

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 TIME PC 2000 EXCAVATOR IN THE BLASTING OF INTERBURDEN B2C AT AIR LAYA MINE IN PT BUKIT ASAM (PERSERO), Tbk. TANJUNG ENIM, SOUTH SUMATERA

Fitrani¹, M.Taufik Toha², Bochori³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM.32 Indralaya Sumatera Selatan, 30662, Indonesia
PT Bukit Asam (Persero), Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan, Indonesia
E-mail : fitranifirman003@gmail.com

ABSTRAK

Pengupasan interburden B2C pada Tambang Air Laya di PT. Bukit Asam (Persero), Tbk dilakukan dengan drilling-blasting. Geometri peledakan aktual rata-rata yang diterapkan adalah burden 7 meter dan spasi 8 meter. Geometri tersebut akan berpengaruh terhadap tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan. Fragmentasi hasil peledakan memiliki distribusi ukuran batuan yang harus sesuai dengan kapasitas bucket dari excavator PC 2000. Hasil fragmentasi aktual yang dihitung menggunakan metode Kuz-Ram dengan menggunakan geometri peledakan aktual didapat hasil fragmentasi yang kurang dari 1 meter sebanyak 70,24%. Berarti untuk ukuran lebih dari 1 meter sebanyak 29,75 %. Geometri usulan yang disarankan adalah geometri usulan menurut R.L Ash dengan burden sebesar 6 meter dan spasi sebesar 8,4 meter. Perhitungan teoritis distribusi fragmentasi untuk geometri menurut R.L Ash didapat hasil fragmentasi yang kurang dari 1 meter sebanyak 91,80%. Berarti untuk ukuran lebih dari 1 meter sebanyak 8,20%. Sedangkan untuk produktivitas excavator PC 2000 untuk material hasil peledakan yang paling besar pada tanggal 30 mei 2014 yaitu sebesar 918,67 bcm/jam. Sedangkan untuk yang paling kecil pada tanggal 02 juni 2014 yaitu sebesar 688,64 bcm/jam.

Kata Kunci : Fragmentasi, Waktu Penggalian, Geometri, Produktivitas

ABSTRACT

Stripping interburden B2C on Mine Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk is done by drilling-blasting. Geometry blasting average actual burden imposed is 7 feet tall and spaced 8 feet. Geometry will affect the degree of fragmentation of rock blasting results. Fragmentation results of size distribution of rock blasting has to be according to the capacity of the excavator bucket fragmentation PC 2000. Actual results calculated using the Kuz-Ram by using the geometry of the actual blasting fragmentation obtained results that are less than 1 meter as much as 70.24%. Means to measure more than 1 meter as much as 29.75%. Geometry is the geometry suggested proposals proposed by RL Ash with burden and spacing of 6 meters by 8.4 meters. Theoretical calculations for the fragmentation of distribution according to RL Ash geometry obtained results that fragmentation is less than 1 meter as much as 91.80%. Means to measure more than 1 meter as much as 8.20%. As for PC 2000 excavator productivity for blasting materials from most large on 30th May 2014 in the amount of 918.67 bcm / hour. As for the smallest on 02 June 2014 in the amount of 688.64 bcm / hour.

Keywords : Fragmentation, Digging Time, Geometry, Productivity.

1. PENDAHULUAN

Kegiatan pembongkaran *interburden* di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk dilakukan dengan menggunakan metode pemboran dan peledakan agar mempermudah pada saat penggalian (*digging*) oleh *excavator* PC 2000 sehingga produktivitas alat gali muat tinggi. Dilakukan peledakan karena *interburden* B2C di Tambang Air Laya memiliki ketebalan antara 25 – 40 meter [1] jadi sulit untuk dilakukan *ripping* oleh *bulldozer* karena *interburden* B2C sudah masuk kategori *hard ripping*, serta sulit untuk mengkombinasikan antara *bulldozer* dengan *excavator* PC 2000 mengingat kapasitas *bucket* dari *excavator* PC 2000. Kegiatan pembongkaran *interburden* dengan pemboran dan peledakan bertujuan untuk mengejar target produksi yang telah ditetapkan.[2]

Setelah peledakan dilakukan maka akan terlihat fragmentasi hasil peledakan yang tidak semua hasil peledakan dapat digali oleh PC 2000 akibat fragmentasi hasil peledakan terlalu besar. Fragmentasi besar dipengaruhi oleh adanya pengurangan bahan peledak atau bisa juga oleh karena pada saat *charging* bahan peledak dalam hal ini ANFO tidak masuk secara optimal ke dalam lubang ledak [3]. Faktor lainnya misalnya geometri yang digunakan tidak sesuai. Maka ini akan berpengaruh ke produktivitas.

