

## **KAJIAN APLIKASI *BOTTOM AIR DECK* PADA PELEDAKAN *OVERBURDEN* DI PT BUKIT ASAM, TBK.**

### ***STUDY OF THE APPLICATION OF BOTTOM AIR DECKS ON BLASTING OVERBURDEN OF PT BUKIT ASAM, TBK.***

**Rahmat Hidayat<sup>1</sup>, Marwan Asof<sup>2</sup>, Mukiat<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Inderalaya Sumatera Selatan, Indonesia

Email : Hidayatrahmat249@gmail.com

#### **ABSTRAK**

*PT. Bukit Asam, Tbk. Adalah salah satu perusahaan batubara, berlokasi di Tanjung Enim, Sumatera Selatan yang mana pengupasan lapisan tanah penutup menggunakan sistem pengeboran dan peledakan. Hasil Fragmentasi yang kurang beragam akan berpotensi kurang optimalnya volume isian bucket. Air Decking merupakan salah satu solusi dimana air decking ini membuat rongga udara pada kolom bahan peledak yang berfungsi untuk membuat energi terkurung, agar supaya mereduksi keluarnya gas kearah vertikal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui geometri peledakan rata-rata non air deck yang digunakan dilapangan, dan melakukan perhitungan dengan menggunakan software split desktop berupa distribusi fragmentasi hasil peledakan serta membandingkan fragmentasi hasil Air deck dan non Air deck. Pada peledakan tanpa air deck menggunakan geometri burden 7 meter, spasi 8 meter, kedalaman lubang ledak 7 meter, banyak lubang ledak 47 lubang, stemming 4,1 meter, dan PC 2,9 meter. Peledakan tanpa air deck menggunakan bahan peledak sebanyak 3.588 kg dan volume peledakan sebesar 18.424 Bcm sehingga didapatkan powder factor 0,195 kg/bcm. Hasil fragmentasi yang didapatkan dari hasil peledakan tanpa air deck melalui aplikasi split desktop 2.0 didapatkan ukuran rata – rata material terbesar sebesar 1969,38 mm. Peledakan air deck menggunakan geometri yang sama dengan peledakan non air deck hanya saja penerapan pada kolom air deck ditetapkan sebesar 1 m sehingga kolom peledak berkurang menjadi 1.9 m. adapun ukuran rata- rata yang terbesar hasil fragmentasi dari peledakan air deck adalah 1234,47 mm.*

Kata kunci : Peledakan, Air Deck, Fragmentasi, Non Air deck

#### **ABSTRACT**

*PT Bukit Asam, Tbk. is a company engaged in coal, located in Tanjung Enim, South Sumatra. Which is stripping overburden using Drilling and blasting systems. The Fragmentation results less diverse will potentially suboptimal volume stuffing bucket. Air deck use 1 m from powder charge to makes air cavities in the explosives that create energy confinement and reduced gas expenses cavity vertically. This will cause detonation will yield energy around hole and explosive blasting fragmentation more uniform than blasting without Air deck. Blasting without Air deck using geometry burden 7 m, space 8 m, depth holes 7 m, bore holes 47 holes, stemming 4.1 m, and powder charge 2.9 m. blasting without air deck get use of explosives as many as 3,588 kg and volume explosion of 18,424 Bcm, powder factor 0.195 kg/bcm. The results of the fragmentation obtained through application split desktop 2.0 brings about the largest average material is 1969,38 mm. Blasting on air deck using the same geometry with the blasting of non air deck. Results of blasting fragmentation of air deck the largest average material are 1234,47 mm*

Kata Kunci : Air Deck Blasting, Non Air Deck Blasting, Fragmentation

## 1. PENDAHULUAN

Tahapan kegiatan penambangan salah satunya adalah pembongkaran over burden. Pembongkaran overburden dapat dilakukan dengan cara mekanis yaitu dengan alat berat, namun jika overburden tidak dapat dilakukan pembongkaran dengan alat berat, maka dilakukan proses pemboran dan peledakan.

Peledakan merupakan salah satu kegiatan penambangan untuk memberai batuan, menggunakan bahan kimia yang mampu menciptakan ledakan [1]. Salah satu kriteria keberhasilan kegiatan pemboran dan peledakan berupa ukuran fragmentasi dan perbandingan antara bahan peledakan dengan batuan yang diledakkan.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui geometri peledakan rata-rata non air deck yang digunakan dilapangan, dan melakukan perhitungan dengan menggunakan software split desktop berupa distribusi fragmentasi hasil peledakan serta membandingkan fragmentasi hasil Air deck dan non Air deck.

