

KAJIAN TEKNIS KUALITAS *BLASTING* TERHADAP PENCAPAIAN *DIGGING TIME* ALAT GALI MUAT *BACKHOE* KOMATSU PC-2000 DI PIT 4500B1 PT. PAMAPERSADA NUSANTARA *JOBSITE TCMM*

Nanda Sih Pramuja¹, R. Andy Erwin Wijaya², Hendro Purnomo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi
Nasional Yogyakarta, Sleman-Yogyakarta

Email: 1nanda_pramuja@yahoo.com, 2andy_stnns@yahoo.com, 3hendro.purnomo@itny.ac.id

Abstrak

Backhoe komatsu PC-2000 sebagai salah satu jenis alat mekanis yang dipakai di PT. Pamapersada Jobsite TCMM, Kutai Barat, Kalimantan Timur seringkali kemampuan kerjanya menjadi berkurang terutama ketika melakukan *digging* karena banyak faktor-faktor yang berpengaruh. Pengambilan data dan analisis data dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perolehan *digging time* yaitu nilai persebaran fragmentasi batuan, kondisi alat, kemampuan operator, dan lebar front penambangan. Rata-rata penghitungan *digging time* aktual pada lokasi hasil peledakan dengan geometri peledakan 7 x 8 meter, masing-masing sebesar 11,52 detik. Sedangkan pada lokasi hasil peledakan dengan geometri peledakan 8 x 9 meter, masing-masing sebesar 11,64 detik. Dengan menggunakan metode regresi linear berganda antara fragmentasi batuan hasil peledakan, kondisi alat, lebar front penambangan dengan *digging time* PC-2000 aktual didapatkan persamaan regresi $Y = 13,258 + 0,026X_1 - 0,015X_2 - 0,009X_3$, dan dari hasil korelasi dan persamaan regresi berganda yang didapatkan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS IBM versi 23 didapatkan besar sumbangan efektif dari faktor-faktor yang mempengaruhi *digging time* PC-2000, yaitu 52,794 % untuk persebaran fragmentasi batuan ≥ 70 cm, 17,052 % untuk kemampuan kerja alat, dan 0,654 % untuk lebar front penambangan. Dengan asumsi tidak ada faktor lain yang berpengaruh maka besar sumbangan efektif untuk kemampuan operator adalah 29 %.

Kata Kunci: PC-2000, Digging Time, Fragmentasi Batuan, Geometri Peledakan

Abstract

The *digging ability* of *backhoe komatsu PC-2000* as one of type mechanical device that used at PT. Pamapersada Jobsite TCMM, West Kutai, East Kalimantan often become reduced, because it was influenced by many factors. Data retrieval and analysis has been done with regard many factors that influenced of *digging time* and that factors are value of rock fragmentation from blasting result, condition of PC-2000 machine, operator skill, and width of mining front. The result average calculation of actual *digging time* in blasting location with 7 x 8 meter blasting geometry is 11,52 second, while in blasting location with 8 x 9 meter blasting geometry is 11,64 second. By using of multiple linear regression analysis between rock fragmentation, condition of PC-2000 machine, width of mining front and actual *digging time*, then it got an regression equation $Y = 13,258 + 0,026X_1 - 0,015X_2 - 0,009X_3$, and from that regression analysis and correlation analysis that have been proceed by SPSS IBM version 23, are obtained effective contribution value from that factors which influence of *digging time*. The value is 52,794 % for rock fragmentation that most of 70 cm, 17,052 % for condition of PC-2000 machine, and 0,654 % for width of mining front. The assumption is just that factors are influenced of *digging time*, so effective contribution of operator skill is 29 %.

