

Kajian Teknis Geometri Peledakan berdasarkan Analisis *Blastability Index* untuk Mencapai Target Fragmentasi Ideal dan *Diggability* PC2000 Komatsu pada Material keras *Seam D2, C2 dan DU* di PIT 7 West PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan-Suaran, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur

Fellya Septia Fauzi^{1*}, Dedi Yulhendra^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*fellyaseptia@gmail.com

**dediyulhendra@ft.unp.ac.id

Abstract Determining the blasting geometry and blasting material filling must pay attention to the characteristics of the rock's mass and geological conditions to obtain the ideal fragmentation, where the boulder size is less than 15% with a maximum size 1/3 of the bucket loader used. An alternative geometry experiment had conducted to solve the problem of boulder fragmentation and blasting hard material so the digging equipment rate could increase according to *Komatsu's PC2000* plan productivity at *PT. BUMA Jobsite BINSUA*. An alternative geometry design is determined by researching the rock mass characteristics based on *Lil's Blastability Index*, includes the *Rock Mass Description, Joint Plane Spacing, Joint Plane Orientation, Specific Gravity Influency, and Hardness*. Therefore, the actual rock value had obtained from the blasting location and the alternative geometry recommendation using the *R.L.Ash* theory combined with the *Vertical Energy Distribution* theory. On *C2* layer with 5.95 of the rock factor value recommended burden 7.2 m, space 8.3 m, and a VED explosive charge of 48%. On the *D2* layer, the rock factor value is 6.89 with a load of 7.5 m, space 8.3 m, and 55% filling of explosives VED. Besides, on the *DU* layer, the rock factor value is 6.39 with a load of 7.3 m, space 8.4 m, and 51% filling of the explosive VED. The prediction of blasting fragmentation analysis used *Kuz-ram* theory obtained fragmentation > 100 cm is 14.99% for the *C2* layer, 14.84% for the *D2* layer, and 14.82% for the *DU* layer.

Keywords: *Blastability Index*, Fragmentasi, Blasting Geometry, R.L.Ash, VED

1 Pendahuluan

Tambang terbuka adalah metode penambangan yang segala kegiatan atau aktivitas penambangannya dilakukan *relative* dekat dengan permukaan bumi, dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar. Pada tambang terbuka batubara, dilakukan pengupasan *overburden* untuk mendapatkan batubara yang akan ditambang, biasanya sifat batuan *overburden relative* keras sehingga pembongkaran tanah penutup di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan-Suaran menggunakan metode peledakan. Pemilihan metode peledakan dikarenakan nilai kekerasan batuan yang tinggi, sehingga tidak bisa secara langsung dibongkar (*metode free digging*) ataupun dengan metode *ripping & dozing*.

Peledakan bertujuan untuk memberaikan material dari batuan induknya agar ukuran fragmentasi yang dihasilkan dapat memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya^[1]. Keberhasilan suatu peledakan dapat dilihat dari target produksi yang terpenuhi, efisiensi penggunaan bahan peledak untuk memperoleh sejumlah volume batuan yang terbongkar (*powder factor*), diperoleh fragmentasi batuan hasil peledakan dengan sedikit bongkah (<15% dimensi batuan 100 cm),

diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak, overhang*, retakan-retakan), aman (sesuai dengan standar operasional prosedur) serta dampak terhadap lingkungan (*flyrock, ground vibration, air blast* dan gas beracun) yang minim^[2].

Peledakan pada pembongkaran tanah penutup yang dilakukan di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran masih dikatakan belum memuaskan, hal ini dapat dilihat dari parameter keberhasilan peledakan (*fragmentasi, digging time, powder factor, flyrock, ground vibration* dan *air blast*) yang belum memenuhi standar. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, dari enam parameter keberhasilan peledakan terdapat tiga parameter yang belum memenuhi standar, diantaranya adalah fragmentasi, digging time, dan powder factor.

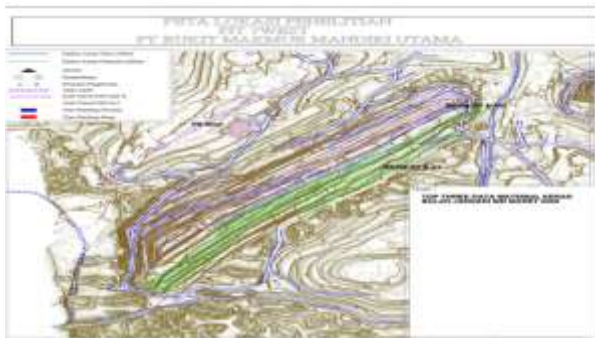
Kegiatan pengupasan tanah penutup (baik *overburden* maupun *interburden*) dilakukan termasuk pada salah satu tambang yang ada di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran khususnya di pit 7 West. Berdasarkan data laporan pengaruh ketidak tercapaian produktivitas alat muat pada bulan januari - maret, material keras dan fragmentasi *boulder* hasil peledakan menduduki peringkat ke delapan dapat dilihat

sampai 02° 02' 00.67" LU dan 117° 19' 58.27" BT sampai 117° 25' 59.36" BT . *Jobsite* ini terletak sekitar 51 km dari Kota Tanjung Redep, Berau atau lebih kurang 691 km dari Kota Balikpapan. Suaran berdasarkan penelusuran menggunakan *Software Google Earth Pro* dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Peta lokasi PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan-Suaran, Berau, Kalimantan Timur

Pengambilan data dilakukan pada pit 7 West pada lapisan *interburden seam* C2, D2 dan Du pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Lokasi Penelitian pada *interburden seam* C2, D2 dan Du

2.2 Data Penelitian

Data Penelitian yang diambil yaitu parameter pembobotan massa batuan (*blastability index*) berupa *rock mass description* yang diambil dengan pengukuran spasi kekar pada area peledakan dan didapatkan *rock quality design* dalam persen, *joint mass description* dilihat pada spasi kekar/rekahan yang didapatkan pada area peledakan, *joint plane orientation* dilihat dari kondisi lapisan batuan yang terjadi pada area peledakan, *specific gravity influence* diambil dari densitas batuan yang diledakan, *hardness* dapat diukur dengan kekerasan batuan yang diledakan^[3]. Data kegiatan peledakan seperti *burden*, spasi, kedalaman lubang ledak, *loading density*, *powder factor*, *steaming*, *time delay*, *hole diameter*, pola peledakan, pola inisasi, gambar fragmentasi, dan data *cycle time* alat gali muat merupakan data yang diambil oleh peneliti pada penelitian ini (data primer). Pengambilan data gambar fragmentasi memiliki tujuan untuk dianalisis dalam *software split desktop* untuk mendapatkan X100 (persentase material lolos pada ayakan ukuran 100 cm) sebagai ukuran *Loader PC2000*

Komatsu. Contoh analisis dapat dilihat seperti pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Foto Sebelum *Dilineasi*



Gambar 6. Output Hasil Analisis Fragmentasi dengan *Software Split Desktop*

2.3 Prediksi Fragmentasi Kuz-Ram

Perkiraan distribusi ukuran fragmentasi hasil peledakan berdasarkan metode Kuz-Ram^[4] membutuhkan beberapa masukan data, diantaranya faktor batuan, geometri peledakan, dan jumlah bahan peledak. Model ini menggunakan persamaan (1) untuk mencari fragmentasi rata-rata (X_m).

$$X_m = A \times \left\{ \frac{V_0}{Q} \right\}^{0,8} \times Q^{0,1667} \times \left\{ \frac{E}{115} \right\}^{-0,63} \quad (1)$$

