

OPTIMALISASI PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT BERDASARKAN ANALISA AKURASI GEOMETRI PEMBORAN DAN RANCANGAN PELEDAKAN

Ferdiyan Chrissandi Girsang^{1*}, Nurhakim², Romla Noor Hakim², Aldi Ade Rakhmawan³

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

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

³ Deputy Operation Department Head, PT Saptaindra Sejati

e-mail : *ferdiyan_girsang@yahoo.com

ABSTRAK

Pada kegiatan penambangan, peledakan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk pembongkaran material. Ukuran keberhasilan peledakan dapat dilihat dari angka produktivitas alat gali muat dan nilai recovery peledakan. Selama penelitian diperoleh bahwa hasil peledakan di pit Central Tutupan II *roof seam* T110 belum mencapai target yang ditetapkan perusahaan. Hal tersebut dilatarbelakangi oleh lokasi peledakan terdiri dari batuan yang bersifat heterogen dan berada pada zona area kritis, sehingga dengan dilakukannya pembatasan muatan bahan peledak untuk mengurangi tingkat getaran tanah belum mampu menghasilkan energi ledak yang optimal.

Dalam mengkaji hasil kegiatan peledakan, angka produktivitas alat gali muat dapat diamati berdasarkan nilai *digging time*. Ketercapaian nilai *digging time* sesuai standar perusahaan (<12 detik) dipengaruhi oleh tingkat keakurasian geometri pemboran, penetapan geometri peledakan yang sesuai, penyesuaian kolom isian (*primary charge*) terhadap litologi batuan lokal dan penentuan arah peledakan. Memprediksi hasil peledakan yang optimal, dikaji melalui distribusi fragmentasi secara teoritis.

Upaya untuk memperoleh hasil peledakan yang lebih optimal, perlu dilakukan modifikasi rancangan peledakan yang terdiri sebagai berikut. Akurasi geometri pemboran dioptimalkan >50% dari geometri rencana (7m x 7m x 8m). Metode peledakan menggunakan *single deck* pada zona laminasi sedangkan *double deck* pada zona batupasir laminasi dengan pola *echelon*. Distribusi fragmentasi material *boulder* (ukuran >100cm) diusahakan < 20% dengan cara mengoptimalkan nilai *powder factor* pada kedalaman lubang ledak 3m, 4m, 5m, dan 8m. Sedangkan untuk arah peledakan direkomendasikan menuju N 150° E yang mengacu pada orientasi kemiringan utama (*dip direction*) dari bidang diskontinuitas.

Kata-kata kunci: Akurasi geometri pemboran, fragmentasi, *recovery* peledakan, *digging time*, *powder factor*

PENDAHULUAN

PT Saptaindra Sejati merupakan perusahaan kontraktor tambang batubara yang bekerja melayani produksi batubara dan *overburden* untuk PT. Adaro Indonesia. Salah satu pekerjaan yang dilakukan adalah melakukan kegiatan peledakan pada Pit Central Tutupan II *roof seam* T110 yang mana terdiri atas batuan yang bersifat heterogen antara batulempung dan batupasir. Ditambah lagi lokasi peledakan yang dekat dengan daerah kristis sehingga dilakukannya pembatasan muatan bahan peledak. Dampaknya, batuan justru tidak dapat terberai secara sempurna dikarenakan energi ledak yang dihasilkan belum optimal terhadap adanya laminasi batuan tersebut.

Hal tersebut melatarbelakangi tidak tercapainya angka produktivitas alat gali muat sesuai dengan target perusahaan dikarenakan nilai *digging time* yang masih cenderung tinggi (>12 detik). Maka perlu dikaji ulang mengenai teknis pelaksanaan peledakan yang tepat untuk mencapai angka produktivitas alat gali muat yang optimal tanpa mengabaikan tingkat getaran yang ditimbulkan.

METODOLOGI

Prediksi fragmentasi Kuz-Ram

Model *Kuz-Ram* merupakan gabungan dari persamaan *Kuznetsov* dan persamaan *Rossin-Rammler*. Persamaan *Kuznetsov* memberikan ukuran fragmen batuan rata-rata dan persamaan *Rossin-Rammler* menentukan persentase material yang tertampung diayakan dengan ukuran tertentu. Persamaan *Kuznetsov* dapat dilihat pada persamaan dibawah ini:

$$\bar{X} = A \left(\frac{V_o}{Q_e} \right)^{0,8} Q_e^{0,167} \quad (1)$$

Dimana $\bar{X}$ = Ukuran Fragmen rata-rata (cm), A = Faktor Batuan, V_o = Volume Terbongkar dan Q_e = Berat bahan peledak per lubang ledak.