Keywords : PC-2000, Digging Time, Rock Fragmentation, Blasting Geometry

1. PENDAHULUAN

Backhoe komatsu PC-2000 adalah salah satu alat mekanis yang bekerja sebagai alat gali muat material *overburden* di PT. Pamapersada *Jobsite* TCMM, Kutai Barat, Kalimantan Timur. Seringkali perolehan *digging time* PC-2000 berkurang karena banyak faktor-faktor yang berpengaruh ditambah lagi dengan penggunaan alat yang setiap hari untuk kelangsungan produksi penambangan sehingga kemampuan *digging*-nya tersebut berkurang. *Digging time* adalah waktu yang dihabiskan atau digunakan oleh alat gali muat untuk menggali material yang telah dibongkar dalam hal ini adalah material *overburden* dari lapisan batubara. Salah satu faktor yang mengakibatkan kemampuan *digging* dari alat gali muat PC-2000 berkurang adalah geometri peledakan yang menghasilkan bongkahan dari material dengan fragmentasi yang seragam, dimana fragmentasi tersebut adalah salah satu indikator keberhasilan dari peledakan itu sendiri guna mencapai *digging time* yang diperlukan dan menurut Koesnaryo (2001), fragmentasi batuan hasil peledakan yang baik adalah apabila yang berukuran bongkah kurang dari 15 %. Berdasarkan *planning* dari PT. Pamapersada Nusantera *Jobsite* TCMM, material hasil peledakan akan dikatakan bongkah apabila ukurannya ≥ 70 cm.

Selain karena banyaknya bongkahan hasil peledakan yang buruk, faktor-faktor lain seperti kondisi alat, kemampuan operator, dan lebar *front* penambangan juga berpengaruh dalam perolehan *digging time* alat gali muat secara aktual. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji perolehan *digging time* PC-2000 secara aktual dan *planning* yaitu 11 detik di daerah penelitan yang telah dilakukan kegiatan peledakan dan menganalisa besar korelasinya antara perolehan fragmentasi, kondisi PC-2000, kemampuan operator dan lebar *front* penambangan terhadap perolehan *digging time* PC-2000 apakah signifikan atau tidak serta untuk mengetahui faktor mana yang memiliki pengaruh paling besar. Selain itu penelitian ini mengkaji bagaimana perbandingan antara geometri aktual dengan geometri teoritis ditinjau dari segi ukuran fragmentasi hasil peledakan, dan *digging time backhoe* komatsu PC-2000 dengan menggunakan persamaan geometri peledakan menurut R. L. Ash (1963), C. J. Konya (1990), Anderson (1952), ICI *Explosives* (1997) dan teori distribusi fragmentasi Kuz-Ram.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian metode penelitan sangat diperlukan agar pengambilan dan pengolahan data dapat dilaksanakan secara terstruktur dan baik. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Studi literatur.

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, antara lain:

- a. Penelitian yang pernah dilakukan oleh perusahaan.
- b. Jurnal ilmiah, skripsi, buletin, dan informasi-informasi lain.
- c. Penelitian yang pernah dilakukan instansi lain yang terkait dengan permasalahan.

2. Penelitian di lapangan

Penelitian di lapangan dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut :

- a. Observasi dan pengamatan secara langsung dilapangan serta mencari data-data pendukung.
- b. Menentukan titik dan batas lokasi pengamatan agar penelitian tidak meluas, tidak keluar dari permasalahan yang ada, serta data yang diambil dapat dimanfaatkan secara efektif.
- c. Mencocokkan data-data yang telah ada, dan pengambilan data tambahan

3. Pengambilan data

a. Data primer :

- 1) Geometri peledakan aktual meliputi *burden*, *spasi* lubang ledak, kedalaman lubang ledak, panjang kolom isian, panjang *stemming*, tinggi lereng
- 2) Jenis bahan peledak (ANFO), peralatan peledakan (*booster*, *detonator*, *Lead Wire*) dan perlengkapan peledakan (*ohm meter*, *blasting machine*)

- 3) Foto fragmen batuan hasil peledakan
- 4) *Digging time* aktual dan *Cycle time* aktual *backhoe* komatsu PC-2000
- b. Data sekunder :
 - 1) Data iklim dan curah hujan
 - 2) Data lithologi dan kekerasan batuan
 - 3) *Drill design* dan peta peledakan
 - 4) Spesifikasi bahan peledak dan *ba-ckhoe* komatsu PC-2000
 - 5) Rata-rata waktu *breakdown back-hoe* komatsu PC-2000/bulan
 - 6) Data operator PC-2000 di pit 4500 B1 PT. Pamapersda site TCMM
- 4. Pengolahan dan Analisis Data

a. Pengolahan dan analisis data menggunakan metode regresi linear berganda untuk mengetahui apakah variabel-variabel bebas berpengaruh terhadap perolehan *digging time* PC-2000, dan metode *bivariate corellation* untuk mengetahui besar pengaruh setiap variabel bebas terhadap perolehan *digging time* PC-2000. Selain itu analisa statistik ini juga menggunakan bantuan perangkat lunak IBM SPSS versi 23. Persamaan besar sumbangan efektif dari setiap variabel bebas terhadap variabel tergantung adalah sebagai berikut :

$$SE_{xi} = \left| \frac{\text{bobot komponen(b)} \times \text{cross product} \times \text{total sumbangan efektif}}{\text{nilai regresi}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

b. Perhitungan geometri peledakan teoritis menggunakan persamaan menurut R. L. Ash (1963), C. J. Konya (1990), Anderson (1952), ICI *Explosives* (1997). Berikut persamaan dari geometri-geometri tersebut :

Geometri Menurut Anderson (1952)

Burden

$$B = \sqrt{d \cdot h} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : B = *Burden* (Feet)
 h = Kedalaman Lubang Tembak (feet)
 d = Diameter Lubang Tembak (inch)

Spacing

$$S = K_s \cdot B \dots\dots\dots (3)$$

Besarnya *spacing ratio* (K_s) menurut waktu *delay* yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

Long interval delay $K_s = 1$
Short periode $K_s = 1 - 2$
 Normal $K_s = 1,25 - 1,8$

Stemming

$$T = K_t \cdot B \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :
 K_t = *stemming ratio* (0,5 – 1,0)
 T = *stemming* (m)

Sub Drilling

$$J = (0,2 - 0,3) B \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :
 J = *Sub Drilling* (meter)

Geometri Menurut R. L Ash (1963)

Burden (B)

Faktor penyesuaian terhadap bahan peledak (AF_1) adalah :

$$AF_1 = \left[\frac{SG \cdot Ve^2}{SG_{std} \cdot V_{e_{std}}^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- SG = Berat jenis bahan peledak yang digunakan
 - Ve = Kecepatan detonasi bahan peledak yang digunakan
 - SGstd = Berat jenis bahan peledak standard, 1,20.
 - $V_{e_{std}}$ = Kecepatan deonasi bahan peledak satndard 12.000 fps
- Faktor penyesuaian terhadap batuan (AF_2) adalah :

$$AF_2 = \left[\frac{D_{std}}{D} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- D_{std} = Bobot isi batuan standar, 160 lb/cuff
- Kb_{std} = Bobot isi batuan yang diledakan

Sehingga harga Kb yang terkoreksi adalah :

$$Kb = Kb_{standard} \times AF_1 \times AF_2 \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

- Kb = *Burden ratio* yang telah dikoreksi
- Kb_{std} = *Burden ratio standard*, 30

Untuk menentukan *burden*, maka menggunakan rumus :

$$B = \frac{Kb \times De}{12} ft \quad \text{atau} \quad B = \frac{Kb \times De}{39.30} m \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

- B = *Burden* (m)
- Kb = *Burden ratio*
- De = Diameter lubang ledak (mm)

Spasi (S)

$$S = K_s \times B \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

- S = Spasi (m)
- K_s = *Spacing Ratio* (1,00-2,00)

Stemming (T)

$$T = K_t \times B \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

- K_t = *stemming ratio* (0,70 – 1,00)
- T = *stemming* (m)

Untuk mencari nilai dari *subdrilling* menggunakan persamaan yang sama dengan metode Anderson (1952).

Geometri Menurut C. J Konya (1990)

Burden (B)

$$B1 = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (12)$$

$$B2 = \left(\left(\frac{2 \times SGe}{SGr} \right) + 1,5 \right) De \dots\dots\dots (13)$$

$$B3 = 0,67 \times De \times \left(\frac{Stv}{SGr}\right)^{1/3} \dots\dots\dots (14)$$

$$B = (B1+B2+B3)/3 \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan :

- B = *Burden* (ft)
- De = Diameter lubang ledak (Inchi)
- Sge = Berat jenis bahan peledak
- SGr = Berat jenis batuan
- STv = *Relative Bulk Strength* ANFO : 100

Setelah diketahui nilai *burden* dasarnya, maka menurut C. J. Konya (1990) harus dikoreksi terhadap bebrapa faktor penentu seperti dalam (Tabel 1), (Tabel 2), dan (Tabel 3).

Tabel 1. Faktor Koreksi Terhadap Jumlah Baris

Koreksi jumlah baris	Kr
Satu atau dua baris dari lubang	1,00
Baris ketiga dan berikutnya atau <i>buffer blast</i>	0,90

(*Sumber : Konya, 1990*)

Tabel 2. Faktor Koreksi Terhadap Posisi Lapisan Batuan

Koreksi terhadap posisi lapisan batuan	Kd
Bidang perlapisan batuan curam agak miring menuju bukaan	1,18
Bidang perlapisan sedikit curam mendalam kearah bidang	0,95
Kasus deposisi lainnya	1,00

(*Sumber : Konya, 1990*)

Tabel 3. Faktor Koreksi Terhadap Struktur Geologi

Koreksi terhadap struktur geologi	Ks
Batuan banyak terekahkan, banyak bidang lemah, tingkat sementasi lapisan lemah	1,30
Lapisan batuan dengan tingkat sementasi kuat dan tipis dengan rekahan rapat	1,10
Batuan utuh masif	0,95

(*Sumber : Konya, 1990*)

Sedangkan pada perhitungan koreksi *burden* digunakan rumusan sebagai berikut :

$$BC = B \times Kr \times Kd \times Ks \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan :

- Bc = *Burden* terkoreksi (m)
- B = *Burden* awal (m)
- Kr = Faktor koreksi terhadap jumlah baris peledakan
- Kd = Faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan
- Ks = Faktor koreksi terhadap struktur geologi batuan

Spacing (S)

Menentukan jarak *spacing* didasarkan pada jenis detonator listrik yang digunakan beberapa besar perbandingan antara tinggi jenjang dan jarak *burden*. Bila perbandingan antara L/B lebih kecil dari 4 maka digolongkan jenjang rendah dan bila lebih besar dari 4 maka digolongkan jenjang tinggi (Tabel 4).

Tabel 4. Persamaan untuk menentukan jarak *spacing*

Tipe detonator	L/B < 4	L/B > 4
<i>Instantaneous</i>	$S = (L+2B)/3$	$S = 2B$
<i>Delay</i>	$S = (L + 7B)/8$	$S = 1,4 B$

(Sumber : Konya, 1990)

Nilai dari *stemming* dan *subdrilling* dapat dicari dengan menggunakan persamaan dari Anderson (1952).

Geometri Menurut ICI Explosives (1997)

Tinggi jenjang (H) disesuaikan dengan kondisi batuan setempat, peraturan yang berlaku dan ukuran dari alat muat yang akan digunakan. Atau secara empiris :

$H = 60D - 140D$ (17)

Burden (B) antar baris :
 $B = 25D - 40D$ (18)

Spasi antar lubang ledak sepanjang baris (S) :
 $S = 1B - 1,5B$ (19)

Subgrade (J) yaitu
 $J = 8D - 12D$ (20)

Stemming (T) yaitu
 $T = 20D - 30D$ (21)

- c. Analisa dan olah data terhadap persebaran fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan perangkat lunak *Split Desktop trial* 2.0 dan juga menggunakan metode Kuz-ram. Berikut persamaan distribusi fragmentasi batuan dengan metode Kuz-ram :

Blastability Index
 $BI = 0,5 (RMD + JPS + JPO + SGI + HD)$ (22)

Tabel 5. Pembobotan Masa Batuan Di Lapangan

PARAMETER	PEMBOBOTAN
1. <i>Rock mass description (RMD)</i>	
1.1 <i>Powdery/friable</i>	10
1.2 <i>Blocky</i>	20
1.3 <i>Totally massive</i>	50
2. <i>Join plane spacing (JPS)</i>	
2.1 <i>Close (Spasi < 0,1 m)</i>	10
2.2 <i>Intermediate (Spasi 0,1-1 m)</i>	20
2.3 <i>Wide (Spasi 0,1-1 m)</i>	50
3. <i>Join plane orientation (JPO)</i>	
3.1 <i>Horizontal</i>	10
3.2 <i>Dip out of face</i>	20
3.3 <i>Strike normal to face</i>	30
3.4 <i>Dip into face</i>	40
4. <i>Specific gravity influence (SGI)</i>	$SGI = 25 \times SG - 50$
5. <i>Hardness (H)</i>	1-10

(Sumber : Hustrulid, 1999)

Faktor batuan
 $RF = BI \times 0,12$ (23)

Ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan, dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan Kuznetov (1973), yaitu sebagai berikut :

$$X = A \times \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63} \quad (24)$$

Keterangan :

X = Rata-rata ukuran fragmentasi

A = Faktor batuan (*Rock Factor* = RF)

V = Volume batuan yang terbongkar (m³)

Q = Jumlah bahan peledak pada setiap lubang ledak (kg)

E = *Relative Weight Strength* bahan peledak, *emulsion* = 100

Untuk mengetahui besarnya presentase bongkah pada hasil peledakan yang digunakan maka digunakan rumus Indeks Keseragaman (n) sebagai berikut :

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{De} \right) \times \left[\frac{1+A'}{2} \right]^{0,5} \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left(\frac{PC}{L} \right) \quad (25)$$

Keterangan :

B = *Burden*

De = Diameter

A' = Nisbah spasi dan *burden*

Perhitungan prosentase bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-\left(\frac{X}{Xc} \right)^n} \quad (26)$$

Karakteristik ukuran dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{1/n}} \quad (27)$$

Keterangan :

Rx = Persentase material yang tertahan pada ayakan (%)

X = Ukuran ayakan (cm)

N = Indeks keseragaman

Xc = Karakteristik ukuran (cm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Besar Pengaruh Faktor-Faktor Yang Menentukan Perolehan *Digging Time* Aktual *Backhoe Komatsu PC-2000*

Berikut perbandingan aktual antara persebaran fragmentasi ≥ 70 cm, operator, pola muat, lebar *front* dan persen ketersediaan alat sebagai variabel independen dan nilai *digging time* PC-2000 aktual sebagai nilai dependennya.

Tabel 6. Perbandingan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi *Digging Time* PC-2000 Secara Aktual

Tanggal	Nama Operator	Persentase Material ≥ 70 cm (%)	Kemampuan Alat (%)	Lebar Front (m)	Lebar Front (%)	Rata-rata Digging Time (Second)
04/04/2019	Yulius Setiawan	26.89	89.79	36.7	100	11.9
05/04/2019	Yulius Setiawan	36.16	98.41	28.9	89.75	11.95
08/04/2019	Bangun Cahyono	11.52	100	24.7	80.58	10.8
09/04/2019	Bangun Cahyono	26.04	92.5	31.5	100	11.5
10/04/2019	Bangun Cahyono	10.56	100	33	100	10.8
11/04/2019	Bangun Cahyono	15.33	99.04	21.2	69.16	11.6
12/04/2019	Bangun Cahyono	17.31	100	60.1	100	11.4
13/04/2019	Bangun Cahyono	32.17	100	25.8	84.17	11.65
14/04/2019	Bangun Cahyono	36.43	90.95	32.6	100	12
15/04/2019	Bangun Cahyono	17.31	93.87	23.2	75.69	11.7
16/04/2019	Bangun Cahyono	13.43	100	34.6	100	11.3
18/04/2019	Yulius Setiawan	41.32	71.87	33.4	100	12.2
19/04/2019	Yulius Setiawan	22.39	97.41	26.2	81.36	11.8
20/04/2019	Yulius Setiawan	28.09	100	29.9	92.85	11.5
22/04/2019	Yulius Setiawan	22.05	100	50.1	100	11.4
23/04/2019	Bangun Cahyono	20.355	100	30	97.87	11.5
24/04/2019	Bangun Cahyono	38.4	93.20	56.9	100	11.6

Dari olah data menggunakan perangkat lunak SPSS IBM versi 23, didapatkan variabel-variabel untuk menentukan sumbangan efektif terhadap pencapaian *digging time* PC-2000 sebagai berikut :

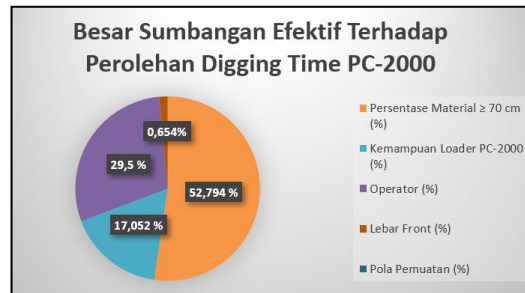
Tabel 7. Data Penentu Sumbangan Efektif

Komponen Pengaruh	bx _i	<i>cross product</i>	Regresi	Sumbangan Efektif Total (R ²)
Fragmen ≥ 70 cm	0,026	45,565	1,582	70,5 %
Persentase Kemampuan PC-2000	-0,015	-27,074		
Lebar <i>Front</i>	-0,009	-1,382		

Dari hasil pengamatan dan analisa didapatkan persamaan regresi yaitu $Y = 13,258 + 0,026X_1 - 0,015X_2 - 0,009X_3$. Dengan asumsi bahwa tidak ada faktor lain yang berpengaruh maka besar sumbangan efektif dari komponen kemampuan operator terhadap perolehan *digging time* PC-2000 aktual adalah sisa dari sumbangan efektif total dari komponen perolehan fragmentasi peledakan, kemampuan *loader* dan lebar *front* penambangan. Dari hasil pengolahan pada (Tabel 7), maka didapatkan besar sumbangan efektif dari setiap komponen yang mempengaruhi *digging time backhoe* Komatsu PC-2000 yang bekerja di *pit* 4500B1 PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* TCMM adalah :

Tabel 8. Besar Sumbangan Efektif

Faktor Pengaruh	Sumbangan Efektif Komponen
Persentase Material \geq 70 cm	52.794 %
Persentase Kemampuan Alat	17,052 %
Operator	29,5 %
Lebar <i>Front</i>	0,654 %



Gambar 1. Diagram besar sumbangan efektif terhadap pencapaian *digging time* PC-2000

Dari hasil pengolahan dengan perangkat lunak SPSS IBM versi 23 (Tabel 9) dengan menggunakan taraf kepercayaan 95 % nilai signifikansi pada uji F kurang dari 0,005 ($< 0,005$) yaitu sebesar 0,001, yang berarti variabel – variabel independen yang ditetapkan (Persentase Material \geq 70 cm, Persentase Kemampuan Alat, Lebar *Front* Penambangan) secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependennya yaitu *Digging Time Backhoe* Komatsu PC-2000.

Tabel 9. Uji F Variabel Dependen Terhadap Variabel Independen

No	Variabel Pengaruh (Dependen)	Variabel Independen	Pengujian	Nilai Sign	Hipotesis
1	Persentase Material \geq 70 cm, Persentase Kemampuan Alat, Lebar <i>Front</i> Penambangan	<i>Digging Time Backhoe</i> Komatsu PC-2000	Uji F	0,001 $<$ 0,005	Berpengaruh

3.2. Perbandingan Geometri Peledakan Serta Perolehan Fragmentasi Secara Aktual dan Teoritis

Berdasarkan hasil analisa korelasi dan regresi berganda, maka tingkat distribusi material hasil peledakan sangat berpengaruh terhadap perolehan *digging time* PC-2000. Untuk menghasilkan fragmentasi yang baik sehingga *digging time* alat gali muat menurun, maka evaluasi geometri peledakan perlu dilakukan. Berikut perbandingan geometri aktual dan geometri teoritis serta perolehan fragmentasi dan *digging time*-nya dengan menggunakan persamaan geometri peledakan R.L. Ash (1963), C.J Konya (1990), Anderson (1952), ICI *Explosives* (1997) dan persamaan distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan dengan menggunakan teori Kuz-ram serta nilai *digging time* yang didapatkan dari persamaan regresi yang telah didapatkan sebelumnya.

Tabel 10. Geometri Peledakan, Fragmentasi dan *Digging Time* PC-2000 Aktual

Lokasi	Jenis Material	Aktual							
		B (m)	S (m)	H (m)	T (m)	PC (m)	PF (kg/m ³)	≥ 70 cm (%)	dt (detik)
Interburden 5000 & 5200	Sandstone - massive+quartz	7	8	8	4	4	0,22	24,47	11,6
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Sandstone - massive+jointed	7	8	8	4	4	0,22	25,692	11,7
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Carbonaceous Clay, Siltstone & Claystone	8	9	9	4	4	0,18	25,991	11,7

Tabel 11. Geometri Peledakan, Fragmentasi dan Digging Time PC-2000 Teoritis

Geometri Teoritis									
Geometri R. L Ash (1963)									
Lokasi	Jenis Material	B (m)	S (m)	H (m)	T (m)	PC (m)	PF (kg/m ³)	≥ 70 cm (%)	dt (detik)
Interburden 5000 & 5200	Sandstone - massive+quartz	5,7	8,5	8	3,9	4,1	0,25	8,378	11,2
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Sandstone - massive+jointed	5,7	8,5	8	3,9	4,1	0,25	8,187	11,2
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Carbonaceous Clay, Siltstone & Claystone	6,2	9,2	8	3,7	4,3	0,23	5,467	11,1
Rata-rata								7,344	11,16
C.J. Konya (1990)									
Lokasi	Jenis Material	B (m)	S (m)	H (m)	T (m)	PC (m)	PF (kg/m ³)	≥ 70 cm (%)	dt (detik)
Interburden 5000 & 5200	Sandstone - massive+quartz	6,9	7	8	3,5	4,5	0,29	5,917	11,1
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Sandstone - massive+jointed	6,9	7	8	3,5	4,5	0,29	5,767	11,1
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Carbonaceous Clay, Siltstone & Claystone	7,1	7,2	8	3,6	4,4	0,27	3,193	11
Rata-rata								4,959	11,06
Anderson (1952)									
Lokasi	Jenis Material	B (m)	S (m)	H (m)	T (m)	PC (m)	PF (kg/m ³)	≥ 70 cm (%)	dt (detik)
Interburden 5000 & 5200	Sandstone - massive+quartz	4,4	8,8	8	3,9	4,1	0,33	2,294	11
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Sandstone - massive+jointed	4,4	8,8	8	3,9	4,1	0,33	2,213	11
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Carbonaceous Clay, Siltstone & Claystone	4,4	8,8	8	3,9	4,1	0,33	2,257	11
Rata-rata								2,254	11
ICI Explosives (1997)									
Lokasi	Jenis Material	B (m)	S (m)	H (m)	T (m)	PC (m)	PF (kg/m ³)	≥ 70 cm (%)	dt (detik)
Interburden 5000 & 5200	Sandstone - massive+quartz	7	9,1	8	4	4	0,19	13,164	11,3
Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Sandstone - massive+jointed	7	9,1	8	4	4	0,19	12,891	11,3

Interburden 4500, 4600, 4700, 4800, 4900	Carbonaceous Clay, Siltstone & Claystone	6,4	8,9	8	4	4	0,21	7,108	11,2
Rata-rata								11,054	11,26

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil korelasi dengan menggunakan metode regresi berganda dan pengolahan dengan perangkat lunak SPSS IBM Ver.23, didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,705 dan besar sumbangan efektif dari faktor-faktor yang mempengaruhi *digging time* PC-2000, yaitu 52,794 % untuk persebaran fragmentasi batuan ≥ 70 cm, 17,052 % untuk kemampuan kerja alat, dan 0,654 % untuk lebar *front* penambangan. Dengan asumsi bahwa tidak ada faktor lain yang berpengaruh terhadap *digging time backhoe* Komatsu PC-2000 selain fragmentasi batuan hasil peledakan, kemampuan kerja alat, dan lebar *front* penambangan, maka besar sumbangan efektif untuk kemampuan operator adalah 100 % dikurangi total sumbangan efektif variabel-variabel sebelumnya, sehingga besarnya adalah 29,5 %. Dengan menggunakan uji F secara simultan persentase material ≥ 70 cm, persentase kemampuan alat, dan lebar *front* penambangan berpengaruh terhadap *digging time* PC-2000 dengan nilai signifikansi $0,001 \leq 0,005$.
2. Rata-rata penghitungan *digging time* secara aktual pada lokasi hasil peledakan dengan geometri 7 x 8 meter sebesar 11,52 detik. Sedangkan pada lokasi hasil peledakan dengan geometri 8 x 9 meter sebesar 11,64 detik. Rata-rata perolehan fragmentasi batuan ≥ 70 cm pada hasil geometri peledakan dengan persamaan R.L. Ash (1963) adalah 7,344 % dan menghasilkan perkiraan *digging time* PC-2000 sebesar 11,16 detik. Rata-rata perolehan fragmentasi batuan ≥ 70 cm pada hasil geometri peledakan dengan persamaan C.J. Konya (1990) adalah 4,959 % dan menghasilkan perkiraan *digging time* PC-2000 sebesar 11,06 detik. Rata-rata perolehan fragmentasi batuan ≥ 70 cm pada hasil geometri peledakan dengan persamaan Anderson (1952) adalah 2,254 % dan menghasilkan perkiraan *digging time* PC-2000 sebesar 11 detik. Rata-rata perolehan fragmentasi batuan ≥ 70 cm pada hasil geometri peledakan dengan persamaan ICI *Explosives* (1997) adalah 11,054 % dan menghasilkan perkiraan *digging time* PC-2000 sebesar 11,26 detik.

5. SARAN

1. Berdasarkan hasil pengamatan, keakuratan geometri sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil *blasting* sehingga perlu adanya evaluasi terhadap kegiatan pengeboran.
2. Dapat mencoba menerapkan geometri teoritis untuk meningkatkan kualitas *blasting* dari segi perolehan fragmentasi batuan hasil peledakan dan *digging time* yang dihasilkan oleh alat gali muat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada PT. Pamapersada Jobsite Trubaindo Coal Mining Melak dan kepada Tim dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta serta semua orang yang telah membantu dalam kegiatan penelitian dan penyusunan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ash, R. L., 1990. *Design of Blasting Round*, "Surface Mining", B.A. Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Explration, Inc, pp. 565 – 584.
2. Hustrulid, 1970. "*Blasting Principles For Open Pit Mining*", Colorado School of Mines, USA.

3. Jimeno, 1995. "*Drilling and Blasting of Rocks*", S.A Company, USA
4. Koesnaryo, S. Ir., 1998. *Teknik Pemboran dan Peledakan* "Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.
5. Konya, C. J., 1990. *Blast Design, Continental Development*, Montville, Ohio.
6. Marsalin., 2005. *Geometri Peledakan Menurut Anderson*, Program Studi Pertambangan, Universitas Veteran Republik Indonesia, Makasar.
7. Pertama, S., 2003. *Aplikasi Statistik Praktis dengan Menggunakan SPSS 10 for Windows*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
8. Saptono. Singgih., 2006. *Teknik Peledakan*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.
9., 2019. *Peta Pit 4500B1, Curah Hujan, Lithologi dan Kuat Tekan Batuan, Breakdown Hours Backhoe Komatsu PC-2000*, Departemen Engineering, PT. Pamapersada Jobsite TCMM, Kecamatan Melak, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur.