2.1 Distribusi Fragmentasi Batuan Aktual Peledakan Isian Normal

Distribusi fragmentasi aktual diperoleh dengan metode analisis fragmentasi fotografi dengan menggunakan software Split Dekstop 2.0, dimana analisa distribusi dapat dihitung dengan masukan foto fragmentasi aktual peledakan dilapangan. Skala gambar menggunakan buku dengan panjang 21 cm. Hasil analisis dengan menggunakan split desktop akan memberikan output berupa grafik dan tabel distribusi (*Cumulative size*

distribution) dari foto fragmen yang dianalisis. Adapun tahapannya seperti yang diuraikan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Tahapan Analisis Fragmentasi Fotografi

Dari analisis tersebut diperoleh bahwa ukuran rata-rata fragmentasi batuan hasil peledakan dengan isian normal sebanyak enam kali kegiatan pada Pit Badak sebesar 20,24 cm, dengan jumlah persentase fragmentasi lolos ukuran 100 cm sebanyak 97,71 %. Hasil peledakan tersebut telah memenuhi target yang diharapkan oleh perusahaan yaitu jumlah persentase lolos ukuran  $\leq 100$  cm sebesar 80%. Uraian tersebut dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Distribusi Fragmentasi Peledakan Isian Normal

No.	Tanggal	Isian	Lolos 100 cm (%)	Ukuran Rata-rata (cm)	% Boulder
1	04 Feb 2019	Normal	100.00	20.23	0.00
2	07 Feb 2019	Normal	94.31	30.90	5.69
3	15 Feb 2019	Normal	100.00	17.64	0.00
4	22 Feb 2019	Normal	100.00	8.62	0.00
5	25 Feb 2019	Normal	100.00	14.22	0.00
6	26 Feb 2019	Normal	91.93	29.81	8.07
Rata-rata			97.71	20.24	2.29

#### 4.2.2 Digging Time Aktual Peledakan Isian Normal

Digging time alat gali muat Komatsu PC 2000 yang diamati secara rata-rata adalah 12,73 detik. Hal tersebut masih berada dibawah toleransi yang ditetapkan untuk

penggalian overburden hasil peledakan pada Pit Badak yaitu  $\leq 14$  detik. Nilai digging time tersebut dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Digging Time Alat Gali Komatsu PC 2000

No.	Tanggal	Isian	Digging Time (s)
1	04 Feb 2019	Normal	12.04
2	07 Feb 2019	Normal	10.66
3	15 Feb 2019	Normal	13.49
4	22 Feb 2019	Normal	13.03
5	25 Feb 2019	Normal	14.34
6	26 Feb 2019	Normal	12.81
Rata-rata			12.73

#### 4.3 Fragmentasi dan Digging Time Aktual Peledakan Top Air Deck

##### 4.3.1 Distribusi Fragmentasi Batuan Aktual Peledakan Top Air Deck

Hasil analisis distribusi fragmentasi peledakan aktual top air deck pada Pit Badak dengan menggunakan software split desktop 2.0, diperoleh distribusi diantaranya jumlah persentase lolos ukuran  $\leq 100$  cm sebesar 92,41 % dengan ukuran rata-rata fragmentasi peledakan 29,45 cm, dimana jumlah boulder sebanyak 7,59 %. Hasil peledakan tersebut telah memenuhi target persentase lolos sebesar 80 %. Uraian dari pada hasil analisis data distribusi fragmentasi tersebut dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Distribusi Fragmentasi Peledakan Top Air Deck

No.	Tanggal	Lolos 100 cm (%)	U. Rata-rata (cm)	% Boulder
1	03 Feb 19	100.00	20.58	0.00
2	14 Feb 19	98.32	47.74	1.68
3	23 Feb 19	100.00	10.66	0.00
4	27 Feb 19	88.33	32.85	11.67
5	28 Feb 19	88.51	36.41	11.49
6	02 Feb 19	84.14	32.12	15.86
7	08 Mar 19	81.94	29.82	18.06
8	14 Mar 19	98.06	25.42	1.94
Rata-rata		92.41	29.45	7.59

##### 4.3.2 Digging Time Aktual Peledakan Top Air Deck

Hasil pengamatan dan analisis digging time alat gali muat pada penggalian material hasil peledakan top air deck sebanyak delapan kali percobaan diperoleh nilai rata-rata digging time alat gali Komatsu PC 2000 sebesar 12,33 detik. Nilai digging time pada masing-masing peledakan dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

