

EVALUASI DESAIN GEOMETRI PELEDAKAN TERHADAP *PAYLOAD* BUCKET UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT PC4000 CLASS

Rizqi Nishpuanis Sofyan¹, Uyu Saismana², Romla Noor Hakim²,
Aldi Ade Rakhmawan³, Yuniar Siska Novianti²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

² Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

³ PT. Saptaindra Sejati Jobsite PT. Adaro Indonesia

e-mail: *Rizqinishpu@gmail.com

ABSTRAK

Pada kegiatan penambangan, peledakan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk pembongkaran material. Ukuran keberhasilan peledakan dapat dilihat dari angka jumlah muatan *payload* (*bucket fill factor*) dan produktivitas alat gali muat. Selama penelitian diperoleh bahwa hasil peledakan di pit *North* Tutupan belum mencapai target yang ditetapkan perusahaan. Hal tersebut dilatarbelakangi oleh pembatasan muatan bahan peledak oleh PT. Adaro Indonesia selaku *owner* dan lokasi peledakan terdiri dari batuan yang bersifat heterogen, sehingga dengan dilakukannya pembatasan muatan bahan peledak belum mampu menghasilkan energi ledak yang optimal.

Dalam mengkaji hasil kegiatan peledakan, angka produktivitas alat gali muat dapat diamati berdasarkan persentase *boulder* dan jumlah muatan yang dihasilkan, serta nilai *digging time* dalam proses penggalian material hasil peledakan. Ketercapaian nilai *digging time* sesuai standar perusahaan (≤ 12 detik), persentase *boulder* ($\leq 20\%$) dan nilai *bucket fill factor* ($\geq 70\%$) dipengaruhi oleh faktor teknis peledakan, antara lain geometri peledakan, penetapan kolom isian dan nilai *powder factor*. Memprediksi hasil peledakan yang optimal, dikaji melalui distribusi fragmentasi secara teoritis.

Upaya untuk memperoleh hasil peledakan yang lebih optimal, perlu dilakukan evaluasi dan modifikasi rancangan peledakan yang terdiri sebagai berikut. Geometri rencana (*Burden* 7 m, Spasi 9 m dan tinggi jenjang 12 m). Distribusi fragmentasi material *boulder* dihasilkan $\leq 20\%$ dengan mengoptimalkan nilai *powder factor*. Adapun untuk meningkatkan produktivitas alat gali muat dengan cara pengoptimalan *cycle time* dan perlu pengawasan terhadap tingginya *digging time*.

Kata-kata Kunci : Geometri peledakan, fragmentasi *boulder*, *digging time*, jumlah muatan *payload*, produktivitas

PENDAHULUAN

Banyak cara yang dapat dipergunakan untuk membongkar batuan atau material yang bersifat keras/kompak, tergantung dari mudah tidaknya batuan tersebut untuk dibongkar. Apabila batuan sudah tidak bisa dibongkar baik dengan alat mekanis maka alternatif lainnya yang dapat dipergunakan adalah dengan peledakan. Kegiatan peledakan atau memberaikan batuan serta pengangkutan hasil pemberaian adalah bagian terpenting dari suatu kegiatan penambangan. Material yang bersifat berai cenderung akan lebih mudah digali daripada material yang masih bersifat kompak. Begitu juga dengan ukuran butir yang melebihi luasan *bucket* akan mempengaruhi ruang kapasitas volume *bucket* yang secara otomatis akan menurunkan produktivitasnya.

Berdasarkan hasil penelitian belum memenuhi target perusahaan karena dihasilkan fragmentasi *boulder* rata-rata sebesar 36,35%, nilai *digging time* rata-rata sebesar 15,16 detik, nilai *bucket fill factor* rata-rata sebesar 60,51% dan produktivitas rata-rata sebesar 996,73 BCM/Jam. Sehingga masih perlu perbaikan dari segi geometri yang digunakan.

METODOLOGI

Kegiatan peledakan yaitu suatu upaya pemberaian batuan dari batuan induk menggunakan bahan peledak. Peledakan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan baik itu positif maupun negatif seperti untuk memenuhi tujuan politik, ideologi, keteknikan, industri dan lain-lain. Suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila :

1. Target produksi terpenuhi (dinyatakan dalam ton/hari atau ton/bulan).
 2. Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak (*powder factor*).
 3. Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15 % dari jumlah batuan yang terbongkar per peledakan).
 4. Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, retakan-retakan).
 5. Aman.
 6. Dampak terhadap lingkungan minimal.
- (Koesnaryo, 2001; 1-2)

Geometri Peledakan C. J. Konya (1972)

1. Burden (B)

Secara sistematis besarnya burden dan hubungannya dengan faktor-faktor tersebut dinyatakan sebagai berikut :

$$B = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr} \right)^{0,33} \quad (1)$$

$$B = \left(\left(\frac{2 \times SGe}{SGr} \right) + 1,50 \right) \times De \quad (2)$$

$$B = 0,67 \times De \times (St_r / SGr)^{0,33} \quad (3)$$

Keterangan :

B = burden (ft)

St_r = relative bulk strength

De = diameter lubang ledak (inchi)

SGr = berat jenis batuan dibongkar (ton/m³)

Setelah diketahui nilai burden dasarnya, maka harus dikoreksi terhadap beberapa faktor penentu, yaitu faktor jumlah baris lubang ledak (Kr), faktor posisi lapisan batuan (Kd), dan faktor kondisi dari struktur geologinya (Ks).

Secara matematis persamaan burden terkoreksi dapat ditulis :

$$B_c = B \times K_r \times K_d \times K_s \quad (4)$$

Keterangan :

B_c = burden terkoreksi (ft)

K_r = faktor koreksi terhadap jumlah baris lubang ledak

K_d = faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan

K_s = faktor koreksi terhadap struktur geologi setempat

2. Spacing (S)

Menentukan jarak spacing didasarkan pada jenis detonator listrik yang digunakan dan berapa besar perbandingan antara tinggi jenjang dan jarak burden. Bila perbandingan antara H/B lebih kecil dari 4 maka digolongkan jenjang rendah dan lebih besar dari 4 maka digolongkan jenjang tinggi (Tabel-1).

Tabel-1. Persamaan Untuk Menentukan Jarak Spacing

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

Sumber : Saptono, 2006 ; 73

3. Stemming (T)

Stemming adalah lubang ledak bagian atas yang tidak diisi bahan peledak, tetapi biasanya diisi oleh abu hasil pemboran atau material berukuran kerikil dan dipadatkan di atas bahan peledak.

Rumus untuk *Stemming*, yaitu :

$$T = 0,7 \times B \quad (5)$$

Keterangan :

T = stemming (ft)

De = diameter lubang ledak (inci)

St_v = relative bulk strength

SG_r = berat jenis batu yang akan dibongkar (ton/m³)

Ukuran material *stemming* yang optimal yaitu material yang memiliki diameter rata-rata sekitar 0.05 x diameter lubang ledak. Material harus menyudut agar bekerja dengan tepat, jika bentuknya membulat maka *stemming* tidak akan berfungsi dengan baik.

Rumus yang digunakan, antara lain :

$$SZ = 0,05 \times De \quad (6)$$

Keterangan :

SZ = ukuran material (inci)

De = diameter lubang ledak (inci)

(Konya-Edward, 1990; 135-136)

4. Subdrilling (J)

Subdrilling adalah lubang ledak yang dibor sampai melebihi batas lantai jenjang bagian bawah supaya batuan dapat meledak secara *fullpace* dan untuk menghindari kemungkinan adanya tonjolan-tonjolan (*toe*) pada lantai jenjang bagian bawah. tambahan kedalaman dari lubang tembak di bawah rencana lantai jenjang. Rumus yang dipakai untuk mencari *subdrilling*, antara lain :

$$J = 0,3 \times B \quad (7)$$

Keterangan :

J = *subdrilling* (m)

B = burden (m)

5. Tinggi Jenjang (H)

Secara praktis hubungan diantara kedalaman lubang bor dengan ketinggian jenjang dapat ditentukan persamaan, antara lain :

$$H = L - J \quad (8)$$

Keterangan :

H = tinggi jenjang (m)

L = kedalaman lubang ledak (m)

J = *subdrilling* (m)

6. Kedalaman lubang ledak (L)

Kedalaman lubang ledak tidak boleh lebih kecil dari ukuran *burden* untuk menghindari terjadinya *overbreaks* dan *cratering*. biasanya ditentukan berdasarkan kapasitas produksi yang diinginkan dan kapasitas dari alat muat. Untuk menentukan kedalaman lubang ledak digunakan rumus, yaitu :

$$L = \frac{(H + J)}{\sin \alpha} \quad (9)$$

Keterangan :

L = kedalaman lubang ledak (m)

H = tinggi jenjang (m)

J = *subdrilling* (m)

α = sudut kemiringan lubang ledak yang diinginkan

7. Powder Column (PC)

Powder column adalah panjang lubang isian pada lubang ledak yang akan diisi bahan peledak. Rumus untuk menghitung besar *powder column*, antara lain :

$$PC = L - T \quad (10)$$

Keterangan :

PC = panjang *Powder Colom* (m)

L = kedalaman lubang ledak (m)

T = stemming (m)

8. Loading Density (de)

Loading density adalah jumlah isian bahan peledak per meter panjang kolom isian. Perhitungan jumlah *loading density*, yaitu :

$$de = 0,34 \times (SG) \times De^2 \quad (11)$$

Keterangan :

de = *loading density* (kg/m)

De = diameter lubang ledak (inci)

SG = berat jenis bahan peledak (gr/cc)

9. Jumlah bahan peledak dalam satu lubang ledak (E)

Jumlah bahan peledak adalah jumlah isian bahan peledak sepanjang kolom isian. Perhitungan jumlah bahan peledak, yaitu :

$$E = PC \times de \quad (12)$$

Keterangan :

de = *loading density* (kg/m)

PC = Panjang *Powder Colom* (m)

10. Powder Factor (PF)

Powder factor (PF) adalah suatu bilangan untuk menyatakan perbandingan antara berat batuan yang diledakkan dengan berat bahan peledak yang digunakan, dapat dinyatakan dalam kg/bcm.

$$PF = \frac{E}{V} \quad (13)$$

Keterangan :

PF = *powder factor* (kg/bcm)

V = volume batuan yang diledakkan (bcm)

E = berat bahan peledak yang digunakan (kg)
(Saptono, 2006; 71-75)

Faktor Batuan

Pembobotan massa batuan yang berhubungan dengan peledakan adalah pembobotan massa batuan berdasarkan nilai indeks peledakan dan parameter-parameter untuk pembobotan tersebut meliputi deskripsi massa batuan, spasi bidang kekar, orientasi bidang kekar, pengaruh *specific gravity* dan kekerasan (Tabel-2).

Tabel-2. Pembobotan Massa Batuan untuk Peledakan

1. Rock Mass Description (RMD)	Pembobotan
1.1 Powder/friable	10
1.2 Blocky	20
1.3 Totally massive	50
2. Joint Plane Spacing (JPS)	Pembobotan
2.1 Close (< 0,1m)	10
2.2 Intermediate (0,1 - 1,0 m)	20
2.3 Wide (>1,0 m)	50
3. Joint Plane Orientation (JPO)	Pembobotan
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)	$SGI = (25 \times \text{bobot isi}) - 50$
5. Hardness (H)	1-10

Sumber : Hustrulid, 1999; 107

Indeks peledakan diperoleh dari pembobotan parameter tersebut, sehingga diperoleh persamaan untuk nilai indeks peledakan, antara lain :

$$\text{Indeks Peledakan (BI)} = 0.5 \times (\text{RMD} + \text{JPS} + \text{JPO} + \text{SGI} + \text{H}) \quad (14)$$

Dari nilai indeks peledakan dapat diketahui faktor batuan dengan persamaan, yaitu :

$$\text{Faktor Batuan (A)} = \text{BI} \times 0,12 \quad (15)$$

Memperkirakan Fragmentasi Batuan Dengan Metode Kuz-Ram

Fragmentasi batuan hasil peledakan sangat dipengaruhi oleh faktor batuan dan bahan peledak yang digunakan. Kuznetsov membuat rumusan untuk memperkirakan fragmentasi batuan hasil peledakan, yaitu :

$$\bar{X} = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63} \quad (16)$$

Keterangan :

$\bar{X}$ = Ukuran rata – rata fragmentasi batuan (meter)

A = Faktor batuan

7 untuk batuan *medium strength*

10 untuk batuan keras yang berjoint intensif

13 untuk batuan keras dengan sedikit joint

V = Volume batuan yang terbongkar (m³)

Q = Berat bahan peledak tiap lubang ledak (Kg)

E = *Relatif Weight Strength*

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{De} \right) \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left(\frac{1+A}{2} \right)^{0,5} \times \left(\frac{PC}{H} \right) \quad (17)$$

Keterangan :

n = indeks keseragaman

De = diameter isian (mm)

B = *burden* (meter)

W = standar deviasi pemboran (meter)

S = *spacing* (meter)

PC = panjang isian (meter)

H = tinggi jenjang (meter)

A = nisbah *spacing* dan *burden*

Sedangkan untuk mengetahui distribusi ukuran fragmentasi dipergunakan persamaan Cunningham yang digabungkan dengan persamaan Kuznetsov, yaitu :

$$X_c = \frac{x}{0,693^{\frac{1}{n}}} \quad (18)$$

$$R = e^{-(x/X_c)^n} \quad (19)$$

Keterangan :

R = Bagian material yang tertahan pada ayakan (%)

x = Ukuran ayakan (cm)

Xc = Karakteristik Ukuran (cm)

n = Indeks keseragaman

(Saptono, 2006; 76-77)

Faktor Isian Bucket (*Bucket Fill Factor*)

Produktivitas alat muat sangat dipengaruhi oleh material yang dimuatnya. Disini dikenal istilah faktor isian *bucket* yaitu perbandingan antara volume material nyata yang dimuat *bucket* dengan kapasitas munjung *bucket* teoritis. Faktor isian *bucket* ini sebenarnya sangat dipengaruhi oleh karakteristik material yang digali, seperti tingkat kekerasan material, berat jenis material, bentuk fragmentasi material setelah digaru atau diledakan, tinggi jenjang penggalian, serta kemampuan *skill* operator dalam mengoperasikan alat gali muat tersebut. Nilai *bucket fill factor* untuk *excavator* tipe *backhoe*, sebagai berikut :

Tabel-3. *Bucket Fill Factor*

Material	Fill Factor Range (percent of heaped bucket capacity)
Moist Loam or Sandy Clay	A (100-110%)
Sand and Gravel	B (95-110%)
Hard, Tough Clay	C (80-90%)
Rock-Well Blasted	60-75%
Rock-Poorly Blasted	40-50%

Sumber : Maulana, 2010; 9

Faktor isian *bucket* alat muat (Ff) dapat dinyatakan sebagai perbandingan volume nyata (Vn) dengan volume munjung teoritis (Vt), seperti yang dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$BFF = \frac{Vn}{Vt} \times 100\% \quad (20)$$

Keterangan :

BFF = *Bucket Fill Faktor* (%)

Vn = Volume nyata *bucket* (m³)

Vt = Volume munjung *bucket* teoritis (m³)

Produktivitas Alat Gali Muat

Backhoe terdiri dari alat penggerak yang dapat berupa *crawler* atau ban, *boom*, *stick* dan *bucket*. *Backhoe* beroda ban biasanya tidak digunakan untuk penggalian tetapi lebih sering digunakan untuk pekerjaan umum lainnya. Pemilihan kapasitas *bucket backhoe* harus sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan.

Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas alat gali-muat, yaitu :

$$Q = q \times K \times \frac{3600}{CT} \times E \quad (21)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas alat gali muat (m³/jam)

q = Kapasitas *bucket* (m³)

K = *Bucket fill factor*

E = Effisiensi kerja

CT = *Cycle time* (detik)

Teori Perbandingan

1. Perbandingan Senilai

Misalkan terdapat dua besaran $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ $B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$ yang berkorespondensi satu-satu, maka A dan B disebut berbanding senilai. Jika untuk ukuran A semakin besar maka ukuran B semakin besar pula.

Adapun rumus perhitungan perbandingan senilai adalah sebagai berikut :

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} \quad (22)$$

$$a_1 = \frac{b_1}{b_2} \times a_2$$

2. Perbandingan Berbalik Nilai

Misal terdapat dua besaran $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ dan $B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$ yang berkorespondensi satu-satu maka A dan B disebut berbalik nilai jika untuk ukuran A semakin besar tetapi B semakin kecil. Menyelesaikan perbandingan berbalik nilai.

Adapun rumus perhitungan perbandingan berbalik nilai adalah sebagai berikut :

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} \quad (23)$$

$$a_1 = \frac{b_2}{b_1} \times a_2$$

(Putra, 2014; 8-9)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengumpulan data dan hasil observasi di lapangan, data yang di dapat, sebagai berikut :

Problem Operasional

Problem operasional berupa catatan *problem* dari laporan operator alat gali muat jika terdapat kendala di lapangan yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi alat gali muat tiap jam. Dalam penelitian ini, catatan *problem* operasional yang digunakan hanya tentang laporan material *blasting* berukuran *boulder*.

Geometri Peledakan

Geometri peledakan menjadi parameter yang sangat penting untuk menentukan tingkat fragmentasi yang didapat. Apabila tingkat fragmentasi masih belum sesuai dengan hasil yang diharapkan, maka dapat diperbaiki dengan mengubah geometri peledakan hingga diperoleh tingkat fragmentasi yang diharapkan. PT. Saptaindra Sejati menetapkan diameter lubang ledak dan *subdrilling* sebesar 7.875 *inch* dan 1 meter. Geometri masing-masing lokasi peledakan yang terdapat laporan masalah material *boulder*, dikelompokkan berdasarkan *burden* dan spasi dapat dilihat pada table-4.

Densitas Overburden

Densitas *overburden* di area Pit North diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium Geoteknik PT. Adaro Indonesia. Dari 8 sampel terdapat 5 jenis batuan yang berbeda yaitu *silty clay*, *sandy silt*, *sandy gravelly clay*, *sandy clayey silt* dan *sand*. Densitas material masing-masing lokasi peledakan dihitung dengan menentukan titik perpotongan koordinat *easting* dan *northing* dari peta persebaran batuan Pit North.

Tabel-4. Geometri Peledakan

Geometri Peledakan	7 x 8	8 x 9	9 x 10
Diameter Lubang Ledak (mm)	7.875	7.875	7.875
Burden (m)	7	8	9
Spasi (m)	8	9	10
<i>Subdrilling</i> (m)	1	1	1
<i>Stemming</i> (m)	3.6	3.6 - 4.4	3.6 - 4.4
Kedalaman Lubang (m)	10	9 - 11	9 - 11
Tinggi Jenjang (m)	9	8 - 10	8 - 10
Panjang Kolom Isian (m)	5.4	5.4 - 6.6	5.4 - 6.6
Isian Bahan Peledak (Kg)	130.95	130.95 - 160.05	130.95 - 160.05
<i>Powder Factor</i> (kg/m ³)	0.29	0.22 - 0.23	0.18

Densitas Overburden

Densitas *overburden* di area Pit North diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium Geoteknik PT. Adaro Indonesia. Dari 8 sampel terdapat 5 jenis batuan yang berbeda yaitu *silty clay*, *sandy silt*, *sandy gravelly clay*, *sandy clayey silt* dan *sand*. Densitas material masing-masing lokasi peledakan dihitung dengan menentukan titik perpotongan koordinat *easting* dan *northing* dari peta persebaran batuan Pit North.

Payload Bucket Alat Gali Muat PC4000 Class

Payload bucket adalah berat total nyata material yang dimuat *bucket* alat gali muat ke dalam *vessel* alat angkut, dinyatakan dalam satuan ton. Dari data *payload bucket* ini dapat diketahui kemampuan suatu alat gali muat berproduksi atau untuk memindahkan material. Data *payload bucket* dapat digunakan untuk mengetahui nilai *bucket fill factor* alat gali muat yang kemudian digunakan untuk menganalisa fragmentasi hasil peledakan terhadap geometri peledakan yang digunakan.

Digging Time Alat Gali Muat

Keberhasilan kegiatan peledakan dapat juga ditinjau dari kemudahan alat gali muat saat melakukan *digging* (penggalian). *Digging time* merupakan waktu yang diperlukan untuk menggali material hasil peledakan. *Digging time* merupakan parameter untuk memberikan penilaian terhadap kinerja alat gali muat terhadap ukuran fragmen hasil peledakan. Selama pengamatan, alat gali muat yang bekerja terdiri dari tipe Liebherr R9400, PC Komatsu 4000-6 dan EX Hitachi 3600-6 dengan kapasitas *bucket* 22 m³.

Cycle Time Alat Gali Muat

Semakin optimal ukuran fragmen batuan hasil peledakan, maka akan semakin mudah alat gali muat

tersebut dalam menggali. Kemudahan menggali ini dapat mempengaruhi nilai *cycle time* alat gali muat, karena untuk memuat fragmen batuan hasil peledakan ke dalam *bucket* alat gali muat akan semakin cepat. Sedangkan sebaliknya jika hasil fragmen batuan yang dihasilkan berukuran besar maka alat gali muat tidak bekerja dengan optimal karena akan memperlama waktu dalam penggalian serta *bucket* alat gali muat tidak terisi secara sempurna. *Cycle time* berhubungan dengan produktivitas alat gali muat. Semakin lama *cycle time* alat gali muat dalam menggali maka produktivitas yang dihasilkan akan semakin rendah dan demikian sebaliknya.

Faktor Batuan

Peledakan berhubungan dengan suatu nilai yang disebut dengan Indeks Kemampuleledakan (*Blastability Index*) yang berdasarkan faktor batuan (*Rock Factor*). Nilai dari *Blastability Index* dan *Rock Factor* dapat ditentukan dengan pembobotan beberapa parameter, yaitu *Rock Mass Description* (RMD), *Joint Plane Spacing* (JPS), *Joint Plane Orientation* (JPO), *Specific Gravity Influence* (SGI) dan *Hardness* (H).

Perhitungan Fragmen Batuan Hasil Peledakan dan Persentase Boulder

Ukuran fragmen batuan teoritis dihitung dengan menggunakan metode Kuz-Ram berdasarkan dari data-data geometri peledakan, diameter lubang ledak, jumlah penggunaan bahan peledak, volume batuan yang terbongkar dan faktor batuan pada lokasi peledakan serta adanya nisbah spasi burden. Dari salah satu contoh hasil perhitungan didapatkan ukuran fragmen batuan rata-rata sebesar 58,22 cm. Fragmen batuan tidak baik atau yang dikatakan sebagai *boulder* pada penelitian ini diambil dari ukuran bongkah sebesar ≥ 80 cm berdasarkan ketentuan dari perusahaan.

Bucket Fill Factor Alat Gali Muat

Bucket fill factor alat gali muat diketahui dari pengolahan data tonase *payload meter* pada alat angkut, dimana data ini diperlukan untuk menganalisa fragmentasi hasil peledakan terhadap geometri peledakan yang digunakan.

Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat

Dari data produksi dan waktu edar (*cycle time*) alat gali muat yang didapat, kemudian dapat diketahui nilai produktivitas alat gali muat tersebut. Nilai produktivitas menunjukkan kemampuan produksi alat gali muat tersebut untuk menggali dan memuat volume material *overburden* hasil peledakan dalam satu siklus waktu kerja total, dinyatakan dalam BCM/jam. Data produksi yang didapat (dalam satuan ton) terlebih dahulu dikonversi ke satuan BCM dengan mengalikan masing-masing densitasnya.

Perhitungan Digging Rate Alat Gali Muat

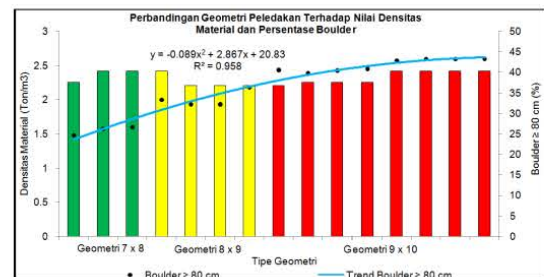
Selain nilai produktivitas alat gali muat, untuk menunjukkan kemampuan produksi alat gali muat tersebut juga dapat dihitung dari nilai *digging rate*. Satuan yang digunakan sama dengan produktivitas yaitu BCM/jam, bedanya hanya pada catatan waktu yang digunakan sebagai pembanding. Jika produktivitas menggunakan total waktu edar (*cycle time*), perhitungan *digging rate* menggunakan

salah satu dari siklus waktu kerja alat gali muat yaitu total waktu penggalian (*digging time*).

PEMBAHASAN

Analisa Hubungan Geometri Peledakan Terhadap Nilai Densitas Material dan Persentase Boulder

Pada Gambar-1 menyajikan perbandingan hubungan antara geometri peledakan terhadap nilai densitas material dan persentase *boulder* yang dihasilkan.

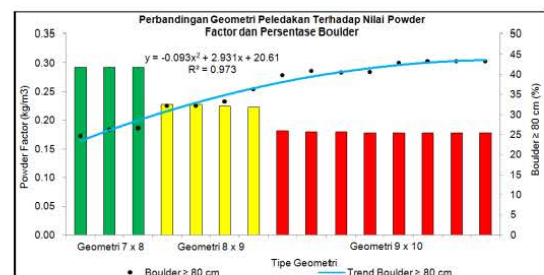


Gambar-1. Grafik Perbandingan Geometri Peledakan Terhadap Nilai Densitas Material dan Persentase Boulder

Dari gambar grafik di atas dapat diketahui semakin besar geometri peledakan dan nilai densitas material di lapangan, maka akan terjadi *trend* peningkatan nilai persentase material *boulder* yang dihasilkan. Jadi, untuk mengurangi jumlah material *boulder* pada kondisi densitas material tinggi maka perlu dilakukan perubahan dalam rancangan geometri peledakan.

Analisa Hubungan Geometri Peledakan Terhadap Powder Factor dan Persentase Boulder

Pada Gambar-2 menyajikan perbandingan hubungan antara geometri peledakan terhadap angka *powder factor* dan persentase *boulder* yang dihasilkan.

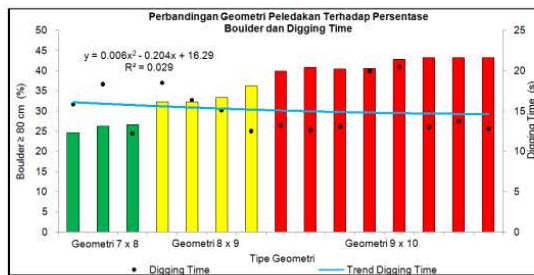


Gambar-2. Grafik Perbandingan Geometri Peledakan Terhadap Powder Factor dan Persentase Boulder

Dari gambar grafik di atas dapat diketahui semakin besar geometri peledakan dan semakin kecil angka *powder factor* yang digunakan, maka akan terjadi *trend* peningkatan nilai persentase material *boulder* yang dihasilkan. Dengan demikian untuk mengurangi jumlah material *boulder* pada kondisi densitas material tinggi maka perlu dilakukan perubahan (penambahan) nilai *powder factor* dalam rancangan geometri peledakan.

Analisa Hubungan Geometri Peledakan Terhadap Persentase Boulder dan Digging Time

Pada Gambar-3 menyajikan perbandingan antara geometri peledakan terhadap persentase *boulder* dan *digging time*.

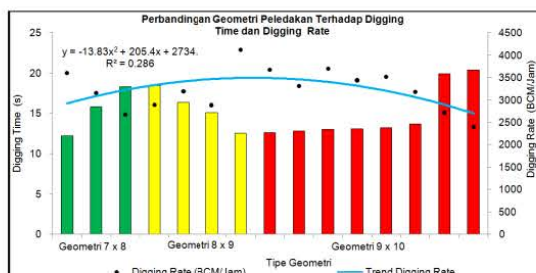


Gambar-3. Grafik Perbandingan Geometri Peledakan Terhadap Persentase Boulder dan Digging Time

Dari gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar geometri peledakan dan persentase material *boulder* keras yang dihasilkan maka terjadi *trend* penurunan kemampuan lamanya waktu menggali *digging time*. Jadi untuk memperoleh lamanya waktu penggalian yang optimal maka diperlukan persentase material *boulder* keras yang rendah.

Analisa Hubungan Geometri Peledakan Terhadap Nilai Digging Time dan Digging Rate

Pada Gambar-4 menyajikan perbandingan antara geometri peledakan terhadap nilai *digging time* dan *digging rate*.



Gambar-4. Grafik Perbandingan Geometri Peledakan Terhadap Nilai Digging Time dan Digging Rate

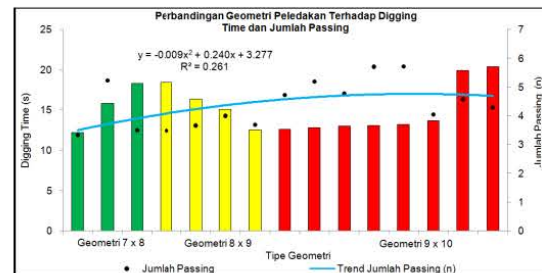
Seperti pada gambar grafik di atas, terjadi *trend* penurunan nilai *digging rate* ketika ada peningkatan lamanya waktu menggali (*digging time*). Lamanya waktu *digging* saat ada indikasi kesulitan dalam menggali material *overburden loose* hasil peledakan akan menurunkan kemampuan penggalian material alat gali muat dalam tiap jamnya. Dengan demikian untuk memperoleh lamanya waktu penggalian yang optimal maka diperlukan kemampuan penggalian yang mudah (nilai *digging rate* rendah).

Analisa Hubungan Geometri Peledakan Terhadap Nilai Digging Time dan Jumlah Passing

Pada gambar-5 menyajikan perbandingan antara geometri peledakan terhadap nilai *digging time* dan jumlah *passing*.

Dari gambar-5 dapat disimpulkan bahwa semakin besar geometri peledakan dan nilai *digging time* maka terjadi *trend* peningkatan jumlah *passing bucket* alat

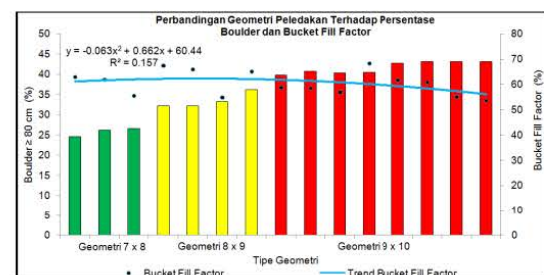
gali muat. Jadi, meningkatnya waktu *digging* akan berpengaruh pada jumlah *passing bucket*



Gambar-5. Grafik Perbandingan Geometri Peledakan Terhadap Nilai Digging Time dan Jumlah Passing

Analisa Hubungan Geometri Peledakan Terhadap Persentase Boulder dan Bucket Fill Factor

Pada Gambar-6 menyajikan perbandingan antara geometri peledakan terhadap nilai persentase *boulder* dan nilai *bucket fill factor*.

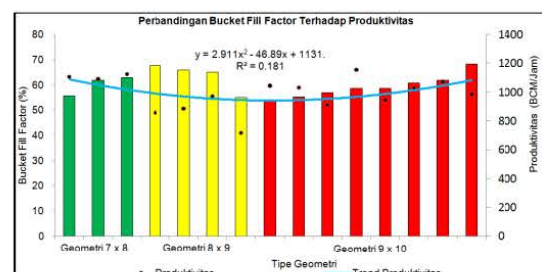


Gambar-6. Grafik Perbandingan Geometri Peledakan Terhadap Persentase Boulder dan Nilai BFF

Dari gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar geometri peledakan dan persentase material *boulder* maka terjadi *trend* penurunan nilai *bucket fill factor* alat gali muat. Dengan demikian untuk memperoleh nilai *bucket fill factor* yang besar maka diperlukan persentase material *boulder* rendah.

Analisa Hubungan Nilai BFF Terhadap Nilai Produktivitas

Pada Gambar-7 menyajikan perbandingan nilai BFF terhadap nilai produktivitas alat gali muat.



Gambar-7. Grafik Perbandingan Nilai BFF Terhadap Nilai Produktivitas

Seperti pada gambar grafik di atas cenderung terjadi *trend* peningkatan nilai produktivitas ketika ada peningkatan nilai *bucket fill factor*. Nilai BFF yang kecil (volume muatan *bucket* tidak standar) akan menurunkan kemampuan produksi alat gali muat dalam tiap jamnya. Dengan demikian untuk memperoleh hasil produktivitas standar (1470 BCM/jam) maka diperlukan nilai *bucket fill factor* minimal 70%.

Evaluasi

Berdasarkan pengolahan data dan analisa data yang dilakukan, maka ada beberapa evaluasi dapat diberikan, yaitu :

1. Selama penelitian berlangsung, ada 15 lokasi peledakan yang belum optimalnya rancangan geometri peledakan terhadap perbedaan kondisi nilai densitas batuan di lapangan.
2. Berdasarkan data dan hasil perhitungan didapat nilai rata-rata persentase *boulder* ≥ 80 cm sebesar 36.35%, nilai *bucket fill factor* sebesar 60.51%, *digging time* sebesar 15.16 detik dan produktivitas sebesar 996.73 BCM/Jam, maka secara keseluruhan tidak memenuhi target perusahaan (persentase *boulder* ≥ 80 cm lebih dari 20%, *bucket fill factor* kurang dari 70% dan produktivitas kurang 1470 BCM/Jam), artinya masih memerlukan perbaikan dalam hal geometri peledakan.
3. Geometri yang semakin besar dan powder factor yang kurang optimum akan meningkatkan persentase *boulder*.
4. Peningkatan persentase *boulder* dan *digging time* alat gali muat yang rendah (kurang optimal) dapat menurunkan persentase *bucket fill factor*.
5. Peningkatan produktivitas alat gali muat dengan cara memperkecil persentase *boulder* (≥ 80 cm), mengoptimalkan waktu menggali dan memperoleh *bucket fill factor* sebesar 70% - 100%..
6. Aspek teknik peledakan harus sangat diperhatikan yaitu *prepare* lokasi yang optimal karena hal ini dapat menyebabkan deviasi-deviasi, antara lain deviasi titik bor, deviasi arah pemboran dan deviasi pengisian handak per lubang karena secara aktual di lapangan handak banyak terbuang atau tidak masuk ke dalam lubang akibat lokasi yang tidak rata sehingga MMU tidak leluasa dalam pengisian handak, sehingga ada pengurangan jumlah handak pada isian lubang tersebut yang mengakibatkan berkurangnya kekuatan dari hasil peledakan tersebut untuk menghancurkan batuan.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fragmentasi Hasil Peledakan

Adapun faktor-faktor teknis di lapangan yang dapat mempengaruhi fragmentasi hasil peledakan, antara lain :

1. Geometri Peledakan
Penentuan geometri peledakan yang tepat sangat berpengaruh untuk mendapatkan ukuran fragmen batuan yang baik, dimana persentase *boulder* (≥ 80 cm) yang ditetapkan perusahaan kurang dari 20%. Dari hasil penelitian, geometri peledakan yang diterapkan masih belum dapat memberikan hasil yang optimal, sehingga perlu dilakukan perbaikan agar memperoleh hasil yang diharapkan.
2. Pemakaian Bahan Peledak
Pemakaian bahan peledak juga merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi hasil peledakan. Namun pada penelitian ini jumlah bahan peledak tiap lokasi berbeda tergantung dari desain geometri peledakan yang digunakan. Bahan peledak yang digunakan adalah jenis emulsi dengan densitas bahan peledak 1,15 gr/cm³. Jumlah PF maksimal yang digunakan oleh perusahaan sebesar 0,30 kg/bcm.
3. Struktur dan Densitas Batuan

Secara umum kondisi massa batuan di pit North PT. Saptaindra Sejati *Jobsite* ADMO merupakan batuan dengan densitas tinggi. Densitas batuan yang tinggi dapat menyebabkan perambatan energi peledakan yang berupa tekanan gas tidak maksimal. Akibatnya energi peledakan yang terpakai untuk memecahkan batuan tidak sempurna.

Simulasi Rekomendasi Geometri Peledakan

Berikut rekomendasi peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang optimal dapat dilihat pada Tabel-5. berikut :

Tabel-5. Simulasi Rekomendasi Geometri Peledakan

Geometri Peledakan	Nilai
Diameter Lubang Ledak (mm)	7.875
Burden (m)	7
Spasi (m)	9
Kedalaman Lubang (m)	14.1
Tinggi Jenjang (m)	12
Subdrilling (m)	2.1
Stemming (m)	4.9
Panjang Kolom Isian (m)	9.2
Loading Density (kg/m)	24.25
Powder Factor (kg/m ³)	0.295
Jenis Handak	Emulsi

Berdasarkan hasil simulasi rancangan geometri peledakan diprediksikan persentase toleransi adanya *boulder* (≥ 80 cm) sebesar 19,07%, *bucket fill factor* sebesar 115.34%, *digging time* selama 7.95 detik dan produktivitas sebesar 2436 BCM/Jam pada penggunaan PF minimum sebesar 0,295 Kg/m³

Agar rancangan geometri peledakan ini sesuai penerapannya di lapangan, perlu adanya perbaikan dalam kegiatan penitikan lubang bor. Jika diamati di lapangan, penentuan *burden* dan spasi yang masih menggunakan metode tali segitiga sangat berperan besar terjadinya deviasi. Perlu dilakukan penitikan (*stake out*) dengan GPS agar hasilnya lebih akurat. Metode preparasi lokasi pemboran pun perlu dipastikan terlaksana sudah sesuai prosedur, agar alat bor bisa diposisi yang benar-benar tegak lurus titik bor.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai distribusi ukuran material hasil peledakan pada PT. Saptaindra Sejati, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Geometri yang digunakan pada PT. Saptaindra Sejati masih belum optimal sesuai dengan kondisi nilai densitas material di area pit North. Geometri yang digunakan yaitu *burden* 7 sampai 9 meter, spasi 8 sampai 10 meter dengan kedalaman lubang yang bervariasi antara 8 sampai 13 meter.
2. Peledakan pada 15 lokasi pada saat penelitian belum memenuhi target karena dihasilkan fragmentasi *boulder* (≥ 80 cm) rata-rata sebesar 36,35%. Faktor-faktor teknis yang mempengaruhi fragmentasi hasil

peledakan adalah perlakuan yang sama terhadap perbedaan densitas di tiap lokasi peledakan sehingga menimbulkan *boulder* pada lokasi yang memiliki densitas tinggi. *Prepare* lokasi yang tidak maksimal sehingga menyebabkan deviasi-deviasi, antara lain deviasi titik bor, deviasi arah pemboran dan deviasi pengisian jumlah bahan peledak per lubang, serta penggunaan *temper* saat pemadatan material *stemming* tidak maksimal.

3. Dari pengamatan di lapangan dan analisa hasil perhitungan didapat nilai *digging time* rata-rata sebesar 15.16 detik, nilai *bucket fill factor* rata-rata sebesar 60,51% serta produktivitas rata-rata sebesar 996,73 BCM/Jam. Sehingga pada 15 lokasi tersebut masih perlu perbaikan dari segi geometri yang digunakan.
1. Simulasi rancangan geometri peledakan optimum yang direkomendasikan, pada pit *North* Tutupan sesuai dengan toleransi adanya ukuran fragmen (≥ 80 cm) sebesar ≤ 20 %, *digging time* ≤ 12 detik, *bucket fill factor* ≥ 70 % dan produktivitas ≥ 1470 BCM/Jam. Adapun rancangan geometri peledakan tersebut adalah diameter lubang ledak 7,875 inchi, *burden* 7 m, spasi 9 m, tinggi jenjang 12 m, kedalaman lubang ledak 14,1 m, panjang kolom isian bahan peledak 9,2 m, panjang stemming 4,9 m, subdrilling 2,1 m dengan PF sebesar 0,295 Kg/m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hustrulid, W. 1999. *Blasting Principles for Open Pit Mining Volume 1-General Design Concepts*. A.A. Balkemea, Rotterdam, Brookfield. P. 107.
- [2] Koesnaryo, S. 2001. *Design Of Rock Blasting*. Teknik Pertambangan. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Hal. 1-2.
- [3] Konya, C.J and Edward J.W. 1990. *Surface Blast Design*. Pren126tice Hall, Engle Wood Cliffs, New Jersey. P. 135-136.
- [4] Maulana, T,O,. 2010, *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan Material Tanah Penutup (Overburden) PT. Darma Henwa, Tbk Site Asam-asam Kec. Jorong Kab. Tanah Laut, Kalimantan Selatan*, Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. Hal. 9.
- [5] Prodjosumarto, P., 1993. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Departemen Tambang Institut Teknologi Bandung, Bandung. Hal. 186-187.
- [6] Putra, Agung Dwi. 2014. *Modul Pembelajaran Matematika Tentang Perbandingan*. Hal. 8-9.
- [7] Saptono, Singgih. 2006. *Teknik Peledakan*. Teknik Pertambangan : Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Hal. 14, 71-77.