Produktivitas dari PC 2000 ditentukan juga oleh *digging time* yang dihitung pada saat *bucket* menyentuh tanah sampai terisi penuh dan mulai terangkat. *Digging time* berpengaruh terhadap ketercapaian target produksi serta dapat dijadikan salah satu parameter untuk mengetahui apakah proses peledakan tersebut berhasil atau tidak. *Digging time* akan mempengaruhi produktivitas alat gali *excavator* PC 2000[4]. Selain itu, dalam peledakan parameter yang penting untuk diperhatikan dan dikontrol yaitu *powder factor* (PF) peledakan [5]. *Powder factor* adalah perbandingan antara jumlah bahan peledak dengan volume material yang diledakkan. Nilai PF dapat mempengaruhi hasil peledakan dan produktivitas alat gali-muat. Karena jika bahan peledak terlalu sedikit maka hasil material ledakan akan terlalu besar.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan dengan mengkombinasikan antara teori dan data lapangan. Teori didapat dari studi literatur serta buku-buku tentang peledakan seperti dari buku R.L Ash, buku C.J Konya dan buku yang terkait dengan peledakan, serta laporan-laporan pendukung dari perusahaan. Untuk pengamatan di lapangan dilakukan dengan pengambilan data geometri peledakan setiap harinya dari tanggal 28 mei 2014 sampai 11 juni 2014. Setelah peledakan selesai dilakukan pengambilan data *digging time* atau data menggunakan stopwatch, serta pengambilan foto untuk fragmentasi dan pengambilan data bahan peledak yang akan dipakai.

Tahapan pengolahan data yang pertama dengan menghitung fragmentasi aktual di lapangan menggunakan foto aktual hasil peledakan yang sudah ada benda pembanding untuk dimasukkan ke *split desktop* dan menggunakan persamaan Kuznetstov dan Rosin Ramler (Kuz-Ram).

Ukuran rata-rata hasil peledakan dalam cm harus didapat *Blastability Index* (BI) dengan menentukan bobot nilai setiap parameter untuk menentukan indeks kemampu ledakan menurut dan faktor batuan (A) sebagai berikut:

Tabel 1. Bobot Nilai Tiap Parameter untuk Penentuan Indeks Kemampuledakan [7]

1. ROCK MASS DESCRIPTION (RMD)	RATING
1.1 Powder/friable	10
1.2 Blocky	20
1.3 Totally masive	50
2. JOINT PLANE SPACING (JPS)	RATING
2.1 Close (< 0,1 meter)	10
2.2 Intermediate (0,1 – 1,0 meter)	20
2.3 Wide (> 1,0 meter)	50
3. JOINT PLANE ORIENTATION (JPO)	RATING
3.1 Horizontal	10
3.2 Dip Out of Face	20
3.3 Strike Normal to Face	30
3.4 Dip Into Face	40
4. SPECIFIC GRAVITY INFLUENCE (SGI)	SGI = 25 × Bobot isi - 50
5. HARDNESS	Rating of 1 to 10 (Mohs Scale)

$$BI = 0,5 (RMD+JPS+JPO+SJI+H) \quad (1)$$

$$A = 0,12 \times BI \quad (2)$$

Rumus Kuznetsov untuk mencari ukuran rata-rata dari hasil peledakan dalam centimeter sebagai berikut :

$$\bar{X} = A \left(\frac{V_0}{Q_e} \right)^{0,8} \cdot Q_e^{0,16} \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,633} \quad (3)$$

Keterangan :

\bar{X} = Ukuran rata-rata dari hasil peledakan, cm

A = Faktor batuan

V_0 = Volume batuan dalam m^3 /lubang ledak (burden \times spasi \times tinggi jenjang)