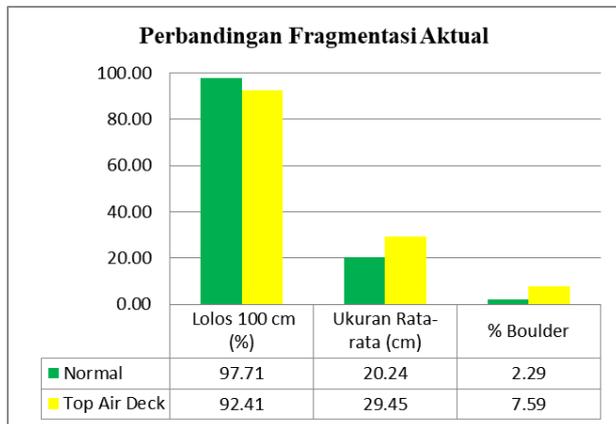
**Tabel 6.** Digging Time Alat Gali Komatsu PC 2000

No.	Tanggal	Isian	Digging Time (s)
1	03 Feb 2019	Air Deck	12.04
2	14 Feb 2019	Air Deck	12.05
3	23 Feb 2019	Air Deck	11.21
4	27 Feb 2019	Air Deck	12.83
5	28 Feb 2019	Air Deck	12.91
6	02 Feb 2019	Air Deck	12.79
7	08 Mar 2019	Air Deck	12.95
8	14 Mar 2019	Air Deck	11.83
Rata-rata			12.33

#### 4.4 Perbandingan Aktual Peledakan Isian Normal dengan Peledakan Top Air Deck

##### 4.4.1 Perbandingan Fragmentasi Aktual

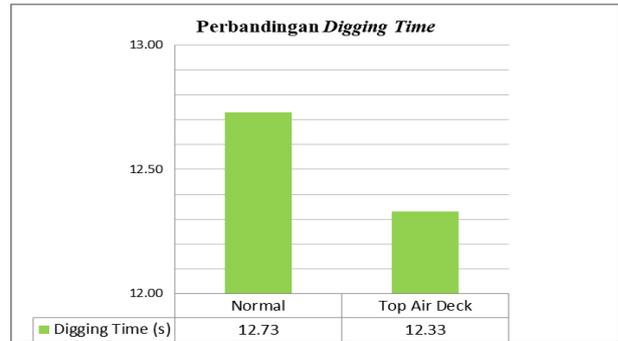
Perbandingan fragmentasi batuan aktual antara peledakan isian bahan peledak normal dengan peledakan *top air deck* dinilai berdasarkan jumlah fragmen lolos ukuran 100 cm ( $\leq 100$  cm), ukuran rata-rata fragmentasi dan juga persentase *boulder* dapat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Histogram Perbandingan Fragmentasi Aktual

##### 4.4.2 Perbandingan Digging Time

*Digging time* alat gali Komatsu PC 2000 pada saat penggalian material batuan hasil peledakan dengan isian normal ialah sebesar 12,73 detik, sementara *digging time* alat pada penggalian material batuan hasil peledakan teknik *top air deck* justru lebih kecil 0,40 detik atau sebesar 12,33 detik. Perbedaan nilai *digging time* tersebut dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Histogram Perbandingan Digging Time Aktual

##### 4.4.3 Perbandingan Powder Factor

*Powder factor* merupakan perbandingan antara jumlah penggunaan bahan peledak terhadap volume batuan terbongkar, dimana semakin besar nilai PF maka akan semakin tidak ekonomis biaya peledakan yang dilaksanakan. Secara teoritis PF rata-rata peledakan dengan isian normal pada Pit Badak sebesar 0,19 kg/bcm, sementara jumlah penggunaan bahan peledak aktual pada peledakan dengan isian normal pada Pit Badak yaitu sebesar 0,17 kg/bcm. *Powder factor* aktual peledakan dengan penerapan teknik *top air deck* pada Pit Badak diperoleh *powder factor* rata-rata sebesar 0,14 kg/bcm.

