

**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**

**JURNAL**



**MILIA PUTRI**

**1302673**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
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

**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**

Jurnal ini dibuat berdasarkan tugas akhir oleh:

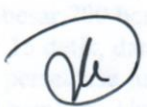
Nama : Milia Putri  
Nim/BP : 1302673/2013  
Konsentrasi : Tambang Umum  
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan  
Jurusan : Teknik Pertambangan  
Fakultas : Teknik

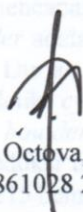
Padang, Februari 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh

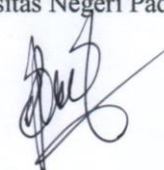
Pembimbing 1

Pembimbing 2

  
Dedi Yulhendra, S.T., M.T.  
NIP. 19800915 200501 1 005

  
Adree Octova, S.Si, M.T.  
NIP. 19861028 201202 1 003

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan  
Universitas Negeri Padang

  
Drs. Raimon Kopa, M.T.  
NIP. 19580313 198303 1 001

# 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

Milia Putri, Dedi Yulhendra, Adree Octova  
Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
[putrimilia01@gmail.com](mailto:putrimilia01@gmail.com)

## RINGKASAN

Pemberaian batuan merupakan salah satu tahapan yang sangat penting dalam operasi penambangan. Metode pemberaian batuan yang umum digunakan adalah peledakan yang bertujuan untuk memberai batuan sesuai ukuran fragmentasi yang telah direncanakan. Keefektifan kegiatan peledakan menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan kegiatan pemuatan (*loading material*) yang sangat mempengaruhi ketercapaian target produktivitas penambangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi geometri peledakan optimum untuk meminimalisir persentase jumlah *boulder* sehingga kegiatan pemuatan (*loading material*) menjadi lebih efektif dan target produktivitas tercapai. Studi kasus penelitian dilakukan pada 8 blok peledakan di *Pit Durian Barat* dan 8 blok peledakan di *Pit South Osela* yang keduanya berada di PT J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara Indonesia. Data penelitian terdiri dari fragmentasi peledakan, *digging time*, *cycle time*, *digging rate*, dan produktivitas penambangan *ore*. Metode penelitian dilakukan dengan estimasi geometri peledakan menurut teori R.L. Ash dan C.J. Konya, pemodelan statistik, serta uji *trial and error*. Dari analisis data yang dilakukan, untuk mencapai target produktivitas penambangan sebesar 700 bcm/jam maka persentase jumlah *boulder* adalah 3 %, *digging time* 7 detik, *cycle time* 15 detik, dan *digging rate* 750 bcm/jam pada *Pit Durian Barat*, sementara pada *Pit South Osela* persentase jumlah *boulder* 3 %, *digging time* 6 detik, *cycle time* 14 detik, dan *digging rate* 800 bcm/jam. Untuk meminimalisir persentase jumlah *boulder* maka perlu dilakukan revisi geometri peledakan berdasarkan teori C.J. Konya dengan reduksi ukuran *boulder* sebesar 4,26 s.d. 5,10 % dengan peningkatan produktivitas sebesar 141 s.d. 215 bcm/jam, dengan demikian target produktivitas *ore* dapat tercapai.

**Katakunci:** *Boulder Peledakan, Digging Time, Cycle Time, Digging Rate, Produktivitas Ore*

## 1. PENDAHULUAN

Pemberaian batuan merupakan salah satu tahapan penting dalam operasi penambangan. Peledakan bertujuan untuk memberaikan material dari batuan induknya agar ukuran fragmentasi yang dihasilkan dapat memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya (Bhandari, 1997: 2-3).

PT J Resources Bolaang Mongondow (PT JRBM) adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri pertambangan emas dengan sistem tambang terbuka dan metode penambangan *open pit*. Kegiatan pemberaian emas mayoritas didominasi oleh kegiatan pemboran dan peledakan karena material yang akan diberai memiliki kuat tekan batuan berkisar antara 5-32 MPa. Menurut Kramadibrata (1997) “Kegiatan peledakan dilakukan untuk material dengan kuat tekan > 25 MPa”. Kegiatan peledakan di PT JRBM dilakukan oleh pihak kontraktor dari PT Dyno Nobel (DNX) dengan area operasional terdiri dari dua *pit* yaitu *Pit* Durian Barat dan *Pit* South Osela.

Target fragmentasi *ore* yang ingin dicapai di PT JRBM adalah 80 % berukuran < 10 cm, 20 % berukuran 10-50 cm, dan 0 % berukuran > 50 cm. Data aktifitas peledakan pada November hingga Desember 2016 menunjukkan fragmentasi *ore* berukuran > 50 cm adalah 7 % s.d. 13 %. Adanya material berukuran *boulder* (> 50 cm) menyebabkan pengeluaran biaya tambahan pada *rock breaker* agar material tersebut dapat diolah lebih lanjut pada unit *crusher*. Data biaya penggunaan *rock breaker* pada November hingga Desember 2016 adalah sebesar 10.301,75 USD dan 16.234,65 USD.

Selain itu, adanya material berukuran *boulder* (> 50 cm) tersebut berdampak pada kegiatan *loading* material yang menyebabkan menurunnya kemampuan (*diggability*) dari alat gali muat. Hal ini dikarenakan adanya penambahan *digging time* yang mempengaruhi *cycle time* produksi alat gali muat (Hoa Pham Van, 2013). Adanya penambahan *cycle time* tentunya juga berpengaruh terhadap target produksi yang

dapat dicapai. Data kegiatan produksi di blok peledakan pada November hingga Desember 2016 menunjukkan target produksi *ore* yang dapat dicapai adalah 717.306 ton dan 751.464 ton dari target rencana sebesar 840.000 ton/bulan.

Keberhasilan suatu perencanaan peledakan adalah optimalnya kegiatan peledakan yang dapat memberikan pengaruh positif terhadap aktifitas pemuatan dan pengangkutan pada kegiatan produksi (Hustrulid, 1999: 11-12). Maka dari itu perlu adanya kajian mengenai optimasi geometri peledakan untuk mencapai target fragmentasi sehingga dapat meningkatkan *diggability* dalam pemenuhan target produktivitas *ore*.