Persamaan diatas digunakan untuk tipe bahan peledak TNT. Untuk itu *Cunningham* (dalam Konya, 1990:134)^[4] memodifikasi *Kuznetsov* dengan menggunakan ANFO sebagai bahan peledak. Sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$\bar{X} = A \left(\frac{V_o}{Q_e} \right)^{0,8} Q_e^{0,17} \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63} \quad (2)$$

Dimana Q_e = Massa bahan peledak (Kg) dan E = RWS bahan peledak (ANFO =100, TNT= 115).

Untuk menentukan distribusi fragmen batuan hasil peledakan, digunakan persamaan *Rossin-Rammler* (dalam Konya, 1990 : 135)^[4], yaitu :

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \quad (3)$$

Dimana R = Persentase massa batuan yang lolos X (cm), X_c = Karakteristik Ukuran (cm), X = Ukuran ayakan (cm) dan n = Indeks keseragaman. Sedangkan X_c dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$X_c = \frac{\bar{X}}{(0,693)^{1/n}} \quad (4)$$

Indeks n adalah indeks keseragaman yang dikembangkan oleh *Cunningham* (dalam Konya, 1990 : 136)^[4] dengan menggunakan parameter dari desain peledakan. Indeks keseragaman (n) ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$n = \left(2,2 - \frac{14B}{D}\right) \left(1 - \frac{W'}{B}\right) \left(1 + \frac{[A-1]}{2}\right) \left(\frac{PC}{H}\right) \quad (5)$$

Dimana B = *Burden* (m), D = Diameter Lubang (m), W = Standar deviasi dari ketepatan pengeboran (m), A = Ratio spasi / *Burden*, PC = Panjang Muatan (m) H = Tinggi Jenjang (m)

Faktor Pembobotan

Salah satu data masukan untuk model Kuz-Ram adalah faktor batuan yang diperoleh dari indeks kemampuledakan atau *blastability index* (BI). Nilai BI ditentukan dari penjumlahan bobot lima parameter yang diberikan oleh *Lily* (dalam Hustrulid 1999 : 107-108)^[2] yaitu : *Rock Mass Description* (RMD), *Joint Plane Spacing* (JPS), *Joint Plane Orientation* (JPO), *Specific Gravity Influence* (SGI) dan *Moh's Hardness* (H). Parameter-parameter tersebut kenyataannya sangat bervariasi.

Hubungan antara kelima parameter terhadap BI dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \quad (6)$$

Persamaan yang memberikan hubungan antara faktor batuan dengan indeks kemampuledakan suatu batuan menurut *Lily* (1986) adalah sebagai berikut :

$$RF = 0,12 \times (BI) \quad (7)$$

Produktivitas Alat Gali Muat

Dalam menentukan angka produktivitas alat gali muat, semakin tinggi nilai *digging time* akan berpengaruh terhadap *cycle time* alat tersebut. Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung produktivitas alat gali muat (*Handbook Komatsu*, E.28)^[1] adalah sebagai berikut:

$$Q = q \times K \times \frac{3600}{CT} \times E \quad (8)$$

Dimana Q = Produktivitas alat gali muat (m^3/jam), q = Kapasitas *bucket* (m^3), K = *Bucket fill factor*, E = Efisiensi kerja, CT = *Cycle time* (detik).

Recovery Peledakan

Recovery merupakan suatu angka atau besaran dalam bentuk persentase (%) yang menunjukkan seberapa efektifnya batuan yang dibongkar dalam suatu kegiatan peledakan. Rumusan yang digunakan untuk menghitung *recovery* hasil peledakan yaitu:

$$\text{Recovery} = \frac{\text{volume survey}}{V_R} \times 100\% \quad (9)$$

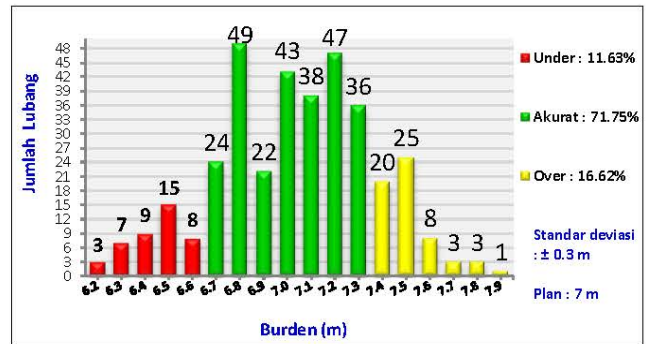
Dimana volume survey = Luas area x Beda tinggi elevasi, V_R = volume batuan terongkar (m^3) = $B \times S \times H \times n$