Q_e = Massa bahan peledak yang digunakan tiap lubang ledak, kg

E = Kekuatan berat relatif bahan peledak (ANFO =100)

Rumus Rosin- Ramler [6] untuk mencari material yang tertahan pada saringan tetapi terlebih dahulu mencari nilai *index* keseragaman (n) sebagai berikut :

$$n = (2,2 - 14B/d)(1 - W/B)(1 + (A' - 1)/2) L/H \quad (4)$$

Keterangan :

n = *Index* keseragaman

B = *Burden*

d = Diameter lubang tembak, mm

W = Standar deviasi dari kedalaman lubang bor, m

A' = *Spasi/Burden*

L = Panjang *charge* di atas level, m

H = Tinggi jenjang, m

$$X_c = \left(\frac{x}{0,693} \right)^{1/n} \quad (5)$$

$$R = e^{\frac{-(x)^n}{(X_c)^n}} \quad (6)$$

Keterangan :

R = Perbandingan material yang tertahan pada saringan

X = Ukuran *screen*

X_c = Karakteristik dari ukuran batuan

Setelah diketahui hasil fragmentasi aktual dengan geometri aktual maka dilakukan perhitungan *cycle time* dan perhitungan produktivitas aktual di lapangan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CT = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} \quad (7)$$

Keterangan :

C_t = Waktu edar alat gali-muat, detik

T_{m1} = Waktu menggali material, detik

T_{m2} = Waktu putar dengan bucket terisi, detik

T_{m3} = Waktu menumpahkan muatan, detik

T_{m4} = Waktu putar dengan bucket kosong, detik

$$Digging Rate = \frac{3600}{CT} \times C \times BFF \quad (8)$$

$$Produktivitas = digging rate \times PA \times UA \quad (9)$$

Keterangan :

C = Kapasitas bucket, m³
BFF = *Bucket Fill Factor*, %
PA = *Physical Availability*, %
UA = *Use of Availability*, %

Setelah diketahui hasil fragmentasi aktual dengan geometri aktual maka dilakukan rancangan ulang untuk mendapatkan fragmentasi batuan kurang dari 15% dengan menggunakan rumus R.L Ash [8] sebagai berikut :

$$B = \frac{Kb \times De}{12} \quad (10)$$

Keterangan :

B = *Burden*, ft
De = Diameter lubang ledak, inch
Kb = Nisbah *burden* yang telah dikoreksi
Kb = $Kb_{\text{standard}} \times Af_1 \times Af_2$ (11)

Keterangan :

Kb_{std} = Nisbah *burden* standar (30)
 AF_1 = Faktor penyesuaian terhadap bahan peledak
 AF_2 = Faktor penyesuaian kerapatan batuan

Faktor penyesuaian terhadap bahan peledak (AF_1) sebagai berikut :

$$Af_1 = \left[\frac{SG_{\text{handak}} \times (VOD)^2}{SG_{\text{handak standard}} \times (VOD)^2} \right]^{1/3} \quad (12)$$

Keterangan :

SG = *Specific gravity* bahan peledak yang dipakai
Ve = Kecepatan ledak bahan peledak yang dipakai, ft/s
 SG_{std} = *Specific gravity* bahan peledak standar, 1,2
 V_{std} = Kecepatan ledak bahan peledak standar, 12000 ft/s

Faktor penyesuaian terhadap densitas batuan (AF_2) sebagai berikut :

$$Af_2 = \left[\frac{SG_{\text{Batuan std}}}{SG_{\text{Batuan}}} \right]^{1/3} \quad (13)$$

Keterangan :

SG_{std} = Kerapatan batuan standar, 160 lb/cuft
SG = Kerapatan batuan yang diledakkan, lb/cuft

$$\text{Spacing (S)} = Ks \times B \quad (14)$$

Harga nisbah *spacing* (Ks) berkisar antara 1,0 – 2,0.

$$\text{Stemming (T)} = Kt \times B \quad (15)$$

Harga nisbah *stemming* (Kt) adalah berkisar antara 0,7-1.