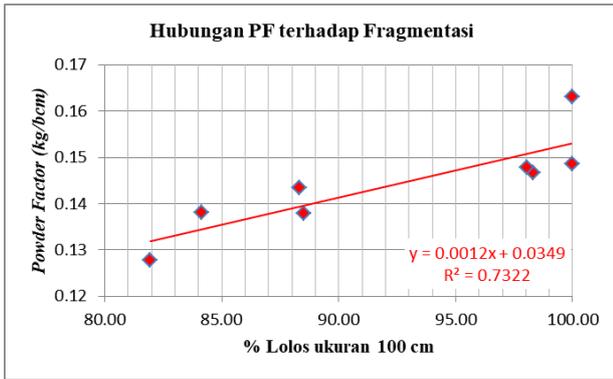
Maka dapat disimpulkan bahwa penerapan teknik peledakan *top air deck* pada Pit Badak dapat menurunkan penggunaan bahan peledak sebesar 10 - 26 %, dengan tercapainya target fragmentasi material dan *digging time* aktual tersebut sehingga penerapan teknik peledakan *top air deck* efisien.

#### 4.5 Penggunaan Optimum Bahan Peledak pada Penerapan Top Air Deck

##### 4.5.1 Hubungan Powder Factor dengan Fragmentasi Peledakan serta Digging Time Alat Gali Komatsu PC 2000

###### 4.5.1.1 Hubungan powder factor terhadap persentase fragmentasi lolos ukuran 100 cm

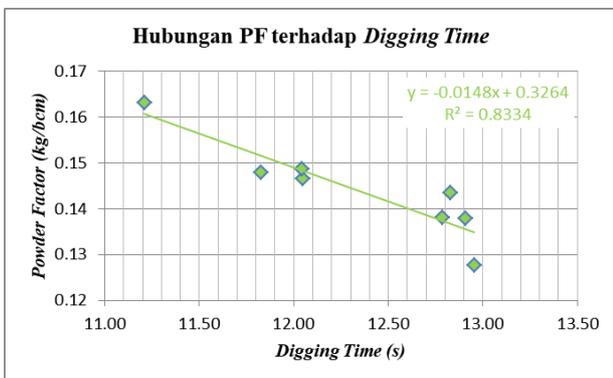
Hubungan kedua variabel tersebut dianalisis dengan menggunakan analisis regresi sederhana dengan uji coba model linear, model eksponensial, model polinomial, maupun model logaritma. Dari uji coba tersebut dipilih model regresi yang memiliki nilai koefisien korelasi dan determinasi ( $R^2$ ) terbesar<sup>[12]</sup>. Dari uji coba, model regresi yang paling baik ialah model linear dimana nilai  $R^2$  sebesar 0,73 yang menyatakan bahwa korelasi keduanya memiliki hubungan yang kuat, seperti dijelaskan pada gambar 6 berikut. Dari gambar tersebut dapat dilihat untuk memperoleh fragmentasi peledakan yang memiliki persentase lolos besar diperlukan bahan peledak yang lebih.



**Gambar 6.** Analisis *Bivariate* Hubungan *Powder Factor* terhadap % Fragmentasi Lolos Ukuran 100 cm

#### 4.5.1.1 Hubungan *powder factor* terhadap *digging time* alat gali muat Komatsu PC 2000

Hubungan kedua variabel tersebut dianalisis dengan menggunakan model regresi linear dengan koefisien determinasi 0,83 yang berarti hubungannya kuat. Dari koreasinya dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai PF yang digunakan maka akan memiliki nilai *digging time* yang semakin kecil. Analisis *bivariate* hubungan keduanya dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



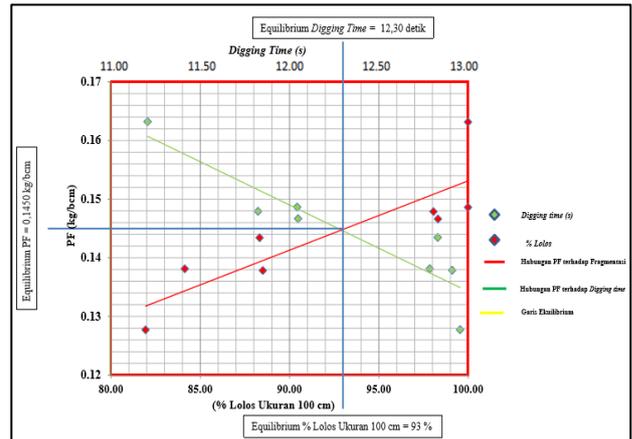
**Gambar 7.** Analisis *Bivariate* Hubungan *Powder Factor* terhadap *Digging Time* Alat Gali Komatsu PC 2000