HASIL DAN PEMBAHASAN

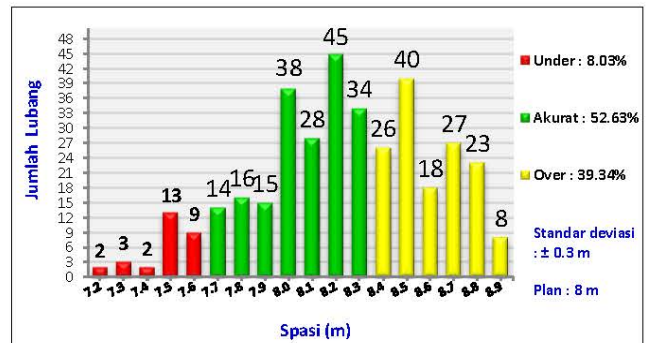
Akurasi Geometri Pemboran Lubang Ledak

Lubang ledak dinyatakan akurat apabila jarak aktual *pattern*/kedalaman sesuai dengan jarak yang

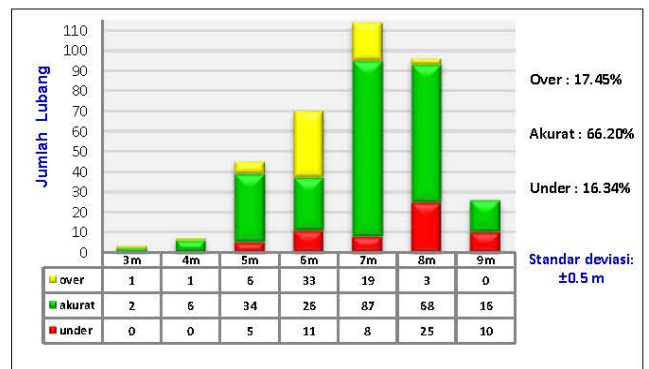
direncanakan. Dengan batasan standar deviasi 0.3m (*burden*, spasi) dan 0.5m untuk kedalaman lubang.



Gambar-1. Distribusi jarak *burden*



Gambar-2. Distribusi jarak spasi



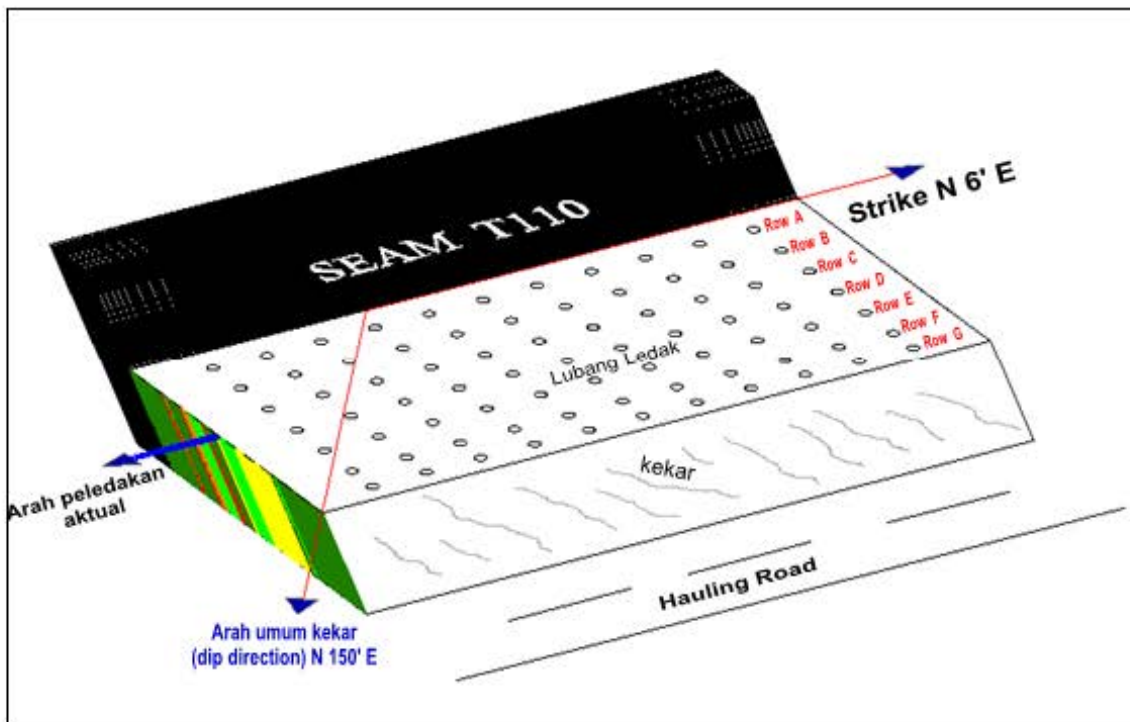
Gambar-3. Distribusi kedalaman lubang ledak

Desain Litologi Batuan Lokal

Hasil pengukuran dilapangan diperoleh rata-rata kemiringan perlapisan (*dip*) sebesar 34° dengan arah umum (*strike*) adalah $N 6^\circ E$. Terdiri dari batulempung (*claystone*), batulanau (*siltstone*), batupasir halus (*sandstone*) dan batupasir laminasi (*sandstone laminated*).