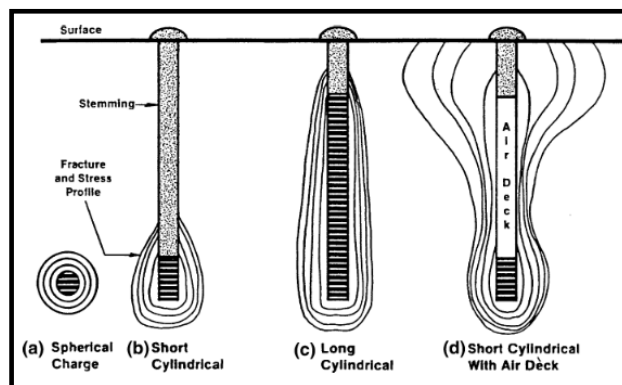
Air decking merupakan salah satu solusi dimana air decking ini membuat rongga udara pada kolom bahan peledak yang berfungsi untuk membuat perangkap energi dan mengurangi loses energi secara vertikal. Rongga udara yang ada akan menyebabkan energi hasil peledakan akan merata ke sekitar lubang ledak dan menciptakan fragmentasi peledakan yang lebih seragam dibandingkan peledakan tanpa air deck. Berdasarkan hal tersebut maka akan dikaji aplikasi Bottom Air deck pada peledakan overburden.

Geometri peledakan menentukan hasil peledakan dari segi fragmentasi, rekahan yang diharapkan maupun dari segi jenjang yang terbentuk. Parameter yang dapat dikontrol pada perhitungan dan desain geometri peledakan diantaranya seperti burden, spacing, diameter lubang ledak, kedalaman lubang ledak, charge length (panjang kolom isian), stemming, subdrilling, physicochemical (jenis bahan peledak, kekuatan, dan energi bahan peledak, priming system) dan waktu (delay timing dan urutan inisiasi). [2]. Ada beberapa cara penentuan nilai geometri peledakan menurut para ahli ada yang berupa R.L. Ash, ICI- Explosive, Tammrock [3]. Berdasarkan nilai geometri tersebut bisa diperoleh nilai penggunaan bahan peledak dan volume material yang akan diledakkan. Dari hasil kedua tersebut dengan membandingkan hasil tersebut maka akan mendapatkan nilai powder factor

Mekanisme pecahnya batuan terdiri dari tiga tahap, antara lain [4] :

1. Proses Pemecahan Tahap I (Pembebanan Dinamik)
2. Proses Pemecahan Tahap II (Pembebanan Kuasi-Statik)
3. Proses Pemecahan Tahap III (Pelepasan Beban)

Air deck merupakan kolom udara terdapat pada lubang ledak yang telah diisi bahan peledak, ruang kosong sengaja diciptakan untuk berbagai tujuan. Pembuatan air deck pada lubang ledak berguna untuk menciptakan kurungan energi dan mengurangi pengeluaran gas secara vertikal [5]



Gambar 1. Tampang retakan dan tegangan dari kolom isian yang berbeda

Tekanan hasil peledakan yang terjadi dengan air deck mampu mengurangi nilai gelombang kejut pada awal inisiasi, namun menghasilkan durasi yang lebih lama dalam kekuatan gelombang kejutnya untuk menghasilkan retakan-retakan mikro sehingga ukuran fragmentasi rata-rata batuan dapat berkurang (Gambar 1) [6]

*Air Deck Length* (ADL) yang diterapkan berbeda-beda sesuai massa batuan sekitar area peledakan. Faktor yang mempengaruhi ADL adalah *air deck factor* (ADF) dari nilai *Rock Mass Rating* (RMR). Hubungan antara ADF dan RMR berbanding terbalik, dimana semakin besar nilai RMR batuan yang akan diledakkan maka nilai ADF untuk batuan tersebut semakin kecil, begitu juga sebaliknya [6].