#### 4.5.2 Estimasi *Powder Factor* Optimal pada Penerapan Peledakan *Top Air Deck* di Pit Badak

Penerapan teknik peledakan *top air deck* pada Pit Badak diharapkan mampu mengurangi jumlah penggunaan bahan peledak dengan target fragmentasi yang baik dan *digging time* ≤ 14 detik untuk alat gali Komatsu PC 2000. Maka dari analisis data dengan menggunakan kurva ekuilibrium untuk mendapatkan titik kesetimbangan antara penggunaan bahan peledak dengan hasil peledakan yang diantaranya jumlah persentase lolos fragmentasi ukuran ≤ 100 cm dan *digging time* alat gali Komatsu PC 2000

Hasil analisis data dengan menggunakan kurva ekuilibrium untuk peledakan penerapan teknik *top air deck* diperoleh *powder factor* optimum 0,1450 kg/bcm dengan persentase lolos fragmentasi ukuran ≤ 100 cm sebesar 93 % dan *digging time* 12,30 detik. Analisis

kurva ekuilibrium dari kedua regresi tersebut diuraikan pada gambar 8 berikut.



**Gambar 8.** Kurva Ekuilibrium Hubungan *Powder Factor* terhadap Fragmentasi serta *Digging Time* Alat Gali Komatsu PC 2000

## 4.6 Desain Panjang Kolom Udara (*Air Deck Length*) pada Peledakan Batuan Penutup Pit Badak dengan Teknik *Top Air Deck*

### 4.6.1 Rekomendasi Awal Panjang *Air Deck* pada Pit Badak Berdasarkan Bobot RMR Batuan

Lapisan batuan penutup yang dilakukan pembongkaran dengan menggunakan peledakan teknik *top air deck* pada Pit Badak merupakan lapisan *overburden seam 25, seam 28, seam 31, seam 32, seam 33*. Setelah dilakukan analisis bobot RMR batuan penutupnya adalah 51 – 63, dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini. Dengan bobot *Rock Mass Rating* tersebut maka nisbah *Air Deck Factor* sesuai dengan teori *air decking* yang disampaikan oleh J.C.Jhanwar adalah 0,1 – 0,2 seperti yang diuraikan pada tabel 7 berikut<sup>[13], [14]</sup>.

**Tabel 7.** Hubungan RMR dengan ADF

Rock Mass Rating	Air Deck Factor
20-35	0.3-0.4
35-45	0.2-0.3
45-65	0.1-0.2

**Tabel 8.** Bobot RMR Lapisan Batuan Penutup pada Pit Badak dan Prediksi *Air Deck Factor*

Overburden	Rating RMR					Total	ADF
	UCS	RQD	Js	Jc	GW		
Seam 25	0	20	15	21	7	63	0.1 – 0.2
	Siltstones/Claystone						
Seam 28	0	17	15	21	10	63	0.1 – 0.2

	Siltstones/Claystone						
Seam 31	2	17	15	21	10	65	0.1 - 0.2
	Claystone/Sandstone						
Seam 32	0	13	15	21	7	56	0.1 - 0.2
	Claystone/Carbonaceous Mudstone						
Seam 33	2	8	10	21	10	51	0.1 - 0.2
	Claystone/Carbonaceous Mudstone						

Nilai ADF lapisan batuan penutup di Pit Badak sebesar 0,1 - 0,2 sehingga untuk peledakan teknik *top air deck* dengan kedalaman lubang 8 m, serta panjang isian handak untuk peledakan normal adalah 4 m, maka panjang kolom udara (*air deck length*) yang dianjurkan adalah 0,4 - 0,8 m. Sehingga pemakaian panjang kolom udara awal untuk percobaan peledakan sebesar 0,5 m yang diterapkan pada Pit Badak masih sesuai dengan rekomendasi teori J.C.Jhanwar, akan tetapi belum merupakan panjang kolom udara optimum.

#### 4.5.2 Panjang Kolom Udara Ideal pada Peledakan Top Air Deck Pit Badak

Penentuan panjang kolom udara ideal pada pit Badak tidak dapat ditentukan hanya dengan berdasarkan nilai *Rock Mass Rating* batuan, hal ini dipengaruhi oleh rekomendasi *Air Deck Factor* yang masih berupa nilai *range*. Sehingga apabila dihitung panjang kolom udara yang didapat juga berupa *range*, sehingga perlu dicobakan dan memperhatikan hubungannya terhadap hasil peledakan baik fragmentasi, *powder factor*, dan lama penggalan.