$$\text{Subdrilling (J)} = Kj \times B \quad (16)$$

Harga nisbah *Subdrilling* (Kj) adalah berkisar antara 0,2-0,4.

$$\text{Kedalaman Lubang Ledak (H)} = Kh \times B \quad (17)$$

Harga nisbah adalah berkisar antara 1,5-4,0.

$$\text{Tinggi Jenjang (L)} = H - S \quad (18)$$

$$\text{Tinggi Charging (PC)} = H - T \quad (19)$$

Setelah didapatkan geometri peledakan usulan menggunakan rumus R. L. Ash maka dilakukan lagi perhitungan fragmentasi teori dengan menggunakan geometri usulan. Lalu melihat kenaikan produktivitas dengan geometri aktual dengan produktivitas geometri usulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapat fragmentasi dengan menggunakan persamaan Kuz-Ram harus diketahui terlebih dahulu geometri peledakan aktual di lapangan maka akan diketahui fragmentasi hasil peledakan tersebut. Lalu menghitung *digging time* dengan menggunakan *stopwatch* di lapangan serta menghitung produktivitas peledakan per hari. Untuk meningkatkan kecepatan penggalian dengan mengusulkan geometri peledakan yang baru sehingga fragmentasi dalam kategori baik, dan produktivitas meningkat.

3.1. Geometri Aktual dan Fragmentasi Aktual

Menghitung fragmentasi menggunakan persamaan dari Kuz-Ram harus terlebih dahulu diketahui geometri peledakan yang digunakan, hasil geometri aktual di lapangan dapat dilihat pada tabel 2. Menurut Koesnaryo (2001), [9] fragmentasi yang baik ketika bongkah hasil peledakan kurang dari 15% dari jumlah batuan yang terbongkar per peledakan. Sedangkan pada tabel 3 untuk ukuran lebih dari 100 cm nilainya lebih dari 15% berarti hasil fragmentasi tidak baik.

Tabel 2. Data Geometri Peledakan Aktual

No.	Parameter	Geometri Peledakan Aktual	Satuan
1.	Burden	7	Meter
2.	Spasi	8	Meter
3.	Stemming	3,65	Meter
4.	Subdrilling	0,3	Meter
5.	PC	3,23	Meter
6.	Kedalaman Lubang Ledak	8	Meter
7.	Tinggi Jenjang	6,7	Meter
8.	Jumlah ANFO	1972,98	Kg
9.	Volume Batuan yang Diledakkan	12973	BCM
10.	Powder Factor	0,11	Kg/bcm



Gambar 1. Fragmentasi Hasil Peledakan

Tabel 3. Fragmentasi Batuan Berdasarkan Geometri Peledakan Aktual dengan Persamaan Kuz-Ram

No.	Fragmentasi (cm)	Geometri Peledakan Aktual (Lampiran K)
1.	> 20	71,57 %
2.	> 40	55,85 %
3.	> 60	44,68 %
4.	> 80	36,27 %
5.	> 100	29,75 %

3.2. Produktivitas Alat Gali-Muat PC 2000

Produktivitas alat gali-muat PC 2000 dipengaruhi oleh *digging time* sehingga akan dikaitkan antara *digging time* dengan hasil fragmentasi dengan persamaan fragmentasi setiap harinya. Fragmentasi aktual, *digging time* rata-rata per hari dan produktivitas terdapat pada tabel 4.

3.3. Geometri Usulan dan Hasil Fragmentasi Teori

Geometri usulan menggunakan geometri peledakan menurut R. L. Ash karena mempertimbangkan hasil *powder factor* serta jumlah ANFO yang digunakan tidak terlalu banyak. Geometri peledakan usulan terdapat pada tabel 5. Dari tabel 5 maka dapat dihitung hasil fragmentasinya secara teori jika menggunakan geometri usulan maka fragmentasi harus dikatakan baik ketika hasil perhitungan fragmentasi kurang dari 15 %. Hasil fragmentasi aktual menggunakan geometri usulan terdapat pada tabel 6 :