*Air deck* menciptakan ruang kosong dengan menyediakan tambahan permukaan yang bebas di dalam lubang ledak. Tambahan permukaan yang bebas diperlukan sebagai ruang penyaliran gelombang kejut selama peledakan. Ruang kosong yang telah disediakan dapat memantulkan gelombang kejut yang dapat membantu retaknya batuan. Gas yang muncul akibat peledakan akan mengembang ke dalam kolom *air deck* yang telah dibuat dan tidak mengurangi tekanan tetapi memperpanjang tegangan ke dalam daerah yang telah disediakan dalam kolom. Hal ini dapat memberikan pengurangan yang signifikan dari total seluruh penggunaan bahan peledak tanpa mengurangi hasil fragmentasi yang diinginkan. [7] Kegunaan lain dari *air deck* yaitu untuk kontrol terhadap dinding jenjang, produksi, fragmentasi batuan hasil peledakan dan mengurangi ground vibration [8].

*Air deck* bisa digunakan untuk mengurangi 10 - 30% penggunaan bahan peledak pada peledakan produksi, dengan meningkatkan besarnya kolom udara maka biaya peledakan dapat dikurangi dan secara otomatis penghematan biaya peledakan dapat dilakukan [9 – 10].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

PT. Bukit Asam, Tbk. Adalah salah satu perusahaan batubara, berlokasi di Tanjung Enim, Sumatera Selatan dimana salah satu teknik pengupasan lapisan tanah penutup menggunakan sistem pengeboran dan peledakan. Salah satu teknik peledakan yaitu peledakan tanpa *air deck*.

### 2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data geometri peledakan menjadi data utama dalam penelitian ini, geometri setiap aktivitas peledakan dicatat untuk dilakukan proses tabulasi data sesuai dengan peruntukannya. Data-data yang diamati adalah sebagai berikut:

- 1). Burden
- 2). Spacing
- 3). Kedalaman Lubang ledak
- 4). Tinggi jenjang
- 5). Jumlah lubang ledak
- 6). Diameter lubang ledak
- 7). Volume batuan per lubang
- 8). Stemming
- 9). Tinggi charging, dan

Selain data geometri peledakan, data lainya yang dikumpulkan adalah banyaknya jumlah lubang ledak setiap dilakukan aktivitas peledakan, hasil fragmentasi peledakan diukur dengan melakukan foto berskala, dan data-data pendekatan untuk memudahkan simulasi perhitungan lainnya sesuai dengan referensi yang ada.

### 2.3 Pengolahan dan Analisis Data

Data hasil pengamatan dilapangan dilakukan proses tabulasi sesuai dengan jenis dan peruntukannya. Data-data dikelompokkan menjadi beberapa kelompok data sehingga memudahkan dalam proses pengolahan data. Setelah proses pengelompokan, data hasil pengamatan dilapangan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan penggunaan jumlah bahan peledak (persamaan 1), volume batuan hasil peledakan (persamaan 2) , serta powder factor (persamaan 3) dengan menggunakan rumus berikut.

$$E = AN + FO + Power\ gel \tag{1}$$

$$Volume = B \times S \times H \times n \tag{2}$$

$$PF = \frac{(Penggunaan\ bahan\ peledak)}{(Volume\ hasil\ peledakan)} \tag{3}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dianalisis dengan menghitung hasil fragmentasi batuan dengan software split desktop. Fragmentasi hasil peledakan tanpa menggunakan air dack dibandingkan dengan fragmentasi peledakan dengan menggunakan air deck, sehingga didapatkan kesimpulan dari perbandingan tersebut.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Geometri Peledakan Tanpa Air Deck

Berdasarkan geometri peledakan yang diterapkan selama penelitian, dengan jumlah lubang ledak rata-rata 47 lubang, diperoleh jumlah bahan peledak yang digunakan yaitu sebesar 3,598 kg, volume rata-rata batuan hasil peledakannya yaitu 18,424 bcm. Berdasarkan perbandingan jumlah bahan peledak yang digunakan dan volume rata-rata peledakan, maka diperoleh nilai *pf* yang digunakan adalah 0,195 kg/bcm. Desain Geometri peledakan yang digunakan oleh PT. Bukit Asampada Pit 2 Bangko Barat Dengan geometri rata rata sebagai berikut

- |                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| a. Burden                   | : 7 m       |
| b. Spacing                  | : 8 m       |
| c. Kedalaman Lubang ledak   | : 7 m       |
| d. Tinggi jenjang           | : 6,5 m     |
| e. Jumlah lubang ledak      | : 47 lubang |
| f. Diameter lubang ledak    | : 200 mm    |
| g. Volume batuan per lubang | : 392 bcm   |
| h. Stemming                 | : 4,1 m     |
| i. Tinggi charging          | : 2,9 m     |

Ada beberapa hal yang harus diketahui dalam mendesain geometri peledakan diantaranya adalah lokasi hendak yang diledakan dan banyak jumlah material yang akan diledakan. Selain itu ada juga yang perlu diketahui yaitu jumlah lubang ledak.