Sesuai dengan analisis sebelumnya dimana dari hubungan antara *powder factor* dengan fragmentasi peledakan serta *digging time* alat gali Komatsu PC 2000 maka diperoleh *powder factor* optimum pada peledakan *top air deck* sebesar 0,1450 kg/bcm. Hasil analisis tersebut menjadi acuan paling ideal dalam menentukan desain panjang *air deck* yang digunakan pada Pit Badak, dengan PF 0,1450 kg/bcm maka dapat dihitung panjang kolom isian bahan peledak<sup>[15]</sup>. Dimana pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang *stemming* dan panjang isian (PC), maka diperoleh panjang kolom udara (ADL).

Pada lubang ledak dengan *burden* 8 m, *spasi* 9 m, kedalaman 8 m, serta optimum PF 0,1450 kg/bcm, maka panjang isian bahan peledak optimum adalah 3 m. Panjang *stemming* yang digunakan sesuai dengan *stemming* pada peledakan isian normal yaitu 4 m, maka diperoleh panjang kolom udara ideal untuk peledakan teknik *top air deck* sepanjang 1 m. Uraian perhitungan tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Diketahui:  $de = 26,46 \text{ kg/m}$

$B = 8 \text{ m}$

$S = 9 \text{ m}$

$L = 8 \text{ m}$

$H = 7,5 \text{ m}$

$PF = 0,1450 \text{ kg/bcm}$

Maka:  $PF = (de * PC) / (B * S * H)$

$PC = (B * S * H * PF) / de$

$= (8\text{m} * 9\text{m} * 7,5\text{m} * 0,1450\text{kg/bcm}) / 26,46 \text{ kg/m}$

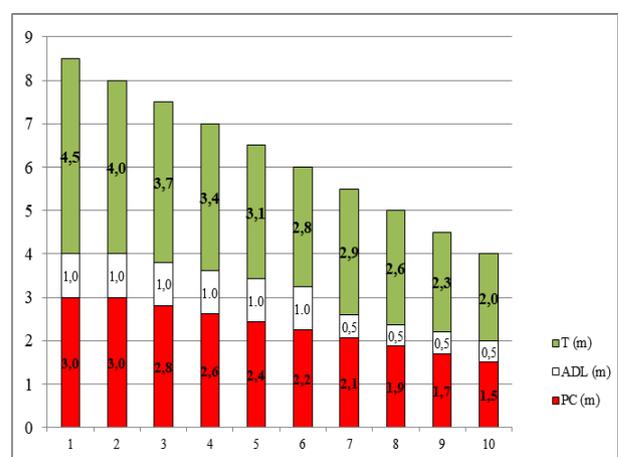
$= 2,959 \text{ m}$

$= 3 \text{ m}$

Kondisi lapangan dan perlapisan batuan pada Pit Badak yang tidak homogen dan memiliki kemiringan sehingga tidak semua lubang peledakan dapat dibuat seragam dengan kedalaman yang sama 8 m. Sehingga dibutuhkan desain panjang kolom udara yang ideal untuk setiap lubang ledak untuk penerapan teknik *top air deck*. Desain peledakan *top air deck* tersebut dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Desain Panjang Kolom Udara Top Air Deck

No.	B (m)	S (m)	L (m)	PF (kg/bcm)	PC (m)	ADL (m)	T (m)
1	8	9	8.5	0.1450	3.0	1.0	4.5
2	8	9	8.0	0.1450	3.0	1.0	4.0
3	8	9	7.5	0.1450	2.8	1.0	3.7
4	8	9	7.0	0.1450	2.6	1.0	3.4
5	8	9	6.5	0.1450	2.4	1.0	3.1
6	8	9	6.0	0.1450	2.2	1.0	2.8
7	8	9	5.5	0.1450	2.1	0.5	2.9
8	8	9	5.0	0.1450	1.9	0.5	2.6
9	8	9	4.5	0.1450	1.7	0.5	2.3
10	8	9	4.0	0.1450	1.5	0.5	2.0



Gambar 9. Desain Lubang Peledakan Top Air Deck

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil peledakan aktual lapisan batuan penutup di Pit Badak dengan kondisi isian bahan peledak normal, berupa data pengamatan langsung dilapangan dan hasil analisis software split desktop 2.0, maka diperoleh ukuran rata-rata fragmentasi batuan 20,24 cm, persentase lolos ayakan 100 cm ( $\leq 100$  cm) sebanyak 97,71 %, dimana jumlah boulder sebanyak 2,29 %. Sementara itu *digging time* alat gali Komatsu PC 2000 pada penggalian dan pemuatan bongkaran batuan hasil peledakannya sebesar 12,73 detik.