Tabel 4. Produktivitas aktual dan Fragmentasi Aktual Peledakan

No.	Tanggal	Fragmentasi Kuz-Ram	<i>Digging time</i> Rata-Rata	<i>Cycle time</i>	Produktivitas PC 2000
		(> 1 meter)	Detik	Detik	Bcm/jam
1.	28-05-2014	21,20 %	15,50	32,43	825,32
2.	30-05-2014	20,94 %	11,83	29,15	918,67
3.	31-05-2014	21,80 %	12,45	30,02	891,80
4.	02-06-2014	20,94 %	21,42	38,88	688,64
5.	03-06-2014	20,94 %	14,21	31,20	858,18
6.	04-06-2014	19,89 %	14,60	31,43	851,46
7.	05-06-2014	19,89 %	15,01	32,02	835,78
8.	06-06-2014	21,20 %	12,97	29,52	890,30
9.	07-06-2014	19,89 %	12,58	29,50	907,48
10.	10-06-2014	21,20 %	13,26	30,40	880,60
11.	11-06-2014	21,48 %	13,15	29,80	898,52

Tabel 5. Geometri Peledakan Usulan Menurut R. L. Ash

No.	Parameter	Geometri R.L Ash	Satuan
1.	<i>Burden</i>	6	Meter
2.	<i>Spasi</i>	8,4	Meter
3.	<i>Stemming</i>	4,2	Meter
4.	<i>Subdrilling</i>	1,2	Meter
5.	PC	4,8	Meter
6.	Kedalaman Lubang Ledak	8	Meter
7.	Tinggi Jenjang	7,8	Meter
8.	Jumlah ANFO	2487,74	Kg
9.	Volume Batuan yang Diledakkan	12700	BCM
10.	<i>Powder Factor</i>	0,19	Kg/bcm

Tabel 6. Fragmentasi Batuan Berdasarkan Geometri Peledakan Usulan dengan Persamaan Kuz-Ram

No.	Fragmentasi (cm)	Geometri Peledakan R.L Ash
1.	> 20	76,89 %
2.	> 40	50 %
3.	> 60	29,43 %
4.	> 80	16,04 %
5.	> 100	8,20 %

Tabel 7. Perkiraan Kenaikan Produktivitas PC 2000

No.	Tanggal	Fragmentasi Kuz-Ram Dari geometri usulan	Digging Time Prediksi	Perkiraan Produktivitas PC 2000	Produktivitas PC 2000	Kenaikan Produktivitas
		(> 1 meter)	Detik	Bcm/jam	Bcm/jam	Bcm / jam
1.	28-05-2014	21,20 %	11,83	918,67	825,32	93,35
2.	30-05-2014	20,94 %	11,83	918,67	918,67	0
3.	31-05-2014	21,80 %	11,83	918,67	891,80	26,87
4.	02-06-2014	20,94 %	11,83	918,67	688,64	230,03
5.	03-06-2014	20,94 %	11,83	918,67	858,18	60,49
6.	04-06-2014	19,89 %	11,83	918,67	851,46	67,21
7.	05-06-2014	19,89 %	11,83	918,67	835,78	82,89
8.	06-06-2014	21,20 %	11,83	918,67	906,73	11,94
9.	07-06-2014	19,89 %	11,83	918,67	907,48	11,19
10.	10-06-2014	21,20 %	11,83	918,67	880,60	38,07
11.	11-06-2014	21,48 %	11,83	918,67	898,52	20,15

Dari perbandingan geometri peledakan diatas, bahwa dengan menggunakan geometri peledakan usulan ini terjadi penurunan jumlah *boulder* sebesar 29,75 % - 8,20 % = 21,55 % untuk nilai fragmentasi lebih dari 100 cm. Dengan adanya penurunan jumlah *boulder* ini, maka produksi alat gali muat akan meningkat. Peningkatan produktivitas akan terjadi karena waktu penggalian material hasil peledakan akan menjadi berkurang dan kapasitas *bucket* akan lebih maksimal.