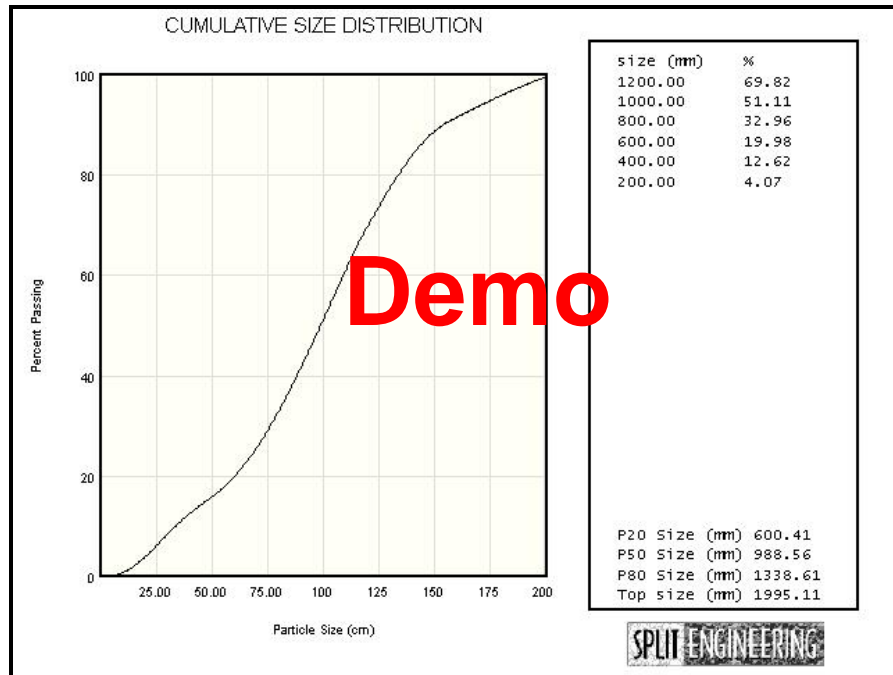
1. Penggunaan rata rata bahan peledak per peledakan  
 $E = AN + FO + Power\ gel$   
 $Power\ gel = jumlah\ rata - rata\ power\ gel \times 0,057\ kg$   
 $= 3398,1\ kg + 188\ kg + (47 \times 0,057\ kg)$   
 $= (3398,1 + 188 + 2,7)\ kg$   
 $= 3.588\ kg/peledakan$
2. Volume Rata rata peledakan  
 $Volume = B \times S \times H \times n$   
 $= 7,0\ m \times 8,0\ m \times 7,0\ m \times 47\ lubang$   
 $= 18.424\ bcm$
3. Powder Factor rata rata per peledakan  
 $PF = (Penggunaan\ bahan\ peledak)/(Volume\ hasil\ peledakan)$   
 $PF = (3.588\ kg)/(18.424\ bcm)$   
 $PF = 0.195\ kg/bcm$

#### 3.2. Hasil Peledakan Tanpa Air Deck

Peledakan yang berhasil dapat diamati berdasarkan fragmentasi hasil peledakan (Gambar 2) tersebut. Presentase hasil peledakan dapat diketahui menggunakan aplikasi *Split Desktop 2.0* (Gambar 3).



Gambar 2. Hasil Peledakan Tanpa Air Deck



Gambar 3. Hasil Peledakan Tanpa Air Deck diolah di Split Desktop 2.0

Tabel 1. Persentase distribusi fragmentasi peledakan tanpa *air deck* dengan menggunakan aplikasi Split Desktop 2.0 Demo

No	Ukuran Fragmentasi	Persentase	
		Lolos (%)	Tertahan (%)
1	120 Cm	73,04	26,96
2	100 Cm	63,66	36,34
3	80 Cm	51,96	48,04
4	60 Cm	38,50	61,50
5	40 Cm	23,87	76,13
6	20 Cm	8,32	91,68

Berdasarkan dari hasil data diatas didapatkan bahwa P20 menunjukan ukuran rata – rata paling kecil material berukuran sebesar 600,41 mm, P50 menunjukan ukuran rata – rata material sebesar 988.56 mm, P80 menunjukan rata – rata paling besar material sebesar 1338,61 mm, dan yang top size menunjukan bahwa ukuran material yang paling besar diantara material lain sebesar 1995.11 mm (Gambar 2). Rata-rata distribusi fragmentasi peledakan dengan ukuran 20 cm sampai dengan 120 cm (Tabel 1).