2. Hasil peledakan aktual lapisan batuan penutup Pit Badak dengan penerapan teknik *top air deck* sebanyak 8 kali peledakan dengan panjang kolom udara (*air deck length*) 0,5 m diperoleh ukuran rata-rata fragmentasi material batuan bongkarannya sebesar 29,45 cm, dengan persentase lolos ayakan 100 cm ( $\leq 100$  cm) sebanyak 92,41 %, sehingga jumlah *boulder* rata-rata pada peledakan teknik *top air deck* di Pit Badak sebesar 7,59 %. Dengan *digging time* alat gali Komatsu PC 2000 sebesar 12,33 detik.

3. Berdasarkan hasil aktual yang diperoleh dari analisis data pengamatan peledakan pada Pit Badak antara peledakan dengan isian normal dan peledakan teknik *top air deck*, diperoleh kesimpulan bahwa fragmentasi material peledakan dengan isian normal lebih baik dari pada hasil peledakan teknik *top air deck*. Dimana ukuran rata-rata fragmentasi peledakan dengan isian normal lebih kecil 9,21 cm, serta persentase lolos ayakan ukuran 100 cm ( $\leq 100$  cm) lebih baik 5,4 % dibandingkan dengan fragmentasi hasil peledakan *top air deck*. Fragmentasi peledakan yang lebih baik tersebut tidak signifikan mempengaruhi nilai *digging time* alat gali Komatsu PC 2000, dimana nilai *digging time* pada penggalian material hasil peledakan isian normal lebih besar 0,4 detik.

4. Efektivitas dan efisiensi dari pada penerapan peledakan teknik *top air deck* dinilai dari pada tingkat keberhasilannya berdasarkan fragmentasi dan *digging time* serta *powder factor*. Dimana target jumlah fragmentasi lolos ukuran  $\leq 100$  cm pada peledakan Pit Badak adalah 80% cm. Sedangkan nilai *digging time* alat gali Komatsu PC 2000 target atau yang ditoleransi  $\leq 14$  detik. Sehingga penerapan peledakan teknik *top air deck* pada Pit Badak efektif, dimana persentase lolos fragmentasinya lebih baik yaitu 92,41 % dan *digging time*-nya sebesar 12,33 detik. Secara hitungan nilai efektivitas penerapan peledakan teknik *top air deck* sebesar 1,5 (efektif).

Sementara efisiensi peledakan dinilai berdasarkan peningkatan kualitas fragmentasi, peningkatan kecepatan penggalian serta penurunan dari penggunaan bahan peledak. Pada penerapan peledakan teknik *top air deck* yang dilakukan pada kegiatan peledakan di Pit Badak mampu mengurangi penggunaan bahan peledak sebesar 10 - 26 %, yaitu penurunan PF dari rancangan 0,19 kg/bcm menjadi 0,14 kg/bcm. Sehingga penerapan

peledakan teknik *top air deck* pada Pit Badak yang efisien.

5. Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap hubungan *powder factor* dengan fragmentasi batuan serta *digging time* alat gali Komatsu PC 2000 berupa regresi sederhana dan analisis kurva ekuilibrium maka diperoleh penggunaan bahan peledak optimum pada teknik peledakan *top air deck* di Pit Badak sebesar 0,1450 kg/bcm dimana persentase fragmentasi lolos ayakan 100 cm ( $\leq 100$  cm) sebesar 93 % dan nilai *digging time* alat gali Komatsu PC 2000 sebesar 12,30 detik.