Arah Peledakan

Penentuan arah peledakan diperoleh berdasarkan arah umum kekar (*dip direction*) hasil pengukuran *scanline*. Pada kondisi di lapangan, jurus perlapisan (*strike*) batubara adalah $N 6^\circ E$. Sedangkan orientasi kemiringan utama bidang diskontinuitas menggunakan perhitungan statistic adalah $N 150^\circ E$. Sehingga arah peledakan yang direkomendasikan pada *roof seam* T110 adalah menuju ke tenggara.



Gambar-4. Arah peledakan berdasarkan orientasi kemiringan utama (dip direction)

Faktor batuan

Pembobotan batuan berdasarkan *Rock Mass Description* (RMD) untuk batulempung dan batulanau berupa *blocky*, sedangkan pada batupasir yang terdapat lamiasi dikelompokkan kedalam *friable*. Hasil pengukuran *scanline* diperoleh spasi bidang diskontinuitas adalah 0.34m dengan frekuensi ± 3 bidang per meter. Berikut nilai indeks peledakan dan faktor batuan pada *roof seam* T110.

Tabel-1. Indeks peledakan dan faktor batuan

Jenis Batuan	Blastability Index (Lilly)	Rock Factor Material
Batulempung (claystone)	45.63	5.48
Batulanau (siltstone)	50.13	6.02
Batupasir halus (sandstone)	43.66	5.24
Batupasir Laminasi (sandstone laminated)	39.13	4.70

Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram

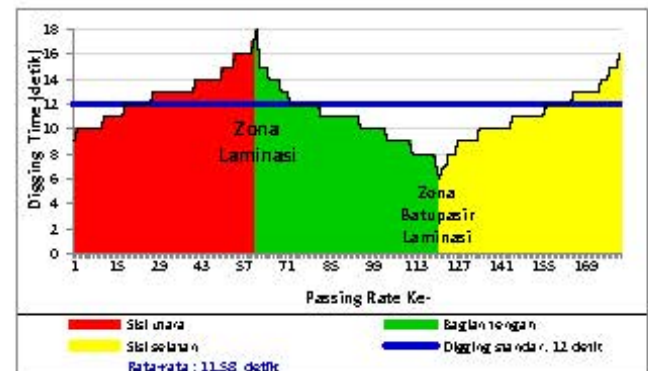
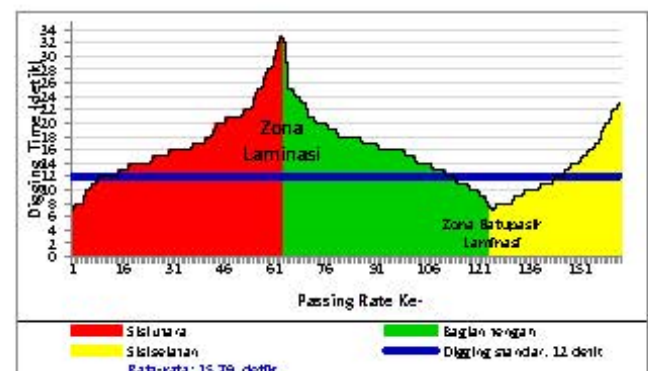
Material dikatakan *boulder* untuk alat gali muat tipe R9400 (4000 class) adalah >100 cm. Berikut distribusi fragmentasi berdasarkan perhitungan matematis Kuz-Ram.