Penelitian ini menganalisis beberapa parameter yang mempengaruhi kegiatan peledakan serta produktivitas yang dapat dicapai dari *diggability* alat gali muat pada blok peledakan. Penelitian juga menggunakan analisis statistik yang menghasilkan pendekatan hubungan antara kegiatan peledakan terhadap *diggability*

untuk pencapaian target produktivitas. Dari pendekatan statistik tersebut dapat diestimasi kondisi ideal kegiatan peledakan untuk mendukung peningkatan *diggability* dalam memenuhi target produktivitas.

## 2. LOKASI PENELITIAN

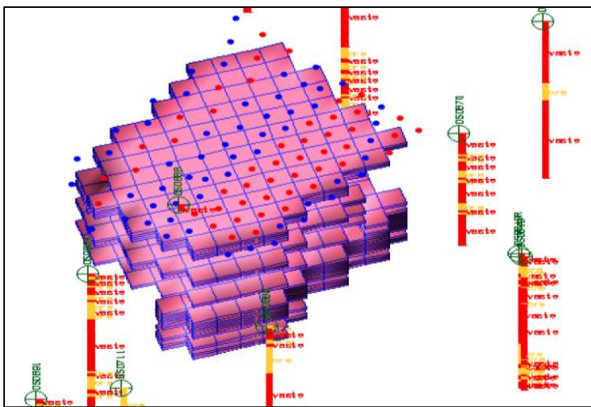
Secara astronomis daerah penelitian terletak pada  $0^{\circ} 33' 33.05''$  LU -  $0^{\circ} 35' 12.81''$  LU dan  $124^{\circ} 17' 52.9''$  BT -  $124^{\circ} 35' 12.81''$  BT. Secara administratif termasuk dalam wilayah Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. Lokasi pengambilan data berada pada 8 blok peledakan *ore* di *Pit Durian Barat* dan 8 blok peledakan *ore* di *Pit South Osela*. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Selain itu gambaran blok model yang memperlihatkan lokasi pengambilan data pada model *ore* dapat dilihat pada Gambar 2.

Data penelitian yang diambil meliputi data primer dan sekunder. Data primer diantaranya kedalaman lubang ledak dan *stemming* aktual, foto fragmentasi pada

masing-masing blok peledakan, dan *digging time* material hasil ledakan. Sementara data sekunder meliputi data geologi dan alterasi, *drill and blast design*, *drill pattern report sheet*, serta *cycle time* dan produktivitas alat gali muat.



**Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Data**



**Gambar 2. Blok Model Ore dan Drillhole Peledakan**

### 3. KONDISI GEOLOGI

Pembentukan mineral ubahan hidrotermal di daerah prospek Bakan disertai oleh mineralisasi bijih. *Pirit* merupakan mineral bijih yang paling dominan dijumpai

pada zona ubahan, sebagai urat halus (*vein*) maupun dalam bentuk tersebar (*disseminated*). Mineral sulfida lainnya seperti *kalkopirit*, *sphalerit*, dan *arsenopirit* hadir pada tipe ubahan *propilitik*. *Pirit*, *sphalerit*, dan *galena* hadir pada tipe ubahan *advance argillic*. *Pirit*, *sphalerit*, *limonit*, *hematit*, dan *magnetit* hadir pada tipe ubahan silisifikasi. *Pirit* dan mineral oksida seperti *limonit*, *magnetit*, dan *hematit* hadir pada tipe ubahan intermediet *argillik* temperatur tinggi. Tipe ubahan intermediet *argillik* temperatur rendah merupakan zona yang paling sedikit mengandung mineral sulfida maupun oksida yaitu *pirit* dan *magnetit*.

Kehadiran tipe ubahan silisifikasi, *advance argillik*, intermediet *argillik* temperatur tinggi, intermediet *argillik* temperatur rendah dan tipe ubahan *propilitik*, dan kehadiran kelompok mineral ubahan *kuarsa*, *alunit*, *kaolinit*, *dickit*, *smectit*, *illit*, *halloysit*, *puroPhillit*, dan lempung, yang diikuti dengan mineralisasi bijih, mendukung bahwa lingkungan sistem mineralisasi di

daerah penelitian adalah tipe endapan epitermal sistem sulfida tinggi. Hal ini lebih diperkuat oleh pola dan tekstur mineralisasi, yang didominasi oleh *breksiasi*, *vuggy* dan

*silika masif* serta kenampakan tekstur *colloform* dan *disseminated* yang dominan.

Jenis-jenis ubahan endapan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. Tipe Endapan Daerah Bakau**

No.	Zona Ubahan	Tipe Ubahan	Mineralisasi	Pola dan Tekstur Mineralisasi
1	Kuarsa-kalsedon-pirit	Silisifikasi	Pirit, magnetit, sphalerit, limonit, hematit	Breksiasi, silika masif dan masif <i>vuggy</i> , <i>colloform</i> dan <i>disseminated</i>
2	Kuarsa-alunit-kaolinit	Advance argillik	Pirit, sphalerit, galena	Silika <i>vuggy</i> , urat dan <i>disseminated</i>
3	Alunit-kuarsa-pyrophillit-dickit-lempung	Intermediet argillik temperatur tinggi	Pirit, limonit, hematit, magnetit	Beraksiasi banded, tektur pengisian dan <i>colloform</i>
4	Kaolinit-kuarsa-halloysit-illit-smectit-lempung	Intermediet argillik temperatur rendah	Pirit magnetit	Breksiasi
5	Klorit-epidot-kalsit-smectit-lempung	Propilitik	Pirit, kalkopirit, arsenopirit, galena, sphalerit	Urat halus dan <i>disseminated</i>

Sumber: Majalah Geologi Indonesia, Vol.27 No.3 Desember 2012:143-157

#### 4. METODE PENELITIAN

##### Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data peledakan dilakukan di awal *shift* pada setiap blok peledakan, lalu dilanjutkan dengan pengambilan data pemuatan (*loading*) alat gali muat di blok peledakan yang telah diamati sebelumnya (Gambar 2 dan 3). Data penelitian yang

diamati dapat dilihat pada Tabel 2.

##### Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan meliputi perhitungan fragmentasi peledakan dan digging rate serta produktivitas alat gali muat pada blok peledakan.

Perhitungan fragmentasi menggunakan metode Kuz-Ram (1973), C.V.B. Cunningham

(2005), dan *image analysis* dengan *split desktop*. Perhitungan fragmentasi menurut C.V.B Cunningham (2005) merupakan modifikasi dari Kuz-Ram (1973) dengan memasukkan beberapa parameter tambahan untuk mengontrol fragmentasi diantaranya faktor koreksi terhadap batuan ( $c(A)$ ), faktor koreksi terhadap indeks keseragaman ( $c(n)$ ), serta pengaruh delay peledakan yang digunakan ( $A_t$ ).