Persamaan tersebut terdiri dari masukan data faktor batuan (A), Volume batuan terbungkar (m^3) (V_0), berat bahan peledak (Q), dan RWS bahan peledak ($ANFO = 100$). Langkah selanjutnya yang harus dilakukan yaitu mencari karakteristik ukuran (X_c) yang menggunakan rumus (2), setelah itu menentukan indeks keseragaman batuan yang menggunakan rumus (3), lalu melakukan perhitungan untuk mencari persentase ukuran batuan dengan menggunakan persamaan Rossin Ramler (4).

$$X_c = \frac{X_m}{0,693^{1/n}} \quad (2)$$

$$n = \left[2,2 - \left(\frac{14B}{d} \right) \right] \times \left[1 - \left(\frac{W}{B} \right) \right] \times \left[1 - \left(\frac{1+s/B}{2} \right) \right] \times \left(\frac{PC}{H} \right) \quad (3)$$

$$R = e^{-\left(\frac{x}{X_c} \right)^n} \quad (4)$$

2.3 Analisis Blastability Index

Indeks Blastabilitas (1986) dari Lilly^[3] dihasilkan dari pengamatannya bahwa *input* kemampuedakan biasanya berjumlah agregat dari perkiraan operator dan konsultan yang melaksanakan tugas kemampuedakan.

Salah satu data masukan untuk model Kuz-Ram adalah faktor batuan yang diperoleh dari indeks kemampusedakan atau *blastability index* (BI).

Pengaruh parameter yang dinyatakan dapat diringkas sebagai berikut: Nilai BI ditentukan dari penjumlahan bobot lima parameter yaitu *rock mass description* (RMD), *joint plane spacing* (JPS), *joint plan orientation* (JPO), *specific gravity influence* (SGI) dan *hardness* (H).

2.3.1 Rock Massa Description (RMD)

RMD merupakan parameter ruang digunakan untuk menunjukkan kualitas massa batuan dengan melakukan pengamatan terhadap struktur batuan dan hancurnya (*muckpile*). RMD dikategorikan ke dalam 3 kelas, yaitu rapuh (*powdery/friable*), struktur blok terkekarkan (*blocky*), dan sangat pejal (*totally massive*).

2.3.2 Joint Plane Spacing (JPS)

JPS merupakan jarak tegak lurus antara dua bidang lemah yang berurutan. Batuan yang memiliki lapisan tebal bila jarak antar bidang lemah semakin jauh, sedangkan batuan yang teresimentasi memiliki jarak yang kecil. Dari nilai RQD dapat ditentukan jarak antar bidang lemah dengan menghitung nilai frekuensi bidang per meter menggunakan persamaan Prist & Hudson dalam Lily's, 1986^[3]

2.3.3 Joint Plane Orientation (JPO)

Dalam operasi peledakan, orientasi bidang lemah utama pada massa batuan dapat mengakibatkan hal-hal berikut:

1. *Horizontal* (orientasi bidang diskontinuitas sejajar bidang bebas), menghasilkan kemantapan lereng dan arah lemparan yang terkontrol.
2. *Dip Out of Face* (orientasi bidang ke arah pit), menyebabkan ketidak mantapan lereng dan menghasilkan *backbreak* berlebih.
3. *Strike normal to face* (orientasi bidang diskontinuitas menyudut terhadap bidang bebas), akan menghasilkan muka jenjang berblok-blok dan terjadi hancuran yang berlebih.
4. *Dip into Face* (orientasi bidang diskontinuitas kearah massa batuan), menyebabkan toe tidak hancur dan potensi batuan akan mengganggu.

2.3.4 Spesific Gravity Influence (SGI)

SGI adalah sifat batuan terkait berat jenis dan prioritasnya. Batuan dengan bobot isi kecil pada umumnya lebih mudah mengalami deformasi dan memerlukan energi peledakan yang rendah untuk pemecahannya. Porositas menyatakan banyaknya jumlah pori dalam batuan. Porositas batuan yang besar mengindikasikan banyaknya ruang antar butir dalam batuan. Peningkatan porositas akan menghambat penjaralan gelombang kejut didalam massa batuan, menghambat terbentuknya rekahan-rekahan baru, dan

secara dominan menghasilkan bongkahan berukuran besar.

2.3.5 Spesific Gravity Influence (SGI)

Sifat mekanik batuan berhubungan dengan kekuatannya ialah kuat tekan uniaksial dan kekerasan batuan kuat tekan uniaksial batuan merupakan ukuran kemampuan batuan untuk menahan beban atau gaya yang bekerja pada arah uniaksial. Besarnya tegangan yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan pada batuan dapat dinyatakan pada kekerasan. Misalnya pada proses peledakan, batuan dengan kekerasan yang tinggi dan kuat tekan uniaksial yang besar akan cenderung lebih sukar hancur atau rusak daripada sebaliknya, sehingga diperlukan bahan peledak berdaya ledak lebih besar dalam upaya pemberaannya.

Semua faktor tersebut dijadikan sebagai data pembobotan masa batuan untuk peledakan agar didapatkan nilai faktor batuan yang diperoleh dari indeks kemampusedakan atau *blastability index* (BI). Hubungan antara kelima parameter tersebut dijadikan persamaan berikut:

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

Sumber : Hustrulid, 1999: 107^[5]

2.4 Produktivitas Alat Gali Muat

Perhitungan *cycle time* pada penelitian ini menggunakan persamaan (16) yang bersumber dari Eugene P. Fleider 1972 dalam Nata 2019^[6].

$$Ctm = T_{ex} + T_{swl} + T_{du} + T_{swe} \quad (6)$$

Maksud dari Ctm (*Cycle Time* alat gali muat (detik)), T_{ex} (Waktu *excavating*) atau digging (detik), T_{swl} (Waktu *swing loaded* (detik)), T_{du} (Waktu *dumping* (detik)), dan T_{swe} (Waktu *swing empty* (detik)). Dan untuk perhitungan digging rate dan produktivitas dilakukan dengan persamaan (7) dan (8).

$$\text{Digging Rate} = \text{Kapasitas Bucket (Bcm)} \times 3600/\text{Cm} \quad (7)$$

$$\text{Productivity} = \text{Digging Rate} \times \text{PA} \times \text{UA} \quad (8)$$

Sumber : Rocman Hadi, 1992 dalam milia, 2018^[7].

2.5 Rancangan Geometri Peledakan Usulan

Rancangan geometri peledakan usulan menggunakan analisis *blastability index* yaitu Rancangan geometri peledakan dengan parameter geomekanika (Hidayatullah, 2019) ^[8]. Dan teori R.L. Ash *combine* VED. Karena teori R.L Ash (1967) membuat pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang dengan mempertimbangkan faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan, keadaan struktur geologi, serta koreksi

terhadap jumlah lubang ledak yang diledakkan (Milia, 2018) [7].

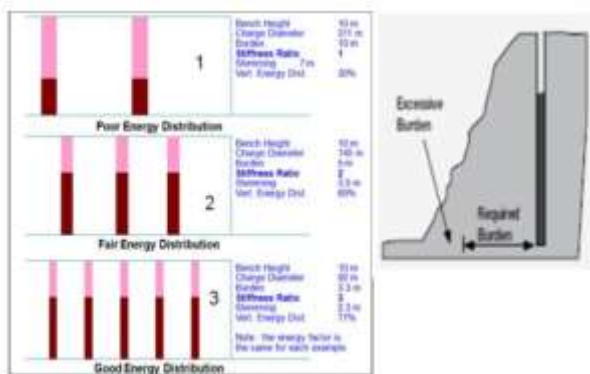
Dari penelitian sebelumnya selain membuat rancangan geometri usulan, juga perlu dilakukan analisis terhadap isian bahan peledak yang mempertimbangkan faktor batuan dan fragmentasi hasil peledakan (Zhang,2020) [9]. Sehingga dalam rekomendasi Geometri peledakan penulis menggunakan teori R.L Ash (1967) *combine* Teori VED (*Vertical Energy Distribution*).

Vertical Energy Distribution (VED) yang merupakan energi yang dihasilkan dari proses peledakan yang dapat didistribusikan secara vertikal dalam massa batuan. Nilai VED didapatkan dengan menggunakan rumus

$$VED = \frac{Pc}{H} \times 100\% \quad (9)$$

Sumber : *Drill and Blast* [10].

Apabila masa batuan yang akan diledakkan keras dari atas ke bawah maka lebih baik nilai VED lebih dari 80% untuk menghasilkan nilai fragmentasi yang merata. Untuk acuan VED yang bisa digunakan berdasarkan nilai *Stiffness Ratio* dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Hubungan *Stiffness Ratio* terhadap VED

3 Metode Penelitian

3.1 Desain Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Menurut Sugiyono (2009) [11], “Penelitian merupakan cara ilmiah berdasarkan ciri-ciri keilmuan untuk mendapatkan data dengan tujuan atau kegunaan tertentu”. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian terapan. Penelitian terapan dilakukan berkenaan dengan kenyataan-kenyataan praktis, penerapan, dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar. Tujuan utama penelitian terapan adalah mencari solusi tentang masalah-masalah tertentu sehingga dapat secara langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi.

3.1.2 Waktu Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 1 April-30 Juni 2020, dengan rincian 1 April – 14 April 2020 observasi lapangan, 15 April – 30 Mei 2020 pengambilan data, baik data primer maupun data sekunder, 1 Juni – 15 Juni 2020 pengolahan data lapangan,

3.1.2 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian berada di PT Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan-Suaran terletak di Desa Labana Makarti, Teluk Bayur, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur yang berada pada koordinat 02° 00' 50.53" LU sampai 02° 02' 00.67" LU dan 117° 19' 58.27" BT sampai 117° 25' 59.36" BT . Pengambilan data dilakukan pada pit 7 West pada lapisan *interburdent seam* C2, D2 dan Du .

3.2 Jenis Dan Sumber Data Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dikelompokkan atas dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini merupakan data hasil observasi dan pengujian laboratorium, yaitu geometri lereng aktual, sampel batuan untuk uji sifat fisik dan mekanik batuan, serta pengukuran kondisi diskontinuitas lereng di lapangan. Sedangkan data sekunder bersumber dari laporan penelitian terdahulu dari perusahaan, brosur perusahaan, dari data instansi yang terkait dan juga dari literatur-literatur, seperti data litologi, peta topografi, peta geologi dan data curah hujan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penyusunan penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan dan menggabungkan berbagai data yang mendukung untuk pengembangan penelitian ini. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung sesuai dengan literatur yang ada.

3.3 Teknik Analisis Data

1. Data parameter geomekanika batuan diolah berdasarkan analisis *blastability index* dan melakukan pembobotan sesuai keadaan aktual lapangan maupun berdasarkan data hasil uji labolatorium mekanika batuan.
2. Data geometri peledakan diolah ke dalam *ms.excel* kemudian dilakukan perhitungan deviasi aktual terhadap *plan* yang ditetapkan.
3. Data fragmentasi hasil peledakan diolah dengan dua cara yaitu teoritis dan aktual. Data teoritis diolah dengan menggunakan teori Kuz-Ram. Sementara untuk fragmentasi aktual diolah dengan program *split desktop*.

4. Data *digging time* dan *cycle time* diolah untuk mendapatkan nilai *digging rate*
5. Analisis statistik yang digunakan adalah analisis linier sederhana untuk mendapatkan persamaan yang menggambarkan hubungan antara Faktor batuan berdasarkan analisis *blastability index* dengan geometri peledakan terhadap target fragmentasi dan *diggability*. Dari persamaan yang dihasilkan maka dapat dicari kondisi ideal yang menggambarkan optimasi geometri peledakan berdasarkan analisis *blastability index* terhadap tujuan yang ingin dicapai.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Lokasi Pengambilan Data

Penelitian dilakukan pada sisi dinding barat dari Pit 7 West yang mencakup area *lowwall*. Yang mana pada area *lowwall* lapisan *interburden seam* C2, D2 dan Du yang memiliki nilai strike/dip N 228° E/51°. Area *lowwall* Pit 7 West dan lokasi penelitian lapisan *interburden seam* C2, D2 dan Du dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 8. Kenampakan Pit 7 West PT.BUMA Site Binungan-Suaran dari Atas.

4.2 Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual PT. Bukit Makmur Mandiri Utama

Fragmentasi aktual didapatkan dengan cara mengambil beberapa foto fragmentasi pada blok peledakan yang diestimasi dapat mewakili ukuran hasil fragmentasi batuan pada blok tersebut. Foto yang dimasukkan ke dalam *software split desktop*.

1. Fragmentasi Aktual Peledakan pada *interburden seam* C2

Tabel 1. Fragmentasi peledakan Aktual pada *Interburden Seam* C2

Fragmentasi Hasil Peladakan <i>Interburden Seam</i> C2		
Tanggal Peledakan	Ayakan 100 cm	
	% Lolos	% Tertahan
1-Apr-20	83,42	16,58
10-Apr-20	70,11	29,89
13-Apr-20	75,80	24,20
8 Juni 2020	74,33	25,67
14 Juni 2020	77,66	22,34
Rata-rata	76,26	23,73

Dari pengamatan lapangan yang dilakukan Rata-rata *boulder* hasil peledapan pada *interburden seam* C2 yaitu 23,73%.

2. Fragmentasi Aktual Peledakan pada *interburden seam* D2

Tabel 2. Fragmentasi peledakan Aktual pada *Interburden Seam* D2

Fragmentasi Hasil Peladakan <i>Interburden Seam</i> D2		
Tanggal Peledakan	Ayakan 100 cm	
	% Lolos	% Tertahan
1-Apr-20	80,31	19,69
9-Apr-20	68,56	31,44
21-Apr-20	81,00	19,00
29-Apr-20	73,25	26,75
2 Mei 2020	74,67	25,33
30 Mei 2020	75,35	24,65
11 Juni 2020	73,43	26,57
13 Juni 2020 Sisi Utara	88,32	11,68
13 Juni 2020 Sisi Selatan	75,22	24,78
14 Juni 2020	64,56	35,44
15 Juni 2020	69,55	30,45
Rata-rata	74,92	25,07

Dari pengamatan lapangan yang dilakukan Rata-rata *boulder* hasil peledapan pada *interburden seam* D2 yaitu 25,07%.

3. Fragmentasi Aktual Peledakan pada *interburden seam* Du

Tabel 3. Fragmentasi peledakan Aktual pada *Interburden Seam* Du

Fragmentasi Hasil Peladakan <i>Interburden Seam</i> Du		
Tanggal Peledakan	Ayakan 100 cm	
	% Lolos	% Tertahan
26-Apr-20	82,64	17,36
27-Apr-20	79,02	20,98
28-Apr-20	79,97	20,03
18 Mei 2020	79,00	21,00
Rata-rata	80,15	19,84

Dari pengamatan lapangan yang dilakukan Rata-rata *boulder* hasil peledapan pada *interburden seam* Du yaitu 19,84%.

4.3 *Digging Time* dan *Digging Rate* Alat Gali Muat Dari Kegiatan Peledakan Aktual

Berdasarkan data *Three Month Planing Productivity overburden*, untuk mendapatkan targer *productivity*, maka *cycle time* ideal yaitu sekitar 36,1 detik. *Cycle time* dan *digging time* aktual material hasil peledakan di daerah penelitian yaitu seperti table dibawah ini (Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8).

1. *Digging Time* Peledakan Aktual Pada *Interburden Seam C2*

Tabel 4. *Digging Time* Peledakan Aktual *Interburden Seam C2*

Digging Time Peledakan Aktual Pada Interburden Seam C2		
	Diging Time	Cycle Time
1-Apr-20	13,18	36,73
13-Apr-20	14,55	38,77
8 Juni 2020	14,89	38,79
14 Juni 2020	14,50	38,10
Rata-rata	14,28	38,09

2. *Digging Time* Peledakan Aktual Pada *Interburden Seam D2*

Tabel 5. *Digging Time* Peledakan Aktual *Interburden Seam D2*

Digging Time Peledakan Aktual Pada Interburden Seam D2		
	Diging Time	Cycle Time
1-Apr-20	12,55	36,77
9-Apr-20	15,72	40,39
2 Mei 2020	16,52	38,91
30 Mei 2020	15,83	40,88
11 Juni 2020	14,30	38,59
13 Juni 2020 Sisi Utara	13,89	36,78
13 Juni 2020 Sisi Selatan	17,07	39,48
14 Juni 2020	15,22	39,15
15 Juni 2020	16,43	38,09
Rata-rata	15,28	38,78

3. *Digging Time* Peledakan Aktual Pada *Interburden Seam Du*

Tabel 6. *Digging Time* Peledakan Aktual *Interburden Seam Du*

Digging Time Peledakan Aktual Pada Interburden Seam Du		
	Diging Time	Cycle Time
26-Apr-20	13,33	36,56
28-Apr-20	15,54	38,33
18 Mei 2020	15,79	39,11
Rata-rata	14,88	38,00

4.4 Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Batuan pada Seam C2, D2 dan Du PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan – Suaran.

Pengujian sifat fisik dan mekanik dilakukan di laboratorium tambang PT. Berau Coal selaku *owner* dari PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan – Suaran dari sampel yang penulis ambil di lapangan, pengujian sampel dilakukan sebagai berikut:

4.4.1 Uji Sifat Fisik

1. *Interburden seam C2*

Dari hasil pengujian laboratorium sifat fisik batuan *interburden seam C2* didapatkan data seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai Rata-Rata Uji Sifat Fisik Batuan *Seam C2*

Rata-rata Hasil Uji Sifat Fisik Seam C2		
No.	Parameter	Sandstone
1	Bobot isi asli (<i>natural density</i>) gr/cm ³	2,32
2	Berat isi jenuh (<i>saturated density</i>) gr/cm ³	2,18
3	Berat isi Kering (<i>dry density</i>) gr/cm ³	2,39
4	Berat jenis semu	2,39

2. *Interburden seam D2*

Dari hasil pengujian laboratorium sifat fisik batuan *interburden seam D2* didapatkan data seperti terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai Rata-Rata Uji Sifat Fisik Batuan *Seam D2*

Rata-rata Hasil Uji Sifat Fisik Seam D2		
No.	Parameter	Mudstone
1	Bobot isi asli (<i>natural density</i>) gr/cm ³	2,10
2	Berat isi jenuh (<i>saturated density</i>) gr/cm ³	2,04
3	Berat isi Kering (<i>dry density</i>) gr/cm ³	2,15
4	Berat jenis semu	2,15

3. *Interburden seam Du*

Dari hasil pengujian laboratorium sifat fisik batuan *interburden seam Du* didapatkan data seperti terlihat pada tabel 9.

Tabel 9. Nilai Rata-Rata Uji Sifat Fisik Batuan *Seam Du*

Rata-rata Hasil Uji Sifat Fisik Seam Du		
No.	Parameter	Interlaminated Sandstone and Mudstone
1	Bobot isi asli (<i>natural density</i>) gr/cm ³	2,22
2	Berat isi jenuh (<i>saturated density</i>) gr/cm ³	2,17
3	Berat isi Kering (<i>dry density</i>) gr/cm ³	2,29
4	Berat jenis semu	2,29

4.4.2 Uji Sifat Mekanik

Nilai kuat tekan batuan dilakukan berdasarkan uji *Unconfined Compressive Strength Test (UCS)* pada sampel batuan. Uji UCS dilakukan pada sampel batuan *Interburden seam C2, D2 dan Du* dimana batuan tersebut merupakan sebagai material penyusun dari lokasi penelitian. Pengujian dilakukan dengan sampel hasil dari pengeboran yang dilakukan PT. Berau Coal. dimana berbentuk beraturan dengan dimensi yang bervariasi tergantung dari kondisi batuan sampel. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh hasil seperti pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Nilai Hasil Pengujian Sifat Mekanik Batuan

Hasil Pengujian UCS			
Lokasi Batuan	Dimensi		Sc (Mpa)
	D (mm)	H (mm)	
<i>Interburden Seam C2</i>	62	62,2	4,86
<i>Interburden Seam D2</i>	62,1	62,3	8,03
<i>Interburden Seam Du</i>	61,8	62,2	3,99

4.5 Parameter Blastability Index pada Lokasi Peledakan

4.5.1 *Rock Mass Description (RMD)*

Rock mass description parameter yang digunakan untuk menunjukkan kualitas massa batuan dengan melakukan pengamatan struktur batuan dengan cara RQD (*Rock Quality Design*) Nilai RQD lokasi penelitian dihitung berdasarkan estimasi yang dilakukan oleh Priest dan Hudson (1976)^[12].

1. RQD *Interburden seam C2*

Tabel 11. Nilai RQD Batuan *Seam C2*

Nilai RQD pada <i>Interburden seam C2</i>		
No.	Blok Pengukuran	RQD %
1	20	98,7
2	21	99,61
3	22	99,50
4	23	99,33
5	24	99,33
Rata-rata		99,29

RQD rata – rata pada *interburden seam C2* sebesar 99,29%. Dengan RQD tersebut di klasifikasikan kualitas batumannya *Hard and Intact*.

2. RQD *Interburden seam D2*

Tabel 12. Nilai RQD Batuan *Seam D2*

Nilai RQD pada <i>Interburden seam D2</i>		
No.	Blok Pengukuran	RQD %
1	14	99,26
2	15	99,54
3	16	99,78
4	17	99,46
5	18	99,46
6	19	99,26
Rata-rata		99,46

RQD rata – rata pada *interburden seam D2* sebesar 99,46%. Dengan RQD tersebut di klasifikasikan kualitas batumannya *Hard and Intact*.

3. RQD *Interburden seam Du*

Tabel 13. Nilai RQD Batuan *Seam Du*

Nilai RQD pada <i>Interburden seam Du</i>		
No.	Blok Pengukuran	RQD %
1	24	99,53
2	25	99,59
3	26	99,69
4	27	99,74
Rata-rata		99,63

RQD rata – rata pada *interburden seam Du* sebesar 99,63%. Dengan RQD tersebut di klasifikasikan kualitas batumannya *Hard and Intact*.

4.5.2 *Joint Plane Spacing (JPS)*

JPS adalah jarak tegak lurus antar dua bidang lemah yang berurutan/jarak antar bidang lemah.

1. RQD *Interburden seam C2*

Tabel 14. Nilai Spasi Kekar pada *Interburden Seam C2*

Nilai JPS pada <i>Interburden seam C2</i>		
No.	Blok Pengukuran	Rata-rata Spasi Kekar (meter)
1	20	0,79
2	21	0,83
3	22	1,07
4	23	0,83
5	24	0,83
Rata-rata		0,87

Dari pengukuran spasi kekar pada *Interburden Seam C2* di dapatkan rata-rata spasi kekar 0,87 m sehingga diklasifikasikan jarak kekar *intermediate* (0,1 m - 1 m) dengan bobot 20.

2. RQD *Interburden seam D2*

Tabel 15. Nilai Spasi Kekar pada *Interburden Seam D2*

Nilai JPS pada <i>Interburden seam D2</i>		
No.	Blok Pengukuran	Rata-rata Spasi Kekar (meter)
1	14	0,78
2	15	1,06
3	16	1,5
4	17	0,93
5	18	0,93
6	19	0,78
Rata-rata		0,99

Dari pengukuran spasi kekar pada *Interburden Seam D2* di dapatkan rata-rata spasi kekar 0,99 m sehingga diklasifikasikan jarak kekar *intermediate* (0,1 m - 1 m) dengan bobot 20.

3. RQD *Interburden seam Du*

Tabel 16. Nilai Spasi Kekar pada *Interburden Seam Du*

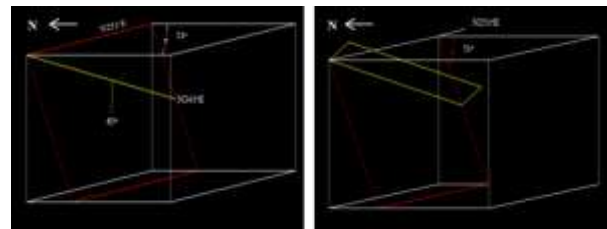
Nilai JPS pada <i>Interburden seam Du</i>		
No.	Blok Pengukuran	Rata-rata Spasi Kekar (meter)
1	24	1
2	25	1,1
3	26	1,25
4	27	1,36
Rata-rata		1,17

Dari pengukuran spasi kekar pada *Interburden Seam Du* di dapatkan rata-rata spasi kekar 0,87 m sehingga diklasifikasikan jarak kekar *wide* (>1 m) dengan bobot 30.

4.5.3 *Joint Plane Orientation (JPO)*

Dalam operasi peledakan, orientasi bidang lemah pada massa batuan sangatlah penting karena akan berpengaruh pada penentuan arah peledakan guna mendapatkan hasil fregmentasi yang diinginkan. Anallisa terhadap arah umum kekar dilakukan dengan menggunakan *software*.

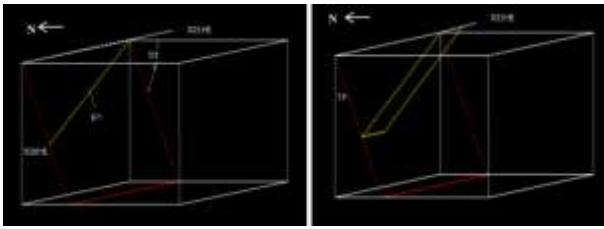
1. Bidang lemah pada *Interburden seam C2*



Gambar 9. Sketsa kekar terhadap posisi lereng *interburden seam C2*

Pada *interburden seam C2* orientasi bidang lemah pada massa batuan adalah *Dip Out of Face* (orientasi bidang ke arah pit), orientasi bidang lemah ini berpotensi menyebabkan ketidak mantapan lereng dan Struktur searah dip Potensi *backbreak*, dinding rusak, fragmentasi lantai masalah. bobot parameter geomekanika adalah 20 seperti pada gambar 9.

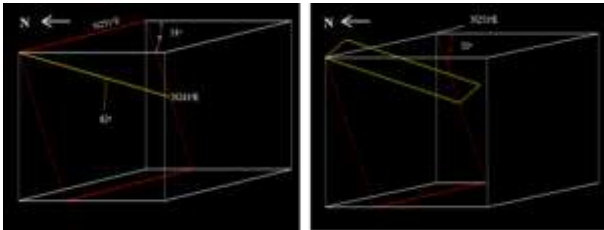
2. Bidang lemah pada *Interburden seam D2*



Gambar 10. Sketsa kekar terhadap posisi lereng *interburden seam D2*

Pada *interburden seam D2* orientasi bidang lemah pada massa batuan adalah *Dip Into Face* (orientasi bidang diskontinuitas kearah massa batuan) sehingga menyebabkan toe tidak hancur yang menyebabkan material keras layer kedua dan potensi batuan akan mengantung arah *freeface*, bobot parameter geomekanika adalah 40 seperti pada gambar 10 diatas.

3. Bidang lemah pada *Interburden seam Du*



Gambar 11. Sketsa kekar terhadap posisi lereng *interburden seam Du*

Pada *interburden seam Du* orientasi bidang lemah pada massa batuan adalah *Dip Out of Face* (orientasi bidang ke arah pit), orientasi bidang lemah ini berpotensi menyebabkan ketidak mantapan lereng dan Struktur searah dip Potensi *backbreak*, dinding rusak, fragmentasi lantai masalah. bobot parameter geomekanika adalah 20 seperti pada gambar 11.

4.5.4 *Specific Gravity Influence (SGI)*

Specific gravity influence adalah sifat batuan yang terkait berat jenis dan porositas. Berikut adalah hasil perhitungan *Specific gravity influence* masing-masing *interburden seam C2* 8, *D2* 2,5 dan *Du* 5.

4.5.5 *Hardness*

Sifat mekanis batuan yang berhubungan dengan kekuatannya adalah kuat tekan uniaksial dan kekerasan batuan. Pada penelitian ini kekerasan batuan menggunakan hasil uji sifat mekanik batuan, dengan kekerasannya didapatkan yaitu *interburden seam C2* nilai H 1,31, *interburden seam D2* nilai H 1,99, *interburden seam Du* nilai H 1,04.

4.6 Indeks Kemampuledakan Atau *Blastibility Indeks*

Pembobotan *Blastibility index* pada lokasi peledakan ditentukan dari penjumlahan bobot lima parameter geomekanika sebagai berikut pada tabel 17.

Tabel 17. Nilai *Blastibility Index* Pada Lokasi Penelitian

Parameter Geomekanika	Interburden Seam C2		Interburden Seam D2		Interburden Seam Du	
	Ket.	Pembobotan	Ket.	Pembobotan	Ket.	Pembobotan
RMD	Totally Massive	50	Totally Massive	50	Totally Massive	50
JPS	Intermediate	20	Intermediate	20	Wide	30
JPO	Dip Out of face	20	Dip Into face	40	Dip Out of face	20
SGI	-	8	-	2,5	-	5,5
Hardness	UCS	1,31	UCS	1,99	UCS	1,04
Jumlah		99,31	114,49	106,54		
BI	$0,5(RMD+JPS+JPO+SGI+H)$	49,65	57,245	53,27		
A	$0,12 \times BI$	5,95	6,86	6,39		

Pada lokasi peledakan terdapat pembobotan *blastability index* digunakan dengan rumus $BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$, sehingga didapatkan Nilai BI pada *Interburden seam C2* 49,65, *Interburden seam D2* 57,24 dan *Interburden seam Du* 53,27, selanjutnya hubungkan factor batuan dengan kemampuledakan suatu batuan $A=0,12 \times BI$, Sehingga terdapat faktor batuan *Interburden seam C2* 5,95, *Interburden seam D2* 6,86 dan *Interburden seam Du* 6,39.

4.7 Analisis Hubungan Faktor Batuan Terhadap Fragmentasi Hasil Peledakan Aktual

Tabel 18. Analisis Data Peledakan Pada Daerah Penelitian

Analisis Data Peledakan Pada Daerah Penelitian				
Lokasi	Digging Time (detik)	Cycle Time (detik)	Fragmentasi >100 cm	Blastibility Indeks
Interburden seam C2	14,28	38,09	23,73%	49,65
Interburden seam D2	15,28	38,78	25,07%	57,24
Interburden seam Du	14,88	38,00	19,84%	53,27

Dari analisis data faktor batuan, fragmentasi hasil peledakan dan *cycle time* pemuatan material hasil peledakan, *interburden seam D2* memiliki nilai *Blastibility indeks*, fragmentasi *boulder* dan *cycle time* paling tinggi.

Dari lima parameter *blastability indeks*, parameter *Joint Plane Orientation* paling dominan, dimana rata-rata bidang lemah pada *interburden seam D2* yaitu *Dip Into Face* (orientasi bidang diskontinuitas kearah massa batuan) berdasarkan teori *blastability indeks* bidang lemah ini dapat menyebabkan *toe* tidak hancur yang nantinya berpotensi menjadi material keras dan fragmentasi *boulder*.

Hasil dari pengamatan peledakan aktual pada *interburden seam D2* membuktikan bahwa terdapatnya fargmentasi *boulder* 25,07 %, dan material keras dengan nilai *digging time* 15,28 detik (Gambar 12 dan Gambar 13), sehingga dapat menyebabkan ketidak tercapaian peroduktifitas alat gali muat PC2000 Komatsu.

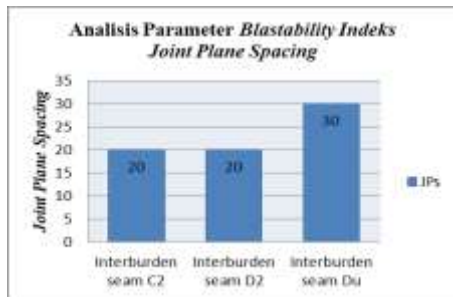


Gambar 12. Analisis Pengaruh JPO terhadap hasil Fragmentasi Peledakan



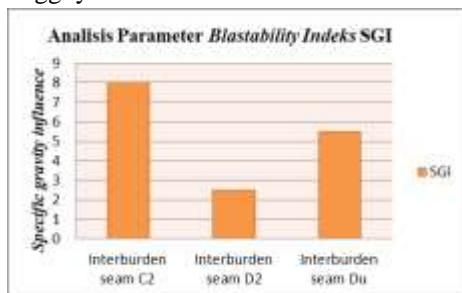
Gambar 13. Analisis Pengaruh JPO terhadap Digging Time Pemuatan Material

Interburden seam Du menduduki posisi kedua dan parameter *blastability indeks* yang paling dominan yaitu *Joint Plane Spacing* (Gambar 14), dimana bidang lemah pada lapisan ini lebih sedikit dibandingkan lapisan lainnya, sehingga batuan pada lapisan *interburden seam Du* lebih kompak di banding lapisan C2 dan D2. Geometri aktual saat ini kurang maksimal dalam memberai batuan pada lapisan ini, dibuktikan dengan fragmentasi aktual peledakan yang *boulder* 19,84% dan nilai *digging time* yang cukup tinggi yaitu 14,88 detik.



Gambar 14. Analisis Parameter Blastability Indeks JPS

Peledakan Pada *interburden seam C2* memiliki nilai fragmentasi *boulder* 23,73% dari analisis *blastability indeks* parameter yang paling dominan yaitu *Specific gravity influence* adalah sifat batuan yang terkait berat jenis dan porositas, seperti Gambar 15. Dimana lapisan *interburden seam C2* memiliki nilai SGI batuan yang paling tinggi yaitu 8.



Gambar 15. Analisis Parameter Blastability Indeks SGI

Berdasarkan teori *blastability indeks* untuk mengatasi masalah ini dibutuhkan analisis perbaikan kolom isian bahan peledak, sehingga penulis melakukan kajian rekomendasi geometri peledakan berdasarkan teori RL.Ash karena teori ini mempertimbangkan nilai faktor batuan, dan untuk kolom isian penulis menggunakan metode VED yang dapat memperhatikan distribusi energi peledakan.

4.8 Analisis Hubungan Isian Bahan Peledak dengan Prediksi Fragmentasi Kuz-Ram dan Rekomendasi Geometri Peledakan

Berdasarkan analisis *blastability indeks* untuk memperbaiki fragmentasi hasil peledakan, perlu dilakukan perubahan pada isian bahan peledakan. Untuk analisis hubungan isian bahan peledak dengan fragmentasi hasil peledakan ini sudah pernah diteliti sebelumnya yaitu pada jounal “Evaluasi Isian Bahan Peledak menggunakan Analisis Distribusi Ukuran Fragmen pada Peledakan Batuan Penutup di Tambang Terbuka Batubara”. Penelitian ini menganalisis fragmentasi hasil peledakan menggunakan metoda Kuz-Ram dan analisis regresi, dengan data geometri peledakan, isian bahan peledak dan struktur batuan secara umum untuk mendapatkan prediksi distribusi fragmentasi ideal sesuai target perusahaan.

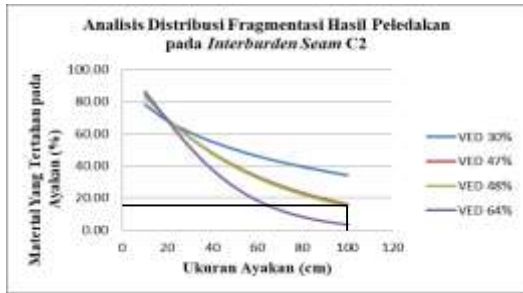
4.8.1 Rancangan Geometri dan Prediksi Fragmentasi pada *interburden seam C2*

Interburden seam C2 memiliki nilai *blastability indeks* 49,65 dan rata-rata fragmentasi ukuran >100 cm yaitu 23,73 % , sehingga dilakukan usaha perbaikan yang kemudian dapat diberikan simulasi isian bahan peledak sesuai dengan target persentase *boulder* yang ingin dicapai. Isian bahan peledak untuk targer <15% material *boulder* dan dengan kedalam rata-rata peledakan 7 m – 8 m, sehingga didapatkan nilai *stiffeness ratio* 1 dengan VED 30% - 64%. Rekomendasi geometri dan isian bahan peledak usulan untuk dilakukan simulasi agar mendapatkan fragmentasi ideal sesuai target perusahaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 19. Rekomendasi Geometri peledakan pada *Interburden Seam C2*

Interburden seam C2						
No.	Parameter	Geometri Peledakan				Satuan
		Rekomendasi berdasarkan VED				
		30%	47%	48%	64%	
1 Geometri Peledakan						
a.	Burden (B)	7,2	7,2	7,2	7,2	meter
b.	Spasi (S)	8,3	8,3	8,3	8,3	meter
c.	Stemming (T)	6,10	4,74	4,66	4,62	meter
d.	Powde Column (PC)	1,90	3,26	3,34	4,62	meter
e.	Loading Densiry (de)	36,11	36,11	36,11	36,11	kg/m
f.	Berat Total Isian (Q)	68,61	117,72	120,61	166,83	kg/lubang
g.	Powder Factor (PF)	0,14	0,24	0,25	0,35	kg/m ³
2 Hasil Fragmentasi Peledakan Berdasar Rumus Kuz-Ram						
a.	Ukuran Fragmentasi Batuan rata-rata (Xm)	50,55	37,64	37,14	30,95	Centimeter
b.	Indeks Keseragaman (n)	0,64	1	1,02	1,36	
c.	Karakteristik Ukuran Batuan (Xc)	88,90	54,34	53,21	40,54	Centimeter
d.	Persentase Frgmentasi Peledakan Ukuran Boulder (R100)	34,03	15,90	14,91	3,29	%

Berdasarkan Tabel 19 di atas, maka dipilihlah salah satu dari keempat rekomendasi geometri peledakan pada tabel tersebut agar di uji cobakan atau diterapkan di lapangan dimana untuk penerapan di lapangan penulis mengusulkan rekomendasi ketiga dengan VED 48% hal ini dikarenakan persentase fragmentasi hasil peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan lebih sedikit yaitu 14,91% dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 . Analisis Perediksi Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan pada interburden seam C2.

4.8.2 Rancangan Geometri dan Prediksi Fragmentasi pada interburden seam D2

Interburden seam D2 memiliki nilai *blastability indeks* 57,24 dan rata-rata fragmentasi ukuran >100 cm yaitu 25,07% , sehingga dilakukan usaha perbaikan yang kemudian dapat diberikan simulasi isian bahan peledak sesuai dengan target persentase *boulder* yang ingin dicapai. Isian bahan peledak untuk targer <15% material *boulder* dan dengan kedalam rata-rata peledakan 7 m – 8 m, sehingga didapatkan nilai *stiffeness ratio* 1 dengan VED 30% - 64%. Rekomendasi geometri dan isian bahan peledak usulan untuk dilakukan simulasi agar mendapatkan fragmentasi ideal sesuai target perusahaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 20. Rekomendasi Geometri peledakan pada Interburden Seam D2

Interburden seam D2									
No.	Parameter	Geometri Peledakan						Satuan	
		Rekomendasi berdasarkan VED							
		30%	47%	48%	49%	50%	55%	64%	
Geometri Peledakan									
1	a. <i>Burden</i> (B)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	meter
	b. <i>Spasi</i> (S)	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	meter
	c. <i>Stemming</i> (T)	6,10	4,74	4,66	4,58	4,50	4,10	3,38	meter
	d. <i>Powder Column</i> (PC)	1,90	3,26	3,34	3,42	3,50	3,90	4,62	meter
	e. <i>Loading Density</i> (de)	36,11	36,11	36,11	36,11	36,11	36,11	36,11	kg/m
	f. <i>Berat Total Isian</i> (Q)	68,61	117,72	120,61	123,50	126,39	140,83	166,83	kg/tubang
	g. <i>Powder Factor</i> (PF)	0,13	0,23	0,23	0,24	0,25	0,27	0,32	kg/m ³
Hasil Fragmentasi Peledakan Berdasar Rumus Kuz-Ram									
2	a. <i>Ukuran Fragmentasi Batu rata-rata</i> (Xm)	60,51	45,54	44,94	44,36	43,79	41,23	37,46	Centimeter
	b. <i>Indeks Keseragaman</i> (n)	0,63	0,99	1,01	1,03	1,05	1,16	1,35	
	c. <i>Karakteristik Ukuran Batuan</i> (Xc)	108,17	65,98	64,61	63,30	62,05	56,60	49,18	Centimeter
	d. <i>Persentase Fragmentasi Peledakan</i> (<i>Ukuran Boulder</i> (R100))	38,61	22,12	21,13	20,14	19,16	14,48	7,24	%

Berdasarkan Tabel 20 di atas, maka dipilihlah salah satu dari ketujuh rekomendasi geometri peledakan pada tabel tersebut agar di uji cobakan atau diterapkan di lapangan dimana untuk penerapan di lapangan penulis mengusulkan rekomendasi ketujuh dengan VED 55% hal ini dikarenakan persentase fragmentasi hasil peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan lebih sedikit yaitu 14,48% dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 . Analisis Perediksi Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan pada interburden seam D2

4.8.3 Rancangan Geometri dan Prediksi Fragmentasi pada interburden seam Du

Interburden seam Du memiliki nilai *blastability indeks* 53,18 dan rata-rata fragmentasi ukuran >100 cm yaitu 19,84% , sehingga dilakukan usaha perbaikan yang kemudian dapat diberikan simulasi isian bahan peledak sesuai dengan target persentase *boulder* yang ingin dicapai. Isian bahan peledak untuk targer <15% material *boulder* dan dengan kedalam rata-rata peledakan 7 m – 8 m, sehingga didapatkan nilai *stiffeness ratio* 1 dengan VED 30% - 64%. Rekomendasi geometri dan isian bahan peledak usulan untuk dilakukan simulasi agar mendapatkan fragmentasi ideal sesuai target perusahaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 21. Rekomendasi Geometri peledakan pada Interburden Seam Du

Interburden seam Du									
No.	Parameter	Geometri Peledakan						Satuan	
		Rekomendasi berdasarkan VED							
		30%	47%	48%	50%	51%	64%		
Geometri Peledakan									
1	a. <i>Burden</i> (B)	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	meter	
	b. <i>Spasi</i> (S)	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	meter	
	c. <i>Stemming</i> (T)	6,10	4,74	4,66	4,58	4,50	4,10	3,38	
	d. <i>Powder Column</i> (PC)	1,90	3,26	3,34	3,42	3,50	3,90	4,62	
	e. <i>Loading Density</i> (de)	36,11	36,11	36,11	36,11	36,11	36,11	36,11	
	f. <i>Berat Total Isian</i> (Q)	68,61	117,72	120,61	123,50	126,39	140,83	166,83	
	g. <i>Powder Factor</i> (PF)	0,14	0,24	0,24	0,25	0,26	0,28	0,34	
Hasil Fragmentasi Peledakan Berdasar Rumus Kuz-Ram									
2	a. <i>Ukuran Fragmentasi Batu rata-rata</i> (Xm)	54,72	41,18	40,64	40,11	39,60	39,11	33,87	Centimeter
	b. <i>Indeks Keseragaman</i> (n)	0,64	0,99	1,02	1,04	1,06	1,18	1,35	
	c. <i>Karakteristik Ukuran Batuan</i> (Xc)	97,49	59,34	58,33	57,13	56,00	54,91	44,41	
	d. <i>Persentase Fragmentasi Peledakan</i> (<i>Ukuran Boulder</i> (R100))	36,20	18,73	17,73	16,74	15,77	14,82	4,96	

Berdasarkan Tabel 21 di atas, maka dipilihlah salah satu dari ketujuh rekomendasi geometri peledakan pada tabel tersebut agar di uji cobakan atau diterapkan di lapangan dimana untuk penerapan di lapangan penulis mengusulkan rekomendasi ketujuh dengan VED 51% hal ini dikarenakan persentase fragmentasi hasil peledakan ukuran *boulder* yang dihasilkan lebih sedikit yaitu 14,82% dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 . Analisis Perediksi Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan pada interburden seam Du

4.9 Hasil Penerapan Rekomendasi Geometri Peledakan RL.Ash dan VED di Lapangan

Adapun hasil akhir dari penerapan rancangan usulan geometri peledakan RL.Ash dan VED di lapangan bisa dilihat pada Tabel 22 berikut ini. Dan alat gali muat yang menggali material hasil peledakan yaitu alat gali muat *excavator* PC2000 Komatsu.

Tabel 22. Hasil Penerapan Rekomendasi Geometri Peledakan Teori RL.Ash dan VED di Lapangan

No.	Parameter Penentu	Kondisi Aktual			Hasil Dari Penerapan	
		Seam C2	Seam D2	Seam Du	Seam C2	Seam D2
1	Fragmentasi Hasil Peledakan > 100cm	23,73%	25,07%	19,84%	6,23%	10,67%
2	Digging Time Alat Muat	14,28 detik	15,28 detik	14,88 detik	12,03 detik	12,69 detik
3	Bucket Fill Factor	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
4	Digging Rate Alat Gali Muat	615,95 bcm/Jam	598,7 bcm/Jam	614,55 bcm/Jam	832,14 bcm/Jam	831,22 bcm/Jam

Berdasarkan Tabel diatas, material ukuran *boulder* yang dihasilkan jauh lebih baik dari persentase fragmentasi aktual yang selama ini didapatkan oleh perusahaan dimana terjadi pengurangan fragmentasi ukuran *boulder*. Selain itu, *diggability* alat gali muat yang dihasilkan juga jauh lebih baik dimana *bucket fill factor* alat gali muat mengalami peningkatan sehingga produktivitas alat gali muat juga mengalami peningkatan. Selain itu, *digging time* mengalami penurunan sehingga *cycle time* alat gali muat menurun dan produktivitas alat gali muat bisa mengalami peningkatan.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Karakteristik massa batuan pada area peledakan didapatkan RQD setiap lapisan *interburdet* yaitu *interburdet seam C2* = 99,29%, *interburdet seam D2* = 99,46%, dan *interburdet seam Du* = 99,63%. Pengujian labotarium terdiri dari pengujian sifat fisik dan mekanik, dimana sifat fisik didapatkan bobot isi asli yaitu *interburdet seam C2* = 2,32 gr/cm³, *interburdet seam D2* = 2,10 gr/cm³, dan *interburdet seam Du* = 2,22 gr/cm³. Bobot jenuh *interburdet seam C2* = 2,39 gr/cm³, *interburdet seam D2* = 2,15 gr/cm³, dan *interburdet seam Du* = 2,29 gr/cm³. Bobot isi kering *interburdet seam C2* = 2,18 gr/cm³, *interburdet seam D2* = 2,04 gr/cm³, dan *interburdet seam Du* = 2,17 gr/cm³. Sedangkan pengujian mekanik dilakukan dengan pengujian UCS yang didapatkan dengan nilai kuat tekan batuan *interburdet seam C2* = 4,86 Mpa, *interburdet seam D2* = 8,03 Mpa, dan *interburdet seam Du* = 3,53 Mpa.
2. Pembobotan *blastability indeks* digunakan dengan rumus $BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$, sehingga didapatkan nilai BI pada *interburden seam C2* 49,05 dengan nilai faktor batuan 5,95, *interburden seam D2* 57,24 dengan nilai faktor batuan 6,86, dan *interburden seam Du* 53,27 dengan nilai faktor batuan 6,39.
3. Dari lima parameter *blastability indeks*, parameter *Joint Plane Orientation* paling dominan, dimana rata-rata bidang lemah pada *interburden seam D2* yaitu *Dip Into Face* (orientasi bidang diskontinuitas kearah massa batuan) berdasarkan teori *blastability indeks* bidang lemah ini dapat menyebabkan *toe* tidak

hancur yang nantinya berpotensi menjadi material keras dan fragmentasi *boulder*. Sedangkan *Interburden seam Du* menduduki posisi kedua dan parameter *blastability indeks* yang paling dominan yaitu *Joint Plane Spacing*, dimana bidang lemah pada lapisan ini lebih sedikit dibandingkan lapisan lainnya, sehingga batuan pada lapisan *interburden seam Du* lebih kompak di banding lapisan C2 dan D2. Dan pada *interburden seam C2* memiliki nilai fragmentasi *boulder* 23,73% dari analisis *blastability indeks* parameter yang paling dominan yaitu *Specific gravity influence*. Berdasarkan teori *blastability indeks* untuk mengatasi masalah ini dibutuhkan analisis perbaikan kolom isian bahan peledak, sehingga penulis melakukan kajian rekomendasi geometri peledakan berdasarkan teori RL.Ash karena teori ini mempertimbangkan nilai faktor batuan, dan untuk kolom isian penulis menggunakan metode VED yang dapat memperhatikan distribusi energi peledakan.

4. Rekomendasi geometri peledakan menggunakan Teori RL.Ash karena mempertimbangkan nilai factor batuan dan untuk *Charging Sheet* berdasarkan Teori VED berdasarkan *blastability index*, diperoleh rancangan geometri peledakan masing-masing lapisan, dan rekomendasi isian yaitu Pada lapisan C2 direkomendasikan *burden* 7,2 m, spasi 8,3 m dan isian bahan peledak VED 48%. Pada lapisan D2 menggunakan *burden* 7,5 m, spasi 8,6 m dan isian bahan peledak VED 55%. Dan pada lapisan Du dengan rekomendasi *burden* 7,3 m, spasi 8,4 m dan untuk isian bahan peledak VED 51%. Analisis prediksi fragmentasi hasil peledakan menggunakan teori Kuz-ram dimana pada lapisan C2 didapatkan fragmentasi >100 cm yaitu 14,99%, pada lapisan D2 14,84% dan lapisan Du 14,82%.

5.2 Saran

1. Dalam melakukan pengujian sifat fisik dan mekanik hendaklah dilihat parameter atau nilai acuan/tolak ukur dari pengujian yang penulis lakukan.
2. Fragmentasi hasil peledakan dipengaruhi oleh banyak parameter tetapi penulis menitikberatkan kepada kondisi geologi dalam peledakan, sebenarnya banyak parameter seperti delay peledakan.
3. Dalam memasukan parameter prediksi hasil peledakan dengan metode kuzram harus dengan teliti dan memasukan hasil pengujian dalam prediksi tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] S. Saptono, S. Koesnaryo, B. Dwinagara, R. Hariyanto. Rock Blasting Technique 1. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran (2016).
- [2] Bhandari, Sushil. 1997. Engineering Rock Blasting Operation. India: Department Of Mine Engineer J.N.V University Jodhpur

- [3] Lilly, PA. (1986). "An Empirical Method of Assessing Rock Mass Blastability", AusIMM/IEAust Large Open Pit Mining Conference, Newman, 89-92
- [4] 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
- [5] Hustrulid, W. (1999). "Blasting Principles For Open Pit Mining". Colorado School Of Mines Golden. Colorado, USA.
- [6] Nur Ananda, Natasya. dan Anaperta, Yoszi Mingsi. 2019. *Evaluasi Efisiensi Alat Gali-Muat terhadap Produktivitas setelah Delay Shift Change pada Pembongkaran Overburden Bulan Februari 2019 di Pit AB RTS (Roto South) Tambang Batubara PT Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite PT Kideco Jaya Agung*. Jurnal. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang: Padang.
- [7] Putri, Milia. 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*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang: Padang.
- [8] Hidayattullah, S., & Heriyadi, B.. (2018). *Rancangan Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Ideal Berdasarkan Nilai Blastibility Index Pada Tamka PT. Allied Indo Coal Jaya Kota Sawahlunto*. Bina Tambang, 4(3), 2302-3333
- [9] Zhang, Zong-Xian., & Hou, De-Feng. (2020). *Laboratory experiment of stemming impact on rock fragmentation by a high explosive*. Tunnelling and Underground Space Technology, 97 (2020) 103257.
- [10] Anonim. (2013). *Diktat Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*. Diklat Teknik Pemberaian Batuan. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung
- [11] Sugiyono. (2009). *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabet
- [12] Hastono, Susanto Priyo. 2006. *Analisis Data SPSS*. Jakarta