Tabel-2. Distribusi fragmentasi Kuz-Ram

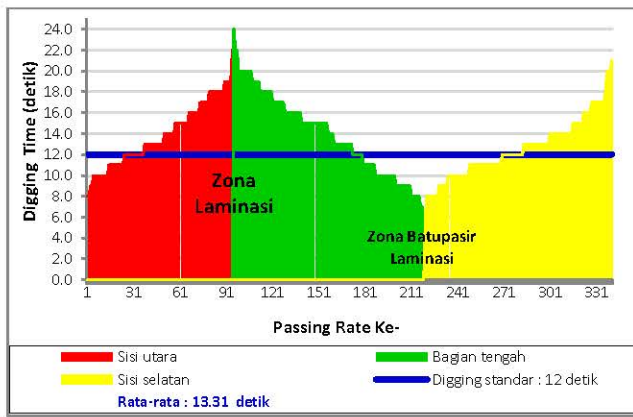
Tanggal Peledakan	B (m)	S (m)	L (m)	X (cm)	n	Xc (cm)	Boulder (%)
8-Sep-15	7	8	8	49.67	0.85	61.00	21.80
9-Sep-15	7	8	7	48.80	0.70	49.05	19.35
13-Sep-15	7	8	7	49.16	0.94	66.72	23.15
15-Sep-15	7	8	8	49.36	0.87	62.14	21.99
27-Sep-15	7	8	8	49.36	0.91	64.73	22.65
25-Oct-15	7	8	6	54.19	0.74	57.60	22.28

Digging Time dan Produktivitas Alat Gali Muat

Nilai *digging time* alat gali muat hasil kegiatan peledakan di *roof seam* T110 berdasarkan 3 lokasi pengamatan, yakni sisi utara (pada bagian *roof* batubara), bagian tengah dan sisi selatan (pada bagian *freeface*) adalah sebagai berikut.

Gambar-5. Grafik *digging time* peledakan tanggal 09 september 2015Gambar-6. Grafik *digging time* peledakan tanggal 15 September 2015

15 september 2015



Gambar-7. Grafik *digging time* peledakan tanggal 27 september 2015

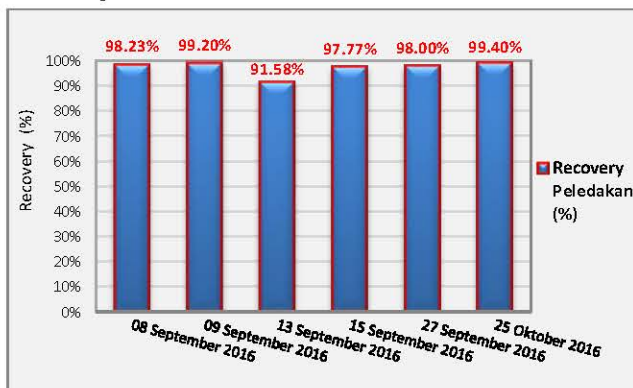
Dengan tidak tercapainya nilai *digging time* sesuai dengan standar perusahaan (<12 detik), dapat diamati angka produktivitas alat gali muat saat melakukan *loading overburden* seperti pada Tabel-3.

Tabel-3. Produktivitas alat gali muat

Tanggal Peledakan	EXCAVATOR	Productivity (Bcm)		Achievement
		Plan	Actual	
8 Sep 2015	EX008 (R9250)	950	755	79%
9 Sep 2015	EX005A (R9400)	1400	1358	97%
15 Sep 2015	EX005A (R9400)	1,400	949	68%
	EX074 (PC2000)	700	488	70%
27 Sep 2015	EX006A (R9400)	1,400	996	71%
	EX004A (R9400)	1,400	942	67%
25 Okt 2015	EX024 (PC2000)	700	540	77%
	EX021A (PC2000)	700	537	76%

Recovery Peledakan

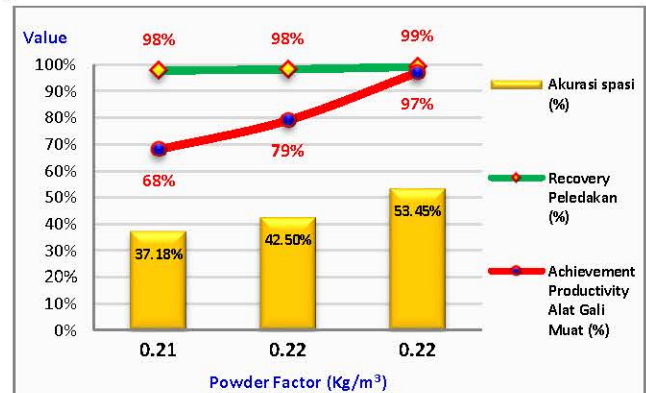
Peledakan dikatakan berhasil apabila volume material yang direncanakan pada saat awal sesuai dengan volume ketika material tersebut habis ter-*loading* (*recovery 100%*). Pada Gambar-8 terlihat bahwa hasil kegiatan peledakan pada *roof seam* T110 selama penelitian belum mencapai *recovery* paling optimal, tentunya akan berdampak terhadap tidak tercapainya target elevasi yang akan dituju.