### Metode Kuz-Ram (1973)

#### Fragmentasi Rata-Rata ( $X_m$ )

$$X_m = A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0.8} \times Q^{0.167} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{0.163}$$

#### Indeks Keseragaman ( $n$ )

$$n = \left(2.2 - 14 \frac{B}{De}\right) \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(\frac{1 + \frac{S}{B}}{2}\right)^{0.5} \times \frac{L}{H}$$

#### Perhitungan Jumlah Boulder

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

### Metode C.V.B. Cunningham (2005)

#### Fragmentasi Rata-Rata ( $X_m$ )

$$X_m = A \times A_t \times K^{-0.8} \times Q^{\frac{1}{6}} \times \frac{115^{19/20}}{RWS} \times c(A)$$

#### Indeks Keseragaman ( $n$ )

$$n = n_s \times \sqrt{2 - 30 \frac{B}{De}} \times \frac{\sqrt{1 + \frac{S}{B}}}{2} \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(\frac{L}{H}\right)^{0.3} \times c(n)$$

Dengan:

$X_m$  = Ukuran rata-rata fragmentasi

$A$  = Faktor batuan

$A_t$  = *Timing factor*

$K$  = *Powder factor*

$Q$  = Jumlah *explosive* per lubang

$RWS$  = *Relative Weight Strength* handak

$c(A)$  = Faktor koreksi

$R_x$  = Persentase material yang tertahan pada ayakan (%)

$X$  = Ukuran ayakan (cm)

$n$  = Indeks keseragaman

$B$  = *Burden*

$d$  = Diameter bahan peledak (mm)

$W$  = Standar deviasi dari keakuratan pemboran (m)

$L$  = Panjang isian (m)

$H$  = Tinggi jenjang (m)

$C(n)$  = Faktor koreksi

Perhitungan *digging rate* berdasarkan data *digging time*, *cycle time*, kapasitas *bucket*, dan faktor pengisian *bucket* dengan rumusan sebagai berikut:

$$Digging Rate = \frac{BC \times BFF \times 3600}{CT}$$



Dengan:

BC = *Bucket Capacity* (m<sup>3</sup>)

BFF = *Bucket Fill Factor*

CT = *Cycle Time*

### **Tahap Analisis Data**

Analisis data menggunakan analisis statistik dan perhitungan revisi geometri peledakan menurut R.L. Ash (1967) dan C.J. Konya (1991).

#### **R.L. Ash (1967)**

R.L. Ash (1967) membuat pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh di berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda. Sehingga R.L. Ash berhasil mengajukan empirik yang digunakan sebagai pedoman dalam rancangan awal peledakan batuan. Faktor koreksi untuk geometri ini adalah kesesuaian terhadap batuan standar dan bahan peledak standar

#### **C.J. Konya (1991)**

Perhitungan geometri peledakan C.J. Konya (1991) tidak hanya mempertimbangkan

faktor bahan peledak, sifat batuan, dan diameter lubang ledak tetapi juga faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan, keadaan struktur geologi, serta koreksi terhadap jumlah lubang ledak yang diledakkan. Faktor terpenting untuk dikoreksi menurut C.J. Konya (1991) adalah masalah penentuan besarnya nilai *burden*.

### **Analisis Statistik**

Analisis regresi digunakan untuk memberikan penjelasan hubungan antara dua jenis variabel atau lebih yaitu hubungan antara variabel dependen atau variabel kriteria dengan variabel independen atau variabel prediktor.

Analisis hubungan antara dua variabel disebut sebagai analisis regresi sederhana jika hanya melibatkan satu variabel independen. Hubungan antara variabel dependen (Y) dengan variabel independen (X) dituliskan dalam model linier umum (Hastono, 2006):

$$Y = i + Xi$$

Dengan:

Y = Variabel Dependen

$X_i$  = Variabel Independen

$i$  = Intercept

Regresi linier berganda adalah analisis regresi yang menjelaskan hubungan antara peubah respon (*variable dependen*) dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu *predictor* (*variabel independen*). Regresi linier berganda hampir sama dengan regresi linier sederhana, hanya

saja pada regresi linier berganda variabel bebasnya lebih dari satu variabel penduga (Hastono, 2006). Secara umum model regresi linier berganda untuk populasi adalah sebagai berikut:

$$Y' = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k$$

Dengan:  $i = 1, 2, \dots, n$ ,

$k$  = variabel bebas, yaitu  $X_1, \dots, X_k$ .

**Tabel 2. Data Hasil Pengamatan *Pit* Durian Barat dan *Pit* South Osela**

BLOK	% Deviasi Hole Depth	% Deviasi Stemming Depth	Digging Time (s)	Cycle Time (s)	BLOK	% Deviasi Hole Depth	% Deviasi Stemming Depth	Digging Time (s)	Cycle Time (s)
DUR_695AM	15,55	18,41	9	19	SOS_695A	15,79	10,00	8	20
DUR_695AN	7,66	0,30	8	17	SOS_695C	8,19	14,04	8	20
DUR_695AO	8,96	20,44	8	18	SOS_695E	11,95	10,45	7	16
DUR_700BD	10,315	6,05	8	17	SOS_700A	10,58	13,47	6	16
DUR_700BF	8,102	11,01	9	20	SOS_700D	3,36	1,88	8	19
DUR_700BG	11,049	11,48	8	19	SOS_705E	7,9	9,09	7	17
DUR_705BE	15,34		9	20	SOS_710H	7,07	5,09	8	18
DUR_705BH	8,65		9	19					
<b>Rata-Rata</b>	<b>10,70</b>	<b>11,28</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>Rata-Rata</b>	<b>9,26</b>	<b>9,15</b>	<b>7</b>	<b>18</b>



**Gambar 3. Ukuran Fragmentasi Peledakan Ore *Pit* South Osela (Kiri), *Pit* Durian Barat (Kanan)**



**Gambar 4. Kegiatan *Digging* Material Hasil Peledakan**

## **5. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Efisiensi Kegiatan Peledakan Aktual terhadap Plan PT JRBM**

Efisiensi dari kegiatan peledakan dilakukan pada monitoring kedalaman lubang ledak dan *stemming* aktual. Dari data di lapangan didapatkan efisiensi dari kegiatan pemboran pada target pencapaian kedalaman lubang ledak adalah 89,30 % pada *Pit* Durian Barat dan 90,81 % pada *Pit South* Osela. Dari data terlihat bahwa rata-rata pada setiap lubang terjadi deviasi sebesar 0,6 m.

Sementara pada monitoring kedalaman *stemming* aktual terlihat efisiensinya sebesar 88,72 % pada *Pit* Durian Barat dan 88,91 % pada *Pit South* Osela,

sehingga rata-rata deviasi kedalaman *stemming* sebesar 0,23 m/lubang pada *Pit* Durian Barat dan 0,26 m/lubang pada *Pit South* Osela.

### **Fragmentasi Peledakan**

Perhitungan fragmentasi peledakan menggunakan tiga metode diantaranya menurut teori Kuz-Ram, modifikasi Kuz-Ram oleh C.V.B. Cunningham (2005), serta perhitungan aktual dengan *split desktop*. Dari ketiga metode tersebut terlihat bahwa fragmentasi secara aktual dengan *split desktop* menunjukkan kemiripan dengan perhitungan teoritis dari C.V.B. Cunningham (2005) pada *Pit* Durian Barat dan *Pit South*

Osela. Dari perhitungan tersebut persentase *boulder* berkisar antara 5-7 %, seperti pada Tabel 3.

### ***Digging Time, Digging Rate, dan Produktivitas Alat Gali Muat***

Data *digging time* yang diamati pada blok peledakan secara rata-rata adalah 9 detik pada *Pit Durian Barat* dan 8 detik pada *Pit South Osela*. Nilai *digging rate* yang dapat dicapai adalah 611 bcm/jam dengan produktivitasnya

570 bcm/jam pada *Pit Durian Barat*.

Sementara pada *Pit South Osela digging rate* yang dapat dicapai adalah 623 bcm/jam dengan produktivitasnya 549 bcm/jam (Tabel 4). Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa target produktivitas sebesar 700 bcm/jam belum tercapai. Ketercapaian target produktivitas adalah 81,43 % pada *Pit Durian Barat* dan 78,43 % pada *Pit South Osela*.

**Tabel 3. Perbandingan Jumlah Boulder Hasil Peledakan**

Blok Peledakan	Kuz-Ram	Cunningham (R50)			Split Deks.	Blok Peledakan	Kuz-Ram	Cunningham (R50)			Split Deks.
	R50	17 ms	25 ms	42 ms	R50		R50	17 ms	25 ms	42 ms	R50
DUR_695AM	5,6	8,7	10,0	9,5	4,8	SOS_695C	5,7	7,3	8,2	7,8	6,4
DUR_695AN	5,0	9,9	11,4	11,0	7,1	SOS_700A	4,9	10,8	12,6	12,2	7,8
DUR_695AO	5,8	7,2	8,0	7,7	6,6	SOS_700D	5,7	7,1	8,0	7,7	10,1
DUR_700BD	4,9	6,6	7,3	7,0	7,1	SOS_705E	5,6	7,5	8,5	8,2	7,0
DUR_700BF	5,8	6,6	7,4	7,0	10,5	SOS_695A	5,7	5,7	6,2	5,9	4,6
DUR_700BG	5,0	6,5	7,2	6,8	10,8	SOS_695E	4,8	6,7	7,4	7,2	5,5
DUR_705BE	4,5	6,6	7,3	7,0	4,9	SOS_710H	4,7	7,2	8,0	7,7	6,2
DUR_705BH	5,2	6,4	7,2	6,8	4,0						
<b>Rata-Rata</b>	<b>5,2</b>	<b>7,3</b>	<b>8,2</b>	<b>7,9</b>	<b>7,0</b>	<b>Rata-Rata</b>	<b>5,3</b>	<b>7,5</b>	<b>8,4</b>	<b>8,1</b>	<b>6,8</b>

**Tabel 4. Digging Rate dan Produktivitas Alat Gali Muat**

BLOK	CT (s)	DR (bcm/jam)	Productivity (bcm/jam)	Blok Peledakan	CT (s)	DR (bcm/jam)	Productivity (bcm/jam)
DUR_695AM	19	597	548	SOS_695A	20	567	530
DUR_695AN	17	667	607	SOS_695C	20	567	524
DUR_695AO	18	630	564	SOS_695E	16	709	595
DUR_700BD	17	667	610	SOS_700A	16	709	608
DUR_700BF	20	567	536	SOS_700C	19	597	540
DUR_700BG	19	597	558	SOS_700D	17	667	558
DUR_705BE	20	567	550	SOS_705E	18	630	536
DUR_705BH	19	597	560	SOS_710H	21	540	538
<b>Rata-Rata</b>	<b>19</b>	<b>611</b>	<b>567</b>	<b>Rata-Rata</b>	<b>18</b>	<b>623</b>	<b>554</b>

## Pemodelan Statistik Hubungan Geometri Peledakan terhadap Fragmentasi dan *Diggability* Alat Gali Muat

### a. Analisis *Bivariate*

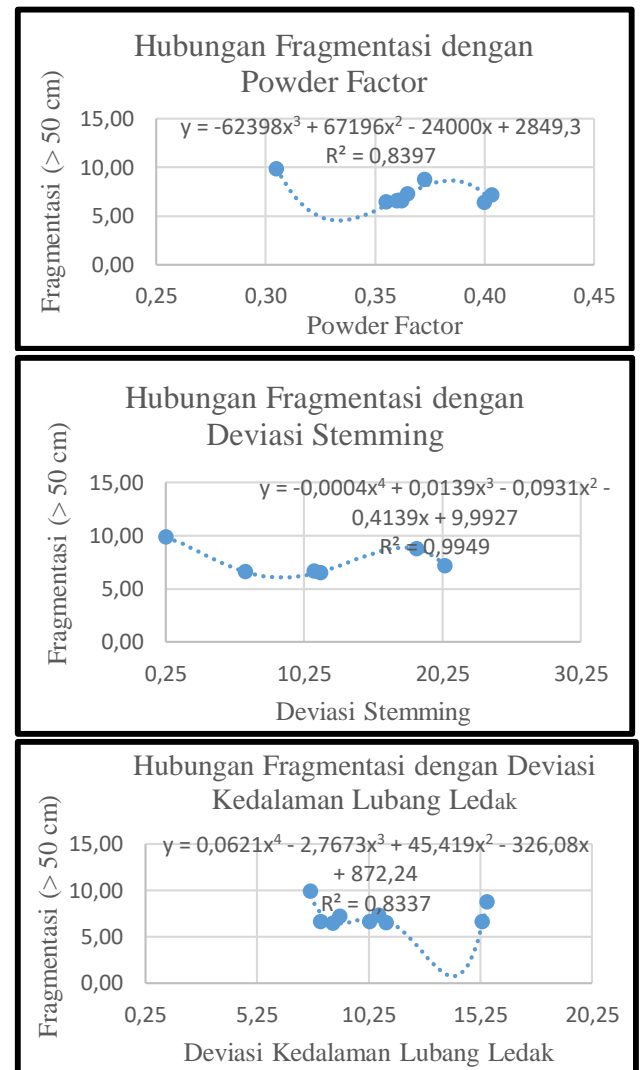
Analisis statistik *bivariate* dilakukan untuk melihat parameter yang memiliki hubungan yang lebih kuat dengan fragmentasi dan produktivitas peledakan.

Parameter yang memiliki pengaruh terhadap fragmentasi dalam penelitian ini adalah nilai *powder factor* serta persentase deviasi kedalaman lubang ledak dan *stemming*. Sementara produktivitas peledakan dipengaruhi oleh ukuran fragmentasi, *digging time*, *cycle time*, dan *digging rate* alat gali muat.

Hubungan statistik antar beberapa variabel di atas dilihat melalui analisis regresi sederhana dengan uji coba model linier, eksponensial, logaritma, dan polinomial. Dari uji coba tersebut didapatkan hubungan statistik yang memiliki nilai koefisien korelasi dan  $R^2$  terbesar pada model polinomial.

## Hubungan Fragmentasi Peledakan dengan *Powder Factor* serta Persentase Deviasi Kedalaman Lubang Ledak dan *Stemming*

Hubungan fragmentasi peledakan dengan *powder factor* serta persentase deviasi kedalaman lubang ledak dan *stemming* seperti dijelaskan pada Gambar 5.



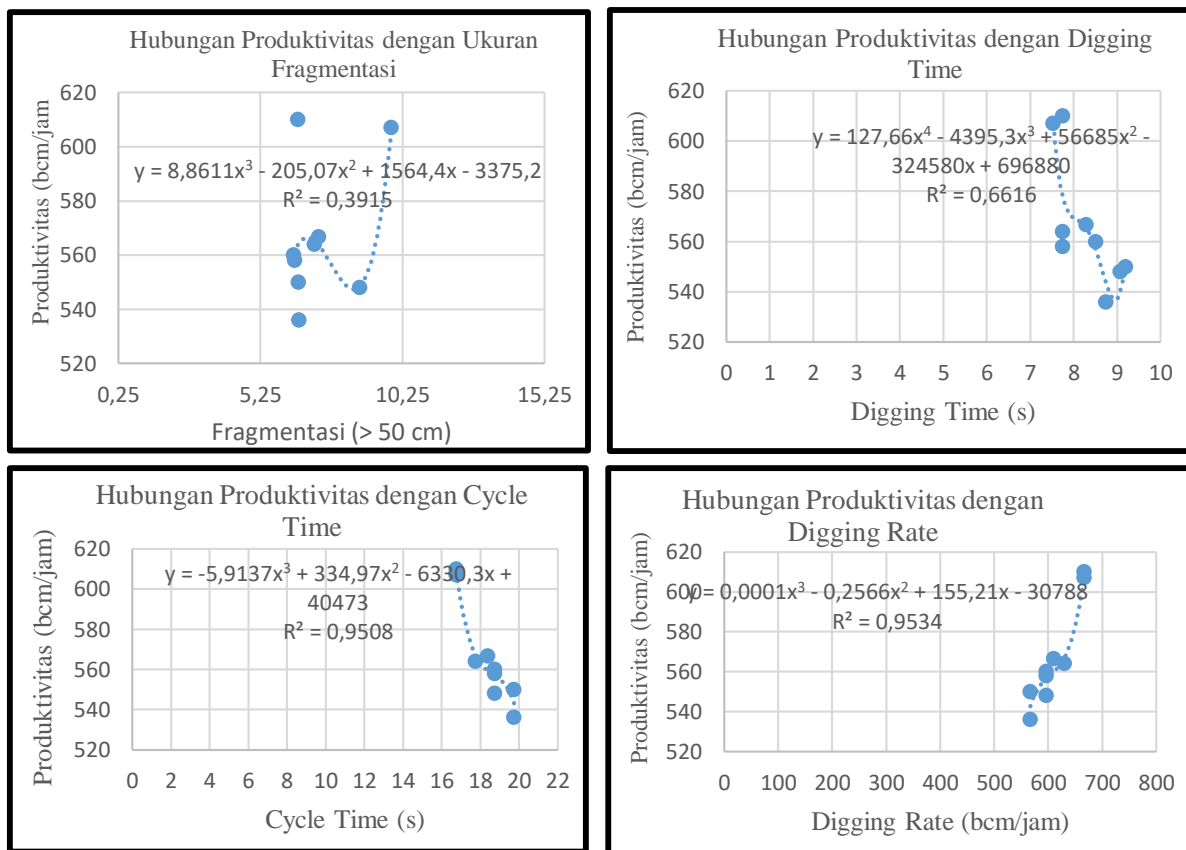
**Gambar 5.** Analisis *Bivariate* Hubungan Fragmentasi (> 50 cm) terhadap *Powder Factor* serta Persentase Deviasi Kedalaman Lubang Ledak dan *Stemming*

Dari Gambar 3 terlihat bahwa parameter yang memiliki hubungan yang lebih kuat terhadap fragmentasi peledakan adalah persentase deviasi *stemming* dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,977 dan  $R^2$  sebesar 0,995.

**Hubungan Produktivitas dengan Ukuran Fragmentasi, Digging Time, Cycle Time, serta Digging Rate Alat Gali Muat**

Hubungan Produktivitas dengan Ukuran Fragmentasi, *Digging Time*, *Cycle Time*, serta *Digging Rate* Alat Gali Muat dijelaskan pada

Gambar 6. Dari Gambar 6 terlihat bahwa parameter yang memiliki hubungan yang lebih kuat dengan produktivitas adalah *digging rate* alat gali muat dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,976 dan  $R^2$  sebesar 0,9534. Sementara parameter yang memiliki hubungan yang paling lemah adalah ukuran fragmentasi peledakan dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,6256 dan  $R^2$  sebesar 0,3915.



**Gambar 6. Analisis Bivariate Hubungan Produktifitas dengan Ukuran Fragmentasi Peledakan, Digging Time, Cycle Time, dan Digging Rate Alat Gali Muat**

## **b. Analisis Statistik Multivariat**

Hubungan geometri peledakan terhadap fragmentasi dan *diggability* perlu diketahui untuk melihat besarnya pengaruh antara variabel-variabel tersebut. Untuk menyatakan hubungan antar beberapa variabel maka perlu dicari sebuah persamaan yang mewakili data-data tersebut.

### **Hubungan PF serta Persentase Deviasi Kedalaman Lubang Ledak dan Stemming terhadap Fragmentasi Boulder Peledakan**

Hasil analisis menggambarkan secara umum nilai korelasi pada hubungan antara PF serta persentase deviasi kedalaman lubang ledak dan *stemming* terhadap fragmentasi yaitu sebesar 0,906 pada *Pit* Durian Barat dengan nilai  $R^2$  sebesar 82 %, sedangkan pada *Pit South* Osela nilai korelasi sebesar 0,813 dan nilai  $R^2$  sebesar 66,1 %. Sementara dari hasil uji hipotesis terlihat bahwa pada *Pit* Durian Barat hipotesis diterima sebesar 87,8 % dan *Pit South* Osela 81,1 %.

### **Hubungan Fragmentasi Peledakan, Digging Time, Cycle Time, dan Digging Rate terhadap Produktivitas Alat Gali Muat**

Dari analisis data yang dilakukan didapatkan

nilai korelasi pada hubungan antara fragmentasi peledakan, *digging time*, *cycle time*, dan *digging rate* terhadap produktivitas alat gali muat sebesar 0,992 dengan nilai  $R^2$  sebesar 96,70 % pada *Pit* Durian Barat. Sementara pada *Pit South* Osela nilai korelasinya sebesar 0,984 dengan  $R^2$  sebesar 96,90 %. Selain itu pada uji hipotesis terlihat pada *Pit* Durian Barat hipotesis diterima sebesar 99,99 % dan pada *Pit South* Osela sebesar 98,70 %.

### **Model Persamaan Regresi Linier Berganda dari Hubungan PF, Persentase Deviasi Kedalaman Lubang Ledak dan Stemming terhadap Fragmentasi (> 50 cm)**

#### **a. Pit Durian Barat**

$$Y = -12,098 X_1 - 0,098 X_2 + 0,106 X_3 + 9,505$$

#### **b. Pit South Osela**

$$Y = 6,457 X_1 + 0,002 X_2 + 0,12 X_3 + 2,714$$

Dengan:

$Y$  = Fragmentasi Peledakan

$X_1$  = Powder Factor

$X_2$  = Persentase Deviasi *Hole Depth*

$X_3$  = Persentase Deviasi *Stemming*

Dari persamaan yang didapatkan melalui pemodelan regresi linier berganda di atas, apabila persamaan diuji menggunakan data awal hasil pengamatan maka dapat dilihat perbedaan (*error*) antara data awal dengan data model adalah 10,01 % untuk *Pit Durian Barat* dan 15,87 % untuk *Pit South Osela*.

**Model Regresi Linier Berganda dari Hubungan Fragmentasi Peledakan, *Digging Time*, *Cycle Time*, *Digging Rate* terhadap Produktivitas Alat Gali Muat**

**a. *Pit Durian Barat***

$$Y = -16,751 X_1 + 2,03 X_2 + 5,51 X_3 + 0,803 X_4 + 43,266$$

**b. *Pit South Osela***

$$Y = 3,284 X_1 - 7,54 X_2 + 79,08 X_3 + 2,65 X_4 - 2493,98$$

Dengan: Y = Produktivitas, X1 = Fragmentasi

X2 = *Digging Time* X3 = *Cycle Time*

X4 = *Digging Rate*

Dari persamaan yang didapatkan melalui pemodelan regresi linier berganda di atas, apabila persamaan diuji menggunakan data awal hasil pengamatan maka dapat dilihat persentase perbedaan (*error*) antara data awal dengan data model adalah 2,94 % untuk *Pit Durian Barat* 3,49 % untuk *Pit South Osela*.

Model regresi tersebut telah memenuhi persyaratan pada uji asumsi untuk model regresi linier berganda diantaranya uji asumsi eksistensi, asumsi independensi, asumsi linieritas, asumsi *homoscedascity*, asumsi normalitas, dan *diagnostic multicolinearity*.

**Variabel yang Paling Berpengaruh terhadap Produktivitas Alat Gali Muat**

Prediksi variabel yang paling berpengaruh terhadap produktivitas alat gali muat dapat dilihat melalui koefisien beta yang telah distandardisasi pada uji statistik *multivariate*. Besarnya nilai koefisien beta tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Koefisien Beta pada Uji Statistik *Multivariate***

Parameter	Pit Durian Barat	Pit South Osela
Fragmentasi	-0,288	0,154
<i>Digging Time</i>	0,42	-0,075
<i>Cycle Time</i>	0,242	5,586
<i>Digging Rate</i>	1,173	6,440

**Estimasi Model Optimum untuk Menentukan Kondisi Ideal Hubungan Kegiatan Peledakan dengan *Diggability* untuk Memenuhi Target Produktivitas Alat Gali Muat**

Target produktivitas yang harus



dicapai di PT JRBM adalah 700 bcm/jam. Untuk mendapatkan target tersebut maka dilakukan estimasi menggunakan persamaan regresi linier berganda yang telah didapatkan dari pemodelan *multivariate* pada 6 kombinasi data. Kombinasi data tersebut meliputi data persentase fragmentasi berukuran *boulder* (3-8 %), *digging time* (6-11 detik), *cycle time* (14-19 detik), dan *digging rate* (600-850 bcm/jam). *Range* data ini disusun berdasarkan distribusi data hasil pengamatan yang dilakukan pada blok peledakan.

Perhitungan produktivitas dilakukan dengan *trial and error* pada pasangan kombinasi data di atas, yang masing-masingnya terdiri dari 215 pasangan data sehingga menghasilkan 1.290 data produktivitas. Dari data-data tersebut maka didapatkan titik optimum yang menunjukkan kondisi ideal pada kombinasi data seperti pada Tabel 6.

Titik optimum ini didapatkan pada nilai produktivitas yang mendekati nilai 718

bcm/jam pada *Pit Durian Barat* dan 728 bcm/jam pada *Pit South Osela*. Nilai produktivitas tersebut diasumsikan dari nilai produktivitas yang telah diakumulasi dengan persentase *error* dari persamaan model regresi di atas.

**Tabel 6. Titik Optimum dari Kombinasi Data Produktivitas**

Variabel	Pit	
	Durian Barat	South Osela
Fragmentasi (%)	3	3
Digging Time (s)	7	6
Cycle Time (s)	15	14
Digging Rate (bcm/jam)	750	800
<b>Produktivitas (bcm/jam)</b>	718	730

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa pada *Pit Durian Barat* kombinasi yang baik adalah jumlah persentase *boulder* 3 %, *digging time* 7 detik, *cycle time* 15 detik, dan *digging rate* 750 bcm/jam. Sementara pada *Pit South Osela* kombinasi yang baik adalah jumlah persentase *boulder* 3 % *digging time* 6 detik, *cycle time* 14 detik, dan *digging rate* 800 bcm/jam.

### **Revisi Geometri Peledakan Menurut Teori R.L. Ash dan C.J. Konya**

Perhitungan geometri peledakan dapat dilihat

pada Tabel 7.

**Tabel 7. Perhitungan Geometri Peledakan Menurut R.L. Ash dan C.J. Konya**

No	Parameter	Geometri Peledakan					
		JRBM		R.L. Ash		C.J. Konya	
		Dur_Bar	SOS	Dur_Bar	SOS	Dur_Bar	SOS
1	Burden	3	3	3,7	3,8	2,7	2,8
2	Spasi	4,5	4	3,7	3,8	3	3
3	Stemming	2,2	2,2	2,6	2,7	1,9	2
4	Subdrilling	0,2	0,2	0,7	0,8	0,8	0,8
5	Kedalaman Lubang	5,2	5,2	5,6	5,7	5,8	5,8
6	Panjang Kolom Isian	3	3	3	3	3,9	3,8
7	Powder Factor	<b>0,36</b>	<b>0,38</b>	<b>0,30</b>	<b>0,28</b>	<b>0,55</b>	<b>0,53</b>
<b>Perhitungan Fragmentasi Peledakan Berukuran Boulder (%)</b>							
<b>1</b>	<b>C.V.B. Cunningham</b>						
<b>Delay 17 ms</b>							
	Fragmentasi Rata-Rata (Xm)	13,52	12,74	14,5	14,7	12,15	12,36
	Persentase Boulder (R50)	<b>7,31</b>	<b>7,46</b>	<b>8,74</b>	<b>7,26</b>	<b>3,05</b>	<b>3,10</b>
<b>Delay 25 ms</b>							
	Fragmentasi Rata-Rata (Xm)	13,90	13,08	14,94	15,13	12,68	12,78
	Persentase Boulder (R50)	<b>8,22</b>	<b>8,42</b>	<b>8,96</b>	<b>8,22</b>	<b>3,2</b>	<b>3,32</b>
<b>Delay 42 ms</b>							
	Fragmentasi Rata-Rata (Xm)	16	15,5	17,39	17,56	15,13	15,44
	Persentase Boulder (R50)	<b>7,86</b>	<b>8,10</b>	<b>8,54</b>	<b>7,84</b>	<b>3,5</b>	<b>3,63</b>
<b>2</b>	<b>Split Dekstop</b>						
	Fragmentasi Rata-Rata (Xm)	16,18	15,18	-	-	-	-
	Persentase Boulder (R50)	<b>6,98</b>	<b>6,22</b>	-	-	-	-
<b>Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat Pada Blok Peledakan (bcm/jam)</b>							
<b>1</b>	<b>Digging Time</b>	9	7	7	6	7	6
	<b>Cycle Time</b>	19	18	15	14	15	14
	<b>Digging Rate</b>	611	635	750	800	750	800
	<b>Produktivitas</b>						
	Delay 17 ms	488	557	596	621	703	705
	Delay 25 ms	501	559	576	605	700	701
	Delay 42 ms	507	559	583	611	700	700

Dari Tabel 7 dijelaskan bahwa geometri peledakan yang sesuai untuk *Pit* Durian Barat adalah teori peledakan menurut C.J. Konya

karena menghasilkan persentase *boulder* yang lebih kecil yaitu 3,05 % menurut Cunningham dengan *delay* 17 ms, 3,2 %

dengan *delay* 25 ms, dan 3,5 % dengan *delay* 42 ms. Sementara pada *Pit South Osela* geometri peledakan yang sesuai juga teori peledakan menurut C.J. Konya karena menghasilkan persentase *boulder* yang lebih kecil yaitu 3,10 % menurut Cunningham dengan *delay* 17 ms, 3,32 % dengan *delay* 25 ms, 3,63 % dengan *delay* 42 ms.

Dengan dilakukannya revisi terhadap analisis geometri peledakan menurut C.J. Konya, pada perhitungan fragmentasi dengan C.V.B. Cunningham menunjukkan produktivitas yang dicapai adalah 703 bcm/jam pada *delay* 17 ms, 700 bcm/jam pada *delay* 25 ms dan 42 ms pada *Pit Durian Barat*. Sedangkan pada *Pit South Osela* 705 bcm/jam pada *delay* 17 ms, dan 701 bcm/jam pada *delay* 25 ms dan 700 bcm/jam pada *delay* 42 ms.

Besarnya kenaikan nilai produktivitas alat gali muat bila dilakukan revisi geometri adalah 215 bcm/jam pada *delay* 17 ms, 199 bcm/jam pada *delay* 25 ms, dan 193 bcm/jam pada *delay* 42 ms di *Pit Durian Barat*,

sedangkan pada *Pit South Osela* sebesar 148 bcm/jam pada *delay* 17 ms, dan 143 bcm/jam pada *delay* 25 ms dan 141 bcm/jam pada *delay* 42 ms. Dengan demikian bila dilakukan revisi geometri peledakan dengan teori C.J. Konya maka target produktivitas *ore* di *Pit Durian Barat* dan *Pit South Osela* dapat tercapai.