3.4. Kenaikan Produktivitas PC 2000 dengan Menggunakan Fragmentasi Usulan

Kenaikan produktivitas PC 2000 dilihat dengan menggunakan persamaan regresi linear, dengan diketahui bongkahan sebesar 8,20 %. Dari tabel 7 dapat dilihat perkiraan kenaikan produktivitas, kenaikan produktivitas akan terjadi jika menggunakan fragmentasi usulan. Misalnya dapat dilihat pada tanggal 04 juni 2014 *digging time* rata-ratanya 14,60 detik dan produksi 851,46 bcm/jam lalu nilai yang didapat dari persamaan regresi linear [10] dengan diketahui persen bongkahan yaitu 8,20 % maka didapat *digging time* senilai 11,02 detik perkiraan produktivitas naik menjadi 985,90 bcm/jam. Maka dapat dilihat produktivitas naik sebesar 134,44 bcm/jam. Perkiraan kenaikan produktivitas jika menggunakan geometri usulan ada pada tabel 7.

4. KESIMPULAN

1. Geometri aktual yang dipakai Geometri Aktual *Burden* = 7 *Spasi* = 8 *Stemming* = 3,65 *Subdrilling* = 0,3 *PC* = 3,23 *Kedalaman Lubang Ledak* = 8 *Tinggi Jenjang* = 6,7 *Powder Factor* = 0,11 kg/bcm. Sedangkan hasil fragmentasi aktual untuk ukuran *boulder* (>1 meter) adalah sebesar 29,75%.
2. *Digging time* yang terbesar terjadi pada tanggal 02 juni 2014 yaitu sebesar 21,42 detik sedang untuk *digging time* paling kecil ada pada tanggal 30 mei 2014 sebesar 11,83 detik.
3. Geometri usulan menurut R.L Ash dengan mempertimbangkan *powder factor* sebesar 0,19 kg/bcm dan. Geometri usulan diantaranya R.L Ash dengan geometri *Burden* = 6., *Spasi* = 8,4 *Stemming* = 4,2 *Subdrilling* = 1,2 *PC* = 4,8 *Kedalaman Lubang Ledak* = 8 *Tinggi Jenjang* = 7,8 *Powder Factor* = 0,19 kg/bcm. Sedangkan untuk geometri peledakan menurut ICI *Explosive* dan CJ. Konya dijadikan pembandingan. Karena jumlah bahan peledak yang digunakan terlalu banyak sedangkan hasil volume batuan yang diledakan tidak sesuai dengan bahan peledak yang terlalu banyak digunakan. Untuk geometri usulan menurut R.L Ash yang dihitung menggunakan Kuz-Ram adalah sebesar 8,20 %. Produktivitas *Excavator* PC 2000 untuk material hasil peledakan yang paling besar pada tanggal 30 mei 2014 yaitu sebesar 918,67 bcm/jam. Sedangkan untuk yang paling kecil pada tanggal 02 juni 2014 yaitu sebesar 688,64 bcm/jam dan produksi naik sebesar 230,03 bcm/jam jika menggunakan geometri usulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Bukit Asam. (2013), *Laporan Eklporasi PT. Bukit Asam, (Persero), Tbk*. Tanjung Enim: Satuan Kerja Geologi.
- [2] Hustrulid, W. (1999). *Blasting Principles for Open Pit Mining*. Colorad USA: Colorado School of Mines Golden.
- [3] Moelhim. K., Bambang S. M., (2000). *Supervisory Teknik Peledakan*. Bandung: Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat ITB.

- [4] Komatsu. (2007). *Specification and Application Handbook, 28st Edition*. Tokyo: Komatsu Ltd.
- [5] Karim. A. Ir., (1998). *Teknik Pemboran*. Bandung: Pusat Pengembangan Tenaga Pertambangan.
- [6] Cunningham, C. V. B., (1983). The Kuz-Ram model for prediction of fragmentation from blasting, *Proceedings of the First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*. Lulea : Sweden.
- [7] Lilly, P. A., (1986). *An empirical method of assessing rock mass blastability*. Australia Large Open Pit Mining Conference, Australia: Newman Combined Group.
- [8] Ash, R. L., (1990). *Design of Blasting Round, Surface Mining*. New York: Society for Mining, Metallurgy, and Exploitation, Inc.
- [9] Koesnaryo. S. (2001). *Teori Peledakan*. Bandung : Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara.
- [10] Sudjana. (1992). *Metode Statistika. Edisi Kelima*. Bandung :Tarsito.