6. Karakteristik massa batuan pada Pit Badak berdasarkan pembobotan nilai *Rock Mass Rating* (RMR) memiliki bobot 51 - 65. Sehingga berdasarkan teori *Air Deck Factor* J.C.Jhanwar, maka ADF peledakan *top air deck* di Pit Badak sebesar 0,1 - 0,2. Dimana dengan panjang kolom isian normal 4 m untuk lubang kedalaman 8 m, panjang kolom udara (*air deck length*) adalah 0,4 - 0,8 m. Akan tetapi setelah dianalisis dengan mempertimbangkan kondisi fragmentasi dan *digging time*-nya maka panjang kolom udara pada Pit Badak yang ideal sesuai dengan PF 0,1450 kg/bcm adalah 1 meter untuk kedalaman lubang ledak 6 - 8,5 m, dan 0,5 meter untuk kedalaman lubang 4 - 5,5 m

### 5.2 Saran

1. Perusahaan sebaiknya merancang dan menerapkan variasi panjang kolom udara (*air deck length*) sesuai dengan kedalaman lubang bor dengan batasan PF sebesar 0.1450 kg/bcm.

2. Sebaiknya perusahaan merancang stick ukur pengisian bahan peledak supaya meminimalisir terjadinya penyimpangan/kurang jumlah bahan peledak pada masing-masing lubang saat pengisian bahan peledak.

3. Perusahaan sebaiknya mengikat sendiri *rock lock* (*ball deck*) sehingga perusahaan jasa peledakan dapat lebih mudah mengatur dan mempresisikan panjang kolom udara (*air deck length*) setiap masing-masing lubang ledak.

4. Pada penggunaan bahan peledak ANFO, perusahaan sebaiknya tidak menerapkan teknik peledakan *air decking* (*top air deck*) untuk lubang basah dan berair.

### Daftar Pustaka

- [1] Hartman, H. L., & Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory mining engineering*. John Wiley & Sons.
- [2] Putri, M., Yulhendra, D., & Octova, A. (2018). *Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan Diggability Dalam Pemenuhan Target Produktivitas Ore Di Pit Durian Barat Dan Pit South Osela Site Bakan Pt J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara*. *Bina Tambang*, 3(1), 588-607.
- [3] Astawa Rai, M., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2012). *Mekanika Batuan*.

- [4] Konya, C. J., & Walter, E. J. (1990). Surface blast design. Prentice-Hall.
- [5] Melnikov, N. V., Marchenko, L. N., Seinov, N. P., & Zharikov, I. F. (1979). A method of enhanced rock blasting by blasting. IPKON AN SSSR, Moscow, Translated from Fiziko-Tekhnicheskie Problemy Razrabotki Poleznykh Isko-Paemykh (Journal of Mining Science),(6), 32-42.
- [6] Sazid, M., & Singh, T. N. (2013). MECHANISM OF AIR DECK TECHNIQUE IN ROCK BLASTING-A BRIEF REVIEW. In 4th Indian Rock Conference.
- [7] Nurislam, M. N., Yuliadi, Y., & Marmer, D. (2016). Kajian Aplikasi Air Decking Menggunakan Rock Lock.
- [8] SUMATERA, S. KAJIAN TEKNIS PENGARUH FRAGMENTASI TERHADAP DIGGING TIME EXCAVATOR PC 2000 PADA PELEDAKAN INTERBURDEN B2C DI TAMBANG AIR LAYA, DI PT. BUKIT ASAM (PERSERO), Tbk. TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN TECHNICAL STUDY OF THE FRAGMENTATION EFFECT TO DIGGING.
- [9] Anonim. (2019). Peta Konsesi PT Multi Harapan Utama.
- [10] Silalahi, U. (1999). Metode dan Metodologi Penelitian.
- [11] Hustrulid, W. (1999). Blasting Principles for Open Pit Mining, Volume 1-General design concepts AA Balkema.
- [12] Hastono, S. P. (2006). Analisis multivariat. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- [13] Jhanwar, J. C. (2012). Investigation into the influence of air-decking on blast performance in opencast mines in India: a study. Blasting in Mining-New Trends, 105.
- [14] TUTUKO, M. I. (2016). ANALISIS PENERAPAN BOTTOM AIR DECK TERHADAP FRAGMENTASI BATUAN HASIL PELEDAKAN, DIGGING TIME ALAT MUAT, DAN ELEVASI LANTAI JENJANG DI PIT MOD PT. KALTIM PRIMA COAL, SANGATTA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta).
- [15] Hidayattullah, S., & Heriyadi, B. (2019). Rancangan Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Ideal Berdasarkan Nilai Blastibility Index Pada Tamka PT. Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto. Bina Tambang, 4(3), 1-11.