### 3.3. Geometri Peledakan Air Deck

*Air deck* yang digunakan di PT. Bukit Asam, Tbk. ditetapkan sebesar 1 m. Penetapan Panjang *air deck* sepanjang 1 meter merupakan acuan awal percobaan peledakan. Panjang 1 meter mengganti kolom isian 1 meter dengan *air deck* 1 meter. Kolom isian bahan peledak yang normalnya sebesar 2,9 berkurang menjadi kolom isian bahan peledak 1,9 m. Hal tersebut mengakibatkan pengurangan penggunaan bahan peledak yang normalnya berjumlah 3.598,9 kg/peledakan berubah menjadi 2.362,1 kg/peledakan. Perubahan tersebut diakibatkan karena pengurangan kolom *Powder Charge*

Desain Geometri peledakan *Air deck* yang digunakan di Bangko dengan geometri rata rata sebagai berikut

- Burden : 7 m
- Spacing : 8 m
- Kedalaman Lubang ledak : 7 m
- Panjang *Air Deck* : 1 m
- Jumlah lubang ledak : 47 lubang
- Diameter lubang ledak : 200 mm

- g. Volume batuan per lubang : 364 bcm
- h. Stemming : 4.1 m
- i. Tinggi charging : 1.9 m

Penggunaan rata rata bahan peledak per peledakan

1.  $E = AN + FO + \text{Power gel}$   
 $\text{Power gel} = \text{jumlah rata-rata power gel} \times 2 \text{ ons}$   
 $= 2227,8 \text{ kg} + 122,2 \text{ kg} + (47 \times 0,057) \text{ kg}$   
 $= (2227,8 + 122,2 + 2,7) \text{ kg}$   
 $= 2.362 \text{ kg/peledakan}$
2. Volume Rata rata peledakan  
 $\text{Volume} = B \times S \times H \times n$   
 $= 7,0 \text{ m} \times 8,0 \text{ m} \times 7,0 \text{ m} \times 47$   
 $= 18.424 \text{ bcm}$
3. Powder Factor rata rata per peledakan  
 $\text{PF} = (\text{Penggunaan bahan peledak}) / (\text{Volume hasil peledakan})$   
 $\text{PF} = (2.362 \text{ kg}) / (18.424 \text{ bcm})$   
 $\text{PF} = 0.128 \text{ kg/bcm}$

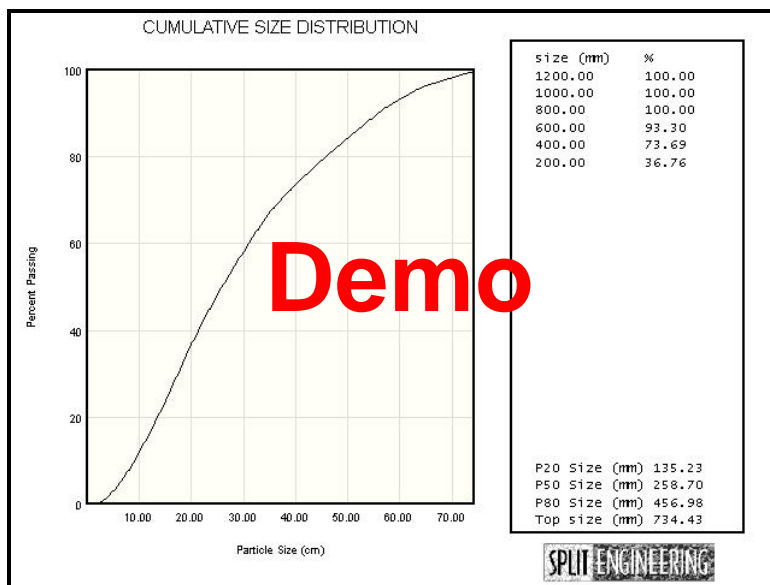
#### 3.4. Hasil Peledakan *Air Deck*

Hasil Fragmentasi Peledakan *Air deck* (Gambar 4) yang di bangko dianalisis menggunakan aplikasi Split Desktop 2.0 (Gambar 5) sama seperti peledakan non air deck sebelumnya, Menganalisis menggunakan aplikasi ini perlu mengambil gambar hasil peledakan dari peledakan Air deck. Hasil peledakan Air deck ini diangkut menggunakan *Power Shovel PC 3000*. Sebelum pengambilan berupa foto terlebih dahulu pastikan bahwa peledakan air deck ini sudah selesai dan aman untuk ke lokasi

Berdasarkan analisis yang didapatkan melalui aplikasi *Split Desktop 2.0* menunjukkan bahwa material yang tertahan pada 120 cm sebesar 6,76 %, 100 cm sebesar 13,84%, 80 cm sebesar 23,49%, 60 % sebesar 37,48%, 40 cm sebesar 54,59%, 20 cm sebesar 80, 22 cm. Sedangkan untuk material lolos untuk ukuran ayakan 120 cm yang lolos sebesar 93,24 %, ukuran 100 cm sebesar 86,16 %, untuk ukuran 80 cm persentase kelolosannya sebesar 76,57%, ukuran 60 cm persentase lolosnya sebesar 62,52 %, ukuran 40 cm persentase lolosnya 45,41 %, ukuran 20 cm sebesar 19,78 (Tabel 2)



Gambar 4. Hasil peledakan *bottom air deck*



Gambar 5. Analisis fragmentasi peledakan *bottom air deck*

Tabel 2. Persentase distribusi fragmentasi peledakan *bottom air deck* dengan menggunakan aplikasi Split Desktop 2.0 Demo

No	Ukuran Fragmentasi	Persentase	
		Lolos (%)	Tertahan (%)
1	120 Cm	93.24	6.76
2	100 Cm	86.16	13.84
3	80 Cm	76.51	23.49
4	60 Cm	62.52	37.48
5	40 Cm	45.41	54.59
6	20 Cm	19.78	80.22

Tabel 3. Perbandingan persentase lolos hasil peledakan tanpa *air deck* dan peledakan *bottom air deck*

No	Ukuran ayakan	Peledakan tanpa <i>air deck</i>	Peledakan <i>bottom air deck</i>
1	120 Cm	73,04	93.24
2	100 cm	63,66	86.16
3	80 cm	51,96	76.51
4	60 cm	38,50	62.52
5	40 cm	23,87	45.41
6	20 cm	8,32	19.78

Tabel 4. Perbandingan ukuran material hasil peledakan tanpa *air deck* dan peledakan *bottom air deck*

Blasting	P-20 (mm)	P-50 (mm)	P-80 (mm)	Top Size (mm)	1/3 Bucket (mm)
BN 1 BAD	135,23	258,70	456,98	734,43	1,263
	309,63	603,49	902,20	1263,23	
BN 1 Normal	600,41	988,56	1338,61	1995,11	1,263

Blasting	P-20 (mm)	P-50 (mm)	P-80 (mm)	Top Size (mm)	1/3 Bucket (mm)
	525,04	1114,45	1849,62	2915,67	
BN 2 BAD	211,57	444,61	829,93	1173,75	1,263
	133,50	254,70	537,64	857,88	
BN 2 Normal	416,24	823,26	1180,88	1581,55	1,263
	344,38	537,24	719,42	991,73	
BN 3 BAD	244,39	544,06	859,15	1266,45	1,263
	161,61	324,83	553,00	892,13	
BN 3 Normal	484,52	736,00	974,01	1327,82	1,263
	161,94	277,65	435,12	716,82	
BN 4 BAD	567,60	1100,69	1517,90	1840,17	1,263
	326,62	843,10	1178,93	1439,57	
BN 4 Normal	908,82	1783,05	2508,51	3436,57	1,263
	757,33	1352,98	1912,55	2657,48	
BN 5 BAD	173,46	294,35	461,76	777,20	1,263
	299,89	609,93	870,02	1157,77	
BN 5 Normal	540,27	1029,41	1566,86	2856,97	1,263
	231,11	430,67	753,17	1214,04	
Rata rata BAD	256,35	527,85	816,75	1140,26	1,263
Rata – rata Normal	497,01	907,33	1323,87	1969,38	1,263