Gambar-8. *Recovery* peledakan pada *roof seam* T110

Analisa Hubungan Akurasi Geometri Pemboran Terhadap Hasil Peledakan

Tolak ukur hasil kegiatan peledakan dapat ditinjau dari ketercapaian angka produktivitas alat gali muat sesuai dengan target perusahaan (*achievement productivity*) dan nilai *recovery* peledakan. Hubungan antara tingkat keakuratan geometri pemboran dengan hasil kegiatan peledakan dapat diamati seperti pada Gambar-9 berikut, dengan mengacu pada nilai *powder factor*.

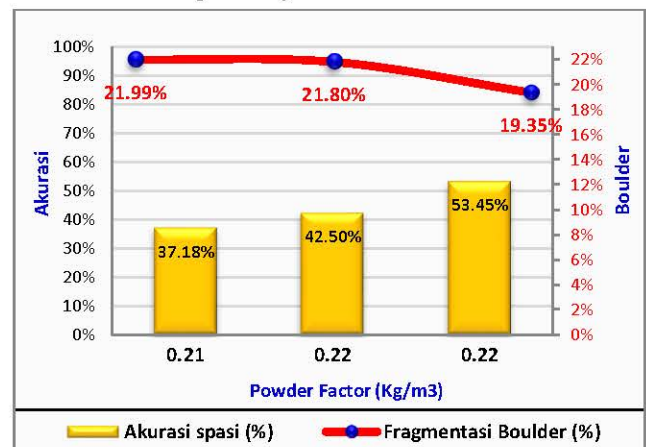


Gambar-9. Grafik hubungan akurasi geometri spasi terhadap hasil peledakan berdasarkan nilai *powder factor*

Dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin akurat geometri pemboran lubang ledak dan semakin tinggi nilai *powder factor*, maka berbanding lurus terhadap ketercapaian angka produktivitas alat gali muat (*achievement productivity*) dan nilai *recovery* peledakan.

Analisa Hubungan Akurasi Geometri Pemboran Terhadap Fragmentasi Boulder

Tidak akuratnya geometri pemboran dapat berpengaruh terhadap ukuran fragmentasi *boulder* yang dihasilkan. Hal tersebut dipengaruhi oleh perubahan nilai *powder factor* yang digunakan pada saat kegiatan peledakan. Gambar-10 berikut menyajikan hubungan antara akurasi geometri spasi dengan fragmentasi *boulder* berdasarkan nilai *powder factor*.

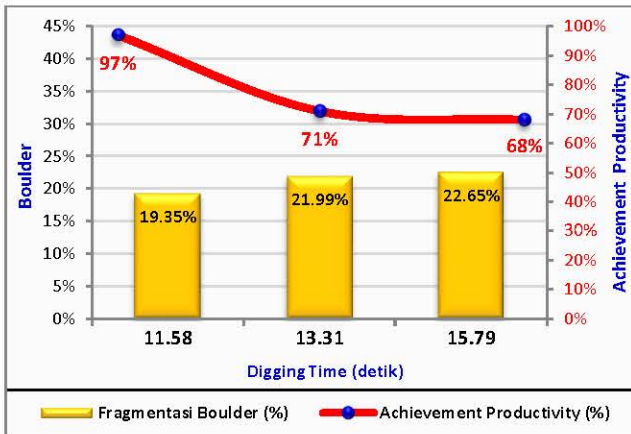


Gambar-10. Grafik hubungan akurasi geometri spasi terhadap fragmentasi *boulder*

Dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin akurat geometri pemboran lubang ledak dan semakin tinggi nilai *powder factor*, maka berbanding terbalik terhadap fragmentasi *boulder* yang dihasilkan.

Analisa Hubungan Fragmentasi Boulder Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat Berdasarkan Nilai Digging Time

Dalam menentukan batasan persentase material *boulder* (ukuran >100 cm) pada *roof seam* T110, dapat ditentukan dengan menghubungkan distribusi fragmentasi teoritis Kuz-Ram terhadap *achievement productivity* alat gali muat berdasarkan pada nilai *digging time*. Sebagaimana hubungan antara keduanya dapat dilihat pada Gambar-11 berikut.

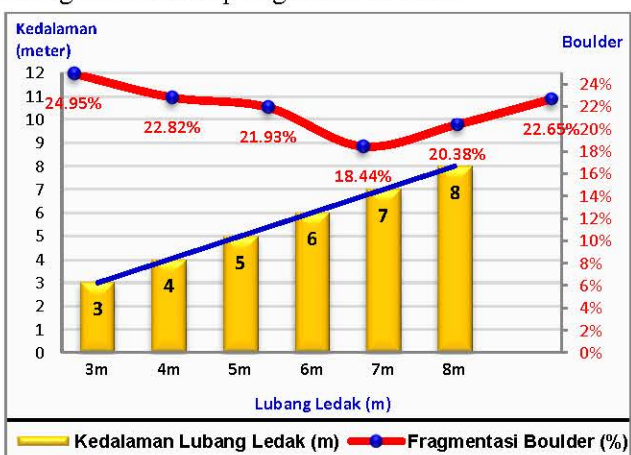


Gambar-11. Grafik hubungan fragmentasi *boulder* terhadap *achievement productivity* alat gali muat berdasarkan *digging time*

Dari gambar grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase material *boulder* dan nilai *digging time* maka berbanding terbalik terhadap *achievement productivity* alat gali muat. Dengan demikian untuk memperoleh hasil peledakan yang paling optimal pada *roof seam* T110, diperlukan persentase material *boulder* < 20% (ukuran >100cm).

Analisa Hubungan Kedalaman Lubang Ledak Terhadap Fragmentasi Boulder

Dalam memperoleh hasil peledakan yang lebih optimal, perlu dianalisa tingkat distribusi fragmentasi *boulder* terhadap *range* kedalaman lubang ledak. Pada setiap *range* kedalaman lubang ledak diharapkan memiliki fragmentasi material *boulder* < 20% (ukuran >100cm). Pengoptimalan ukuran fragmentasi *boulder* tersebut dapat dilakukan dengan mengoptimalkan nilai *powder factor* pada masing-masing *range* kedalaman lubang ledak. Pada Gambar-12 berikut menyajikan hubungan kedalaman lubang ledak terhadap fragmentasi *boulder*.



Gambar-12. Hubungan kedalaman lubang ledak terhadap fragmentasi *boulder*

Dari gambar grafik diatas, persentase material *boulder* pada *range* kedalaman 3m, 4m, 5m dan 8m masih >20% (ukuran >100cm). Sehingga untuk memperoleh hasil peledakan yang lebih optimal pada *range* kedalaman 3m, 4m, 5m dan 8m jumlah isian bahan peledak perlu dioptimalkan dari jumlah sebelumnya. Pada Tabel-4 menyajikan jumlah isian bahan peledak yang optimal berdasarkan penarikan rumus matematis Kuz-Ram.

Tabel-4. Isian bahan peledak berdasarkan persentase *boulder*

Depth (m)	% Boulder	Isian bahan peledak (Kg)	Kolom isian (m)	Powder Factor	Remarks
3	22.00	42.60	1.61	0.25	Rekomendasi
	23.00	32.85	1.24	0.20	
	24.00	25.45	0.96	0.15	
	24.95	20.00	0.75	0.12	Aktual
4	20.00	39.30	1.48	0.18	Rekomendasi
	21.00	35.85	1.35	0.16	
	22.00	32.58	1.23	0.15	
	22.82	30.00	1.13	0.13	Aktual
5	20.00	48.72	1.84	0.17	Rekomendasi
	21.00	44.05	1.66	0.16	
	21.93	40.00	1.51	0.14	Aktual
8	20.00	115.00	4.34	0.26	Rekomendasi
	21.00	109.05	4.12	0.24	
	22.65	100.00	3.77	0.22	Aktual

Analisa Litologi Batuan Lokal Terhadap Kolom Isian Bahan Peledak

Untuk memperoleh energi ledakan yang optimal, hal yang perlu dilakukan adalah menempatkan posisi kolom isian (*primary charge*) berada pada batuan yang memiliki kuat tekan yang lebih tinggi, antara lain batulempung dan batulanau. Sedangkan area laminasi batuan diusahakan tepat pada posisi *stemming*. Pemadatan *stemming* dilakukan menggunakan *cutting* bor material keras untuk mencegah distribusi energi ledak tidak menyusup pada bidang diskontinuitas sehingga energi ledak yang dihasilkan dapat membraikan material keras (batulempung dan batulanau) terlebih dahulu. Pada Gambar-13 menampilkan desain penampang kolom isian bahan peledak dengan memperhatikan litologi batuan lokal tanpa memperbaharui geometri peledakan yang ditetapkan perusahaan (7m x 8m x 8m).

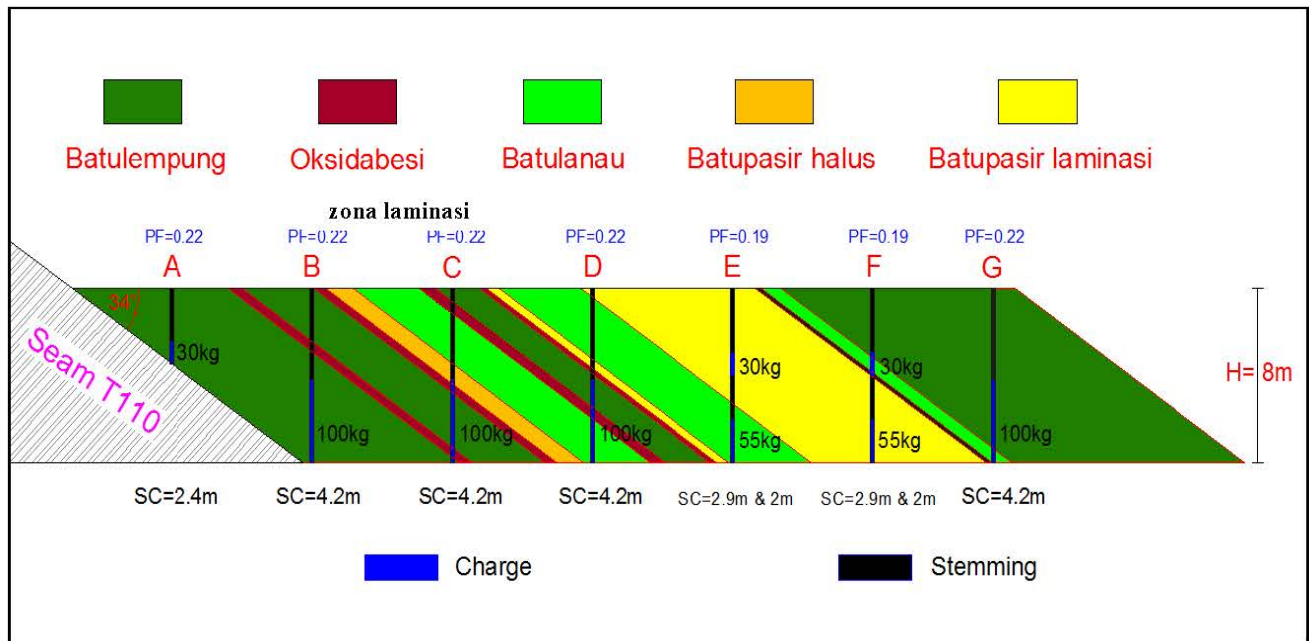
Tabel-5. Bobot isi dan kuat tekan batuan

Jenis Batuan	Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	Kuat Tekan (Mpa)
Batulempung	2.27	6.38
Batulanau	2.19	7.00
Batupasir halus hingga sedang	2.19	5.54
Batupasir laminasi	1.95	0.82

Rekomendasi Rancangan Peledakan

Berikut rekomendasi rancangan peledakan yang dapat diberikan untuk memperoleh hasil peledakan yang lebih optimal pada *roof seam* T110, sebagai berikut:

- Akurasi geometri dioptimalkan > 50%
- Metode peledakan: Single deck (zona laminasi)
Double deck (zona batupasir laminasi)
- Pola peledakan: Echelon
- Powder factor: Dioptimalkan pada kedalaman 3m, 4m, 5m dan 8m
- Arah peledakan: N 150° E



Gambar-13. Rancangan metode peledakan berdasarkan kondisi massa batuan lokal

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain: akurasi geometri pemboran lubang ledak dan nilai *powder factor* berbanding lurus terhadap *achievement productivity* alat gali muat dan nilai *recovery* peledakan. Akurasi geometri pemboran lubang ledak dan nilai *powder factor* berbanding terbalik terhadap distribusi fragmentasi. Persentase material *boulder* dan nilai *digging time* berbanding terbalik terhadap *achievement productivity* alat gali muat. Pada *range* kedalaman 3m, 4m, 5m dan 8m perlu dioptimalkan nilai *powder factor* untuk memperoleh distribusi fragmentasi material *boulder* < 20%. Berdasarkan analisa penempatan kolom isian bahan peledak terhadap desain litologi batuan lokal, untuk zona laminasi direkomendasikan menggunakan metode *single deck* (row a, b, c, d dan g) dan zona batupasir laminasi menggunakan metode *double deck* (row e dan f).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2007, *Specifications & Application Handbook Edition 28*, Komatsu, Japan. Hal.15A-2.
- [2] Hustrulid, W, 1999, *Blasting Principles for Open Pit Mining Volume 1-General Design Concepts*, A.A. Balkemea, Rotterdam, Brookfield. Hal.107, 112-119.
- [3] Koesnaryo, 1988, *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*. Fakultas Tambang, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta. Hal. 11, 24-28.
- [4] Konya, C.J, and Walter, E.L, 1990, "*Surface Blast Design*", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.