## 6. KESIMPULAN

- a. Untuk mencapai target produktivitas *ore* sebesar 700 bcm/jam maka:
  1. Jumlah fragmentasi berukuran *boulder* (> 50 cm) adalah 3 %
  2. *Digging time* dari alat gali muat adalah 6 s.d. 7 detik
  3. *Cycle time* alat gali muat adalah 14 s.d. 15 detik
  4. *Digging rate* alat gali muat 750 s.d. 800 bcm/jam
- b. Untuk memenuhi target fragmentasi berukuran *boulder* sebesar 3 % maka perlu dilakukan revisi geometri peledakan menurut teori C.J. Konya (1991) dengan penambahan *powder factor* sebesar 0,19

Kg/bcm pada Pit Durian Barat dan 0,15  
Kg/bcm pada *Pit South Osela*

## 7. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada PT J Resources  
Bolaang Mongondow Sulawesi Utara,  
Jurusan Teknik Pertambangan Universitas  
Negeri Padang, serta rekan-rekan yang telah  
banyak berkontribusi dalam penelitian ini

## 8. DAFTAR PUSTAKA

Adebayo, B dan Mutandwa, B. 2008.  
*Correlation of Blast-hole Deviation and Area  
of Block with Fragment Size and  
Fragmentation Cost*. International Research  
Journal of Engineering and Technology  
(IRJET) e-ISSN: 2395-0056 p-ISSN: 2395-  
0072

Ash, R.L. 1967. *Design of Blasting Round,  
"Surface Mining"*, B.A. Kennedy, Editor,  
*Society for Mining, Metallurgy, and  
Exploration*, pp. 565-584

Balkema. 1995. *Drilling and Blasting Of  
Rocks*. Spain: Estudios Y Proyectus Mineros,  
S.A.

Bhandari, Sushil. 1997. *Engineering Rock  
Blasting Operation*. India: Department Of  
Mine Engineer J.N.V University Jodhpur

Carlie, J.C. et al. 1996. *Geological Setting,  
Characteristic and Regional Exploration for  
Gold in the Volcanic of North Sulawesi,  
Indonesia*. *Journal of Geochemical  
Exploration* 35, p. 105-140.

Craig, J.R. and Vaughen D.J. 1981. *Ore  
Microscope and Ore Petrography*. Newyork

Cunningham, C.V.B. 2005. *The Kuz-Ram  
Fragmentation Model-20 Years on*. South  
Africa. Brighton Conference Proceeding, R.  
Holmberg et al, ISBN 0-9550290-007

Diantoro. 2010. *Emas: Investasi dan  
Pengolahannya (Pengolahan Emas Skala  
Home Industry)*. PT Gramedia Pustaka  
Utama: Jakarta.

Dyno Nobel. 2011. *Blasting and Explosives  
Quick Reference Guide*. Africa: Dyno Nobel  
Asia Pasifik Pty Limited

E. Lopez Jimeno. 1995. *Drilling and Blasting  
of Rock*. E Studios Y Proyectos Mineros, SA:  
Madison Ave Newyork, NY 10016

Engin, I.C. 2009. *A Practical Method Of  
Bench Blasting Design For Desired  
Fragmentation Based ON Digital Image  
Processing Technique and Kuz-Ram Model*.  
Turkey: Afyon Kocatepe University

Gokhale, B.V. dkk. 2011. *Rotary Drilling and  
Blasting*. India: CRC Press Balkema

Hardjana, Iip. 2012. *The Discovery, Geology,  
and Exploration of the High Sulphidation Au-  
Mineralization System In Bakan District,  
North Sulawesi*. *Majalah Geologi Indonesia*  
Vol. 27 N0. 3 Desember 2012: 143-157

Hastono, Susanto Priyo. 2006. *Analisis Data  
SPSS*. Jakarta: Universitas Indonesia

Heald, P. Foley, N.K. and Hayba, D.O. 1987.  
*Comparative Anatomy of Volcanic-Hosted  
Epithermal Deposit: Acid Sulfate and Adularia  
Sericit types*. *Econ Geology*

- Hoa, Pham Van. 2013. *Design The Blast In Low Benches and Some Practical Application In Vietnam. Asean Forum On Clean Coal Technology November 11-13 2013 Thailand*
- Hustrulid, William. 1999. *Blasting Principal For Open Pit Mining*. Vol. 1. USA: Collorado School Of Mines Golden
- Kavalieris, I. Van Leeuwen, T.M. and Wilson, M. 1992. *Geological Setting and Style of Mineralisation, North Arm of Sulawesi Indonesia. Journal of SE Asian Earth Science*, 7 (2/3), p. 113-130
- Khourzoughi, and Hall Robert. 2016. *A study Of Digging Productivity Of an Electrical Rope Shovel For Different Operator*. Canada: Journals Mineral MDPI Published 25 May 2016
- Konya, C.J. dkk. 1991. *Rock Blasting and Overbreak Control*. Virginia: US Department Of Transportation
- Kuznetsov, V.M. 1973. *The Mean Diameter of Fragments Formed by Blasting Rock J.Min Sci* ; 9 pp. 144-148
- Lindgren, W. 1993. *Mineral Deposit*, 4<sup>rd</sup> ed: Newyork, Mc Graw-Hill p. 930
- Morques De Sa JP. 2012. *Applied Statistic Using SPSS, Statistica, Matlab, and R*. 2<sup>nd</sup> edition. Springer: Berlin
- Munawir, dkk. 2015. *Analisa Geometri Peledakan terhadap Ukura Fragmentasi Overburden pada Tambang Batubara PT Pama Persada Nusantara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan. Jurnal Geomine April 2015*
- Pearson, D.F. and Cairn, N.M. 1992. *The Geology and Metallogeny of Central North Sulawesi-Indonesia. In PACRIM'99 Congress Australian Institute of Mining and Metallurgy*. 4/99 p. 311-326
- Pirajno, F. 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist*, viii + pp. 709. Berlin
- Schmidt, H. 1950. *Origin of the "Epitermal". Economy Geology*. 45 p. 191-201
- Susanti, Reni dan Cahyadi, Tedi Agung. 2011. *Kajian Teknis Operasi Peledakan untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab. Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Seminar Nasional Kebumihan 2011*
- Rochman Hadi. 1992. *Alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum YBPPU: Jakarta
- Tim IWPL. 1996. *Supervisory Teknik Peledakan Diklat Angkatan IV Karimun Granite Riau*: Bandung
- Van Leeuwen, T.M., Muhadjo. 2005. *Stratigraphic and Tectonic Setting of the Cretaceous and Paleogene Volcanic-Sedimentary Succession in North Sulawesi Indonesia: Implication for the Cenezoic Evolution of Western and Northern Sulawesi. Journal of Asian Earth Science* 25, 481-511