### 3.5. Evaluasi Perbandingan hasil peledakan tanpa *air deck* dan peledakan *bottom air deck*

Perbandingan hasil peledakan tanpa Air deck dan peledakan Air deck yang sebelumnya diolah menggunakan aplikasi Split Desktop 2.0. (Tabel 3) Berdasarkan hasil Split Desktop 2.0 terdapat perbandingan antara ukuran material hasil peledakan tanpa *air deck* dan peledakan menggunakan *Air deck*. Ukuran rata – rata material paling kecil dari hasil peledakan tanpa Air deck P20 sebesar 497.01 mm, ukuran rata – rata material yang ditunjukkan pada P50 sebesar 907.33 mm, ukuran rata – rata material paling besar yang ditunjukkan pada P80 sebesar 1362.75 mm, dan pada top sizeny sebesar 1969.38 mm. Pada Peledakan *Air deck* ukuran rata – rata material paling kecil sebesar 257.05 mm, ukuran rata – rata material 527.85mm, ukuran rata – rata paling besar material sebesar 816.75 mm, dan untuk top sizenya atau material paling besarnya sebesar 1140.26 mm (Tabel 4)

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan sebelumnya, maka terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan dilapangan, geometri peledakan rata-rata non air deck yang digunakan dilapangan adalah *burden* 7,0 m, *spacing* 8,0 m, diameter lubang ledak 200 mm, kedalaman lubang 7 m, tinggi isian 2,9 m, *stemming* 4,1 m, dengan *powder factor* yaitu 0,195 kg/bcm.
2. *Air deck length* yang digunakan dengan Panjang 1 meter. Geometri peledakan *air deck* yang digunakan dilapangan adalah *burden* 7 m, *spacing* 8 m, diameter lubang ledak 200 mm, kedalaman 7 m, tinggi isian 1,9 m, *stemming* 4,1 m dengan *powder factor* yaitu 0.128 kg/bcm
3. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil peledakan tanpa Air deck memiliki ukuran material terbesar sebesar 1969,38 mm. sedangkan untuk peledakan *bottom Air deck* hasil fragmentasi peledakannya untuk ukuran material terbesar sebesar 1140,26 mm

## 5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Koesnaryo. S., (2001), *Teori Peledakan*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara.



- [2] Jimeno, Lopez, Carlos. (1995). *Drill and Blast of Rock*. Revised and Updated Eddition by A.A Blaskena: Rotterdam, Netherlands.
- [3] Ash, R.L. (1990). *Design of Blasting Round, Surface Mining*. B. A, Kennedy Editor. Colorado: Metalurgy, and Explotion, Inc. Society for Mining.
- [4] Gregory, C.E., (1966). Explosive for Engineers. *University of Queensland Press*, pp. 71- 135
- [5] Nurislam, M.N., Yuliadi., Marmar, D., (2016). Kajian Aplikasi Air Decking Menggunakan Rock Lock Terhadap Geometri Peledakan Guna Mengefisiensi Penggunaan Bahan Peledakan di PT. Trubaindo *Coal Mining Timur. Prosiding Teknik Pertambangan (2)*, nomor 2 ISSN: 2460-6499
- [6] Jhanwar, J.C., (2011). Theory and Practice of Air-Deck Blasting in Mines and Surface Excavations: *A Review. Geotech Geol Eng*, 29:651–663
- [7] Liu L. and Katsabanis P.D. (1996). Numerical Modeling of the Effects of Air-Decking/Decoupling in Production and Control Blasting. *Rock Fragmentation by Blasting, Monhanty. Balkema, Rotterdam*, pp319-330.
- [8] Moxon, N.T.; Mead, D.; Richardson, S.B.(1993) Air-decked blasting technique. *Some collaborative experiments Transactions of the Institution of Mining & Metallurgy, Section A: Mining Industry v102 Jan-Apr*, ppA25-A3
- [9] Vargek, J. (2005). *Blasting With Air Deck in The Bottom of Blast Holes*. Austria: University of Leabon.
- [10] Saqib, S., Tariq, S.M., dan Ali, Z. (2015). Improving Rock Fragmentation Using Airdeck Blasting Technique. *Pak. J. Engg. & Appl.Sci*, 17